

Ứng dụng HOMER thiết kế và phân tích hiệu quả kinh tế hệ thống quang điện mặt trời đáp ứng tải điện của hệ thống lọc nước lợ sử dụng công nghệ thẩm thấu ngược (RO) công suất 3 m³/ngày

Nguyễn Minh Châu^{1,2}, Trần Nguyễn Chí Thiện^{1,2}, Nguyễn Trần Phương^{1,2}, Võ Lê Phú^{1,2,*},
Võ Nguyễn Xuân Quế^{1,2,*}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

¹Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Liên hệ

Võ Lê Phú, Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: volephu@hcmut.edu.vn

Liên hệ

Võ Nguyễn Xuân Quế, Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: vnqxue@hcmut.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 31-7-2021
- Ngày chấp nhận: 22-11-2021
- Ngày đăng: 26-12-2021

DOI: 10.32508/stdjet.v4iS11.885



Bản quyền

© ĐHQG TP.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



TÓM TẮT

Để đáp ứng nhu cầu sử dụng năng lượng và bảo vệ môi trường, năng lượng mặt trời đã được khai thác và sử dụng rộng rãi, chiếm 43% các nguồn năng lượng tái tạo. Công nghệ khai thác năng lượng mặt trời sử dụng các tấm pin quang điện (PV), cung cấp điện cho hệ thống lọc nước uống sử dụng công nghệ thẩm thấu ngược khử mặn, khá thuận lợi do có thể thiết kế hệ thống PV như một mô-đun riêng và dễ dàng mở rộng quy mô. HOMER tích hợp nhiều công cụ chức năng có thể hỗ trợ thiết kế và phân tích ảnh hưởng của các yếu tố thiết kế đối với hiệu quả hoạt động của hệ thống cung cấp năng lượng. Vì vậy, nó là công cụ hữu ích giúp giảm mức độ phức tạp của việc thiết kế các hệ thống PV nhỏ, có nhu cầu kết hợp các nguồn năng lượng khác, với độ tin cậy và hiệu quả kinh tế phù hợp. Cấu hình hệ thống PV 3kWp bao gồm 11 tấm pin công suất 280W (model JA Solar Holding 280JAM6-60-280/SI) lắp đặt với góc nghiêng 10,04°, bộ biến tần 3 kW-240Vac (model ABB PVI-3.0-OUTD-S-US-Z-A-240V), 3 bình ắc quy loại axit – chì (model Trojan SAGM 12-205-12V-205Ah-20h), và bộ điều khiển sạc MPPT hai trục. Trong đó, tổng chi phí đầu tư hệ thống trong năm đầu tương đương 60,236 triệu đồng và tổng chi phí dự án trong 25 năm xấp xỉ 144,341 triệu đồng, chưa tính chi phí nhân công lắp đặt và bảo trì hệ thống. Với bức xạ khảo sát trung bình 5,155 kWh/m²/ngày, hệ thống PV 3kWp có khả năng cung cấp 5.145kWh/năm, mang lại hiệu quả kinh tế cao hơn 49,5% so với sử dụng điện lưới.

Từ khóa: năng lượng tái tạo, hệ thống PV, thiết kế và phân tích hiệu quả kinh tế, công nghệ thẩm thấu ngược

ĐẶT VẤN ĐỀ

Tận dụng năng lượng mặt trời làm nguồn năng lượng cung cấp cho hệ thống lọc nước lợ RO là một giải pháp bền vững, phù hợp với nước có khí hậu nhiệt đới như Việt Nam. Thống kê cho thấy hơn 50% dự án RO trên thế giới đang sử dụng nguồn năng lượng từ các tấm pin quang điện (PV)¹. Về mặt công nghệ, sự kết hợp giữa công nghệ RO và PV rất thuận lợi do mỗi hệ thống có thể được thiết kế như những mô-đun riêng và khả năng mở rộng quy mô dễ dàng. Vì vậy, đây là một lựa chọn đầy hứa hẹn cho nhu cầu lọc nước tại các khu vực vùng sâu vùng xa.

Việc sử dụng năng lượng tái tạo trong hệ thống công nghệ khử mặn quy mô nhỏ ở các khu vực xa trung tâm ngày càng phát triển. Các hệ thống khử mặn thường đòi hỏi năng lượng lớn cho vận hành. Nếu sử dụng nhiên liệu hóa thạch để cung cấp năng lượng cho những hệ thống này, chi phí vận hành của nhà máy sẽ tăng lên rất cao và phát thải một lượng lớn khí nhà kính gây hại cho môi trường². Đáng lưu ý là những nhà máy khử mặn thường được lắp đặt ở những vùng

sâu vùng xa, hay vùng duyên hải để đảm bảo nguồn nước cấp, trong khi những khu vực này thường gặp phải tình trạng thiếu nhiên liệu và không có hệ thống điện nối lưới. Vì vậy, giải pháp hiệu quả cho các hệ thống khử mặn như vậy là sử dụng nguồn năng lượng tái tạo. Kết quả này vừa mang lại hiệu quả về mặt kinh tế, vừa góp phần bảo vệ môi trường, và đồng thời giảm phát thải khí CO₂. Dữ liệu thống kê của Cơ quan Năng lượng Quốc tế (International Energy Agency - IEA) cho thấy các công nghệ năng lượng tái tạo đang phát triển nhanh chóng và sẽ sớm vượt qua khí đốt để trở thành nguồn năng lượng lớn thứ hai sau than và chiếm 40% sản lượng điện toàn cầu vào năm 2030³. Việc sử dụng năng lượng mặt trời để khử mặn nước có thể giải quyết được ba vấn đề chính bao gồm tình trạng khan hiếm nước ngọt, cạn kiệt năng lượng hóa thạch và suy thoái môi trường do khí thải nhà kính⁴. Quá trình tối ưu hóa hệ thống PV tập trung vào mục tiêu tối ưu hóa thành phần cấu kiện, đáp ứng tải điện thực tế, và tối đa hóa hiệu suất chuyển hóa năng lượng bằng cách thay đổi góc nghiêng hoặc tích hợp chức

Trích dẫn bài báo này: Châu N M, Thiện T N C, Phương N T, Phú V L, Quế V N X. Ứng dụng HOMER thiết kế và phân tích hiệu quả kinh tế hệ thống quang điện mặt trời đáp ứng tải điện của hệ thống lọc nước lợ sử dụng công nghệ thẩm thấu ngược (RO) công suất 3 m³/ngày. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 4(S11):SI26-SI42.

năng điều hướng cho các tấm pin. Sử dụng hệ thống điều hướng các tấm pin quang điện có thể giúp tăng hiệu suất chuyển hóa năng lượng từ 15-20% nhưng chi phí đầu tư tăng cao. Nghiên cứu thiết kế hệ thống PV-RO lọc nước lợ tại Malaysia cho thấy góc nghiêng tấm pin có thể thay đổi trong khoảng $5^\circ - 15^\circ$ để tận dụng khả năng làm sạch các tấm pin bằng nước mưa⁵. Lựa chọn đầu tư hệ thống ắc quy trữ điện hoặc giải pháp nối lưới phụ thuộc vào điều kiện bức xạ, tải điện cần thiết cho hệ thống RO hoạt động và khả năng cung cấp điện liên tục từ mạng lưới điện quốc gia tại địa phương. Nếu chỉ quan tâm đến hiệu quả kinh tế, nghiên cứu trước đây cho rằng không nên đầu tư hệ thống ắc quy trữ điện bổ sung đối với các hệ thống lọc nước lợ PV-RO có công suất dưới $5 \text{ m}^3/\text{ngày}$ ⁶. Trong khi đó, giải pháp nối lưới hệ thống PV tiêu tốn chi phí đầu tư ít hơn so với hệ thống PV độc lập có tích hợp ắc quy nhưng vẫn tồn tại hạn chế vì không đảm bảo khả năng hệ thống lọc nước RO hoạt động liên tục nếu lưới điện hoạt động gián đoạn trong thời gian không thể khai thác bức xạ mặt trời. Hệ thống lọc nước lợ PV-RO hoạt động độc lập không lưu trữ điện có chi phí đầu tư ban đầu cao nhưng chi phí vận hành thấp nhất so với các hệ thống sử dụng năng lượng bổ sung như dầu diesel hoặc nối lưới^{7,8}.

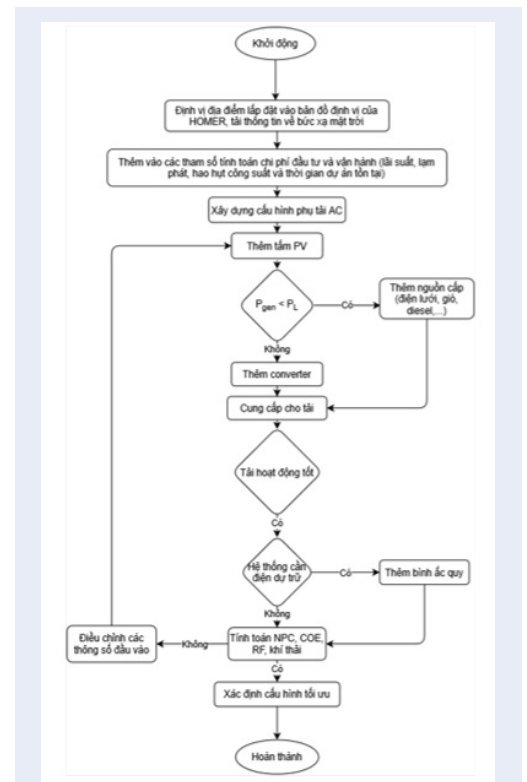
HOMER là phần mềm giúp tối ưu hóa hệ thống cung cấp năng lượng hỗn hợp (hybrid) bao gồm tuabin gió, pin mặt trời, máy phát diesel, thủy điện, pin nhiên liệu, ắc quy... Ngoài khả năng hỗ trợ phân tích tối ưu về kinh tế, đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật, HOMER còn tính đến tỉ lệ tối đa sử dụng năng lượng tái tạo. Kết quả phân tích của HOMER sẽ hỗ trợ thiết kế, tối ưu hóa, và phân tích ảnh hưởng của các yếu tố thiết kế lên hiệu quả hoạt động của hệ thống cung cấp năng lượng. HOMER cho phép người sử dụng lựa chọn hệ thống năng lượng có hiệu quả kinh tế nhất bằng cách so sánh các lựa chọn thiết kế khác nhau. Vì vậy, HOMER là công cụ hữu ích giúp làm giảm mức độ phức tạp của việc thiết kế các hệ thống năng lượng nhỏ, kết hợp các nguồn phát điện truyền thống và nguồn năng lượng tái tạo, với độ tin cậy và hiệu quả kinh tế phù hợp với nhu cầu thực tế. HOMER là phần mềm ứng dụng có khả năng phân tích ảnh hưởng của nhiều biến số, đánh giá các tùy chọn thành phần, và đưa ra các chiến lược giảm thiểu rủi ro và chi phí.

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là ứng dụng HOMER để thiết kế và phân tích hiệu quả kinh tế của hệ thống PV cung cấp năng lượng tối ưu cho hệ thống lọc nước uống sử dụng công nghệ lọc thẩm thấu ngược có công suất nhỏ ($< 3 \text{ m}^3/\text{ngày}$).

PƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Quy trình lựa chọn cấu hình hệ thống quang điện sử dụng HOMER

Quy trình lựa chọn cấu hình hệ thống quang điện sử dụng HOMER được thể hiện ở Hình 1. Với đặc điểm khí hậu tại vị trí lắp đặt hệ thống không phù hợp để khai thác điện gió và ảnh hưởng môi trường khi sử dụng nhiên liệu diesel, nghiên cứu này không tính toán thiết kế cho các nguồn năng lượng bổ sung từ gió và diesel. Để thiết kế hệ thống PV độc lập công suất đáp ứng tải tiêu thụ của hệ thống RO, các yếu tố cần thiết để tối ưu cấu hình hệ thống được tích hợp trong HOMER bao gồm loại và số lượng tấm PV, bình ắc quy, inverter, và phụ tải tiêu thụ của hệ thống RO. Các bước tối ưu hóa cấu hình của hệ thống sẽ được thực hiện dựa vào sơ đồ thể hiện trong Hình 1.



Hình 1: Sơ đồ lựa chọn cấu hình hệ thống PV sử dụng HOMER

Đánh giá ảnh hưởng của các thông số thiết kế đầu vào quyết định hiệu quả vận hành của hệ thống quang điện

Lựa chọn các thông số đầu vào

a) Cường độ bức xạ tại vị trí thực hiện dự án

Dữ liệu bức xạ mặt trời được đo đạc thực tế tại vị trí lắp đặt hệ thống PV và nhập liệu vào HOMER để hỗ trợ tính toán công suất thu hồi năng lượng của các tấm pin. Ngoài ra, HOMER cũng cho phép tự động cập nhật dữ liệu về bức xạ mặt trời tại vị trí định vị trong HOMER sử dụng công cụ bản đồ truy xuất thông qua dữ liệu kinh độ và vĩ độ. Từ vị trí được định vị, HOMER sẽ cho phép cập nhật dữ liệu về bức xạ mặt trời từ kho dữ liệu của NASA (Hình 2).

b) Tỷ lệ chiết khấu, tỷ lệ lạm phát, tỷ lệ hao hụt công suất hàng năm và thời gian tồn tại dự án

Những thông số cần thiết cho lựa chọn cấu hình của hệ thống PV bao gồm tỷ lệ chiết khấu, tỷ lệ lạm phát, tỷ lệ hao hụt công suất hàng năm và thời gian của dự án. Trong đó, tỷ lệ chiết khấu và tỷ lệ lạm phát có thể thay đổi theo thời gian và tùy thuộc vào tình hình kinh tế của khu vực.

Công thức tính toán tỷ lệ chiết khấu thực của HOMER:

$$i = \frac{i' - f}{1 + f}$$

Trong đó:

i= Chiết khấu thực, hay lãi suất thực (%)

i'= Chiết khấu danh nghĩa, hay lãi suất danh nghĩa (%)

f= Tỷ lệ lạm phát (%)

Theo quyết định 1728/QĐ-NHNN ngày 30/09/2020, từ ngày 01/10/2020 lãi suất tái cấp vốn của Ngân hàng Nhà nước Việt Nam sẽ ở mức 4%. Vậy 4% là lãi suất danh nghĩa. Theo số liệu công bố của Tổng Cục Thống kê ngày 04/01/2021, lạm phát cơ bản bình quân năm 2020 tăng 2,31% so với bình quân năm 2019.

Trong thực tế, công suất hệ thống PV cần tính bao gồm cả công suất dự phòng (công suất thiết kế lớn hơn công suất tải tiêu thụ từ 1,2 đến 1,3 lần) cho các trường hợp thời tiết xấu liên tục. Khi thiết kế hệ thống với tỷ lệ hao hụt công suất hàng năm sẽ giúp giảm số lượng bình ắc quy đầu tư, qua đó giúp giảm chi phí đầu tư, thay thế, vận hành và bảo trì trong khi vẫn luôn đảm bảo được tải điện tiêu thụ cần thiết. Thông thường, tỷ lệ hao hụt công suất hàng năm rơi vào khoảng 0,5% - 4%⁹. Với thời gian tồn tại mặc định của dự án năng lượng mặt trời thường là 25 năm, HOMER sẽ tính ra chi phí thay thế, vận hành và bảo trì các thiết bị hàng năm từ chi phí đầu tư hiện tại.

c) Tải tiêu thụ

Đối với hệ thống lọc nước RO cung cấp nước sạch công suất 3m³ trong 10 giờ, kết quả đánh giá thực nghiệm cho thấy tải điện cần thiết tương đương 600W. Vì vậy, cấu hình “blank” trong cài đặt “Load” có thể thiết lập cấu hình tải tiêu thụ là 0,6kW, với khoảng thời gian thu năng lượng từ 11 giờ đến 15 giờ, là khoảng thời gian có lượng bức xạ mặt trời cao

nhất (không dựa vào cấu hình phụ tải mặc định của HOMER).

d) Loại và số lượng tấm pin PV

Loại tấm pin được lựa chọn từ thư viện của HOMER với các thông số kỹ thuật được liệt kê đầy đủ. Bảng 1 liệt kê các thông số kỹ thuật của tấm pin JA Solar Holding 280JAM6-60-280/SI 280W từ thư viện HOMER.

Số lượng tấm pin được tính dựa vào công suất của mỗi tấm pin và công suất năng lượng mà hệ thống PV cần thu được. Trong HOMER, chi phí đầu tư tấm pin PV không được thiết lập theo giá thành từng tấm pin mà theo công suất năng lượng mặt trời hệ thống PV thu được (kW). Cụ thể, chi phí đầu tư mỗi tấm pin sẽ được tính bằng tích của chi phí đầu tư 1kW năng lượng mặt trời với công suất của một tấm pin được lựa chọn. Nhìn chung, chi phí đầu tư một tấm pin được tính từ chi phí đầu tư 1kW năng lượng mặt trời thường thấp hơn hoặc không chênh lệch quá nhiều so với giá thành của tấm pin ngoài thị trường. Trên thực tế, giá thành tấm pin PV do nhà cung cấp định ra đã bao gồm chi phí lắp đặt và vận chuyển tấm pin, vì vậy có thể cao hơn chi phí đầu tư tính từ HOMER. Giá thành của tấm pin PV ngoài thị trường hiện nay khoảng 8 triệu đồng/kW. Bằng cách nhập dữ liệu công suất đỉnh hệ thống PV (trong cài đặt Search Space), HOMER sẽ tính toán tối ưu số lượng tấm pin cần thiết cho hệ thống PV có công suất đỉnh tương xứng với tải tiêu thụ (3kWp).

e) Bộ biến tần (inverter hoặc converter)

Bộ biến tần cần đảm bảo phù hợp công suất 3kWh với điện thế đầu ra 208V hoặc 240V để kết nối được với phụ tải có điện thế 220V. Việc lựa chọn biến tần (ABB PVI-3.0-OUTD-S-US-Z-A - 240V) từ thư viện của HOMER cũng khá đơn giản như bước lựa chọn loại tấm pin. Giá thành biến tần 3kWh trên thị trường dao động từ 12 - 17,5 triệu đồng, vì vậy chi phí đầu tư và thay thế trung bình đối với biến tần là 14,8 triệu đồng/3kWh đã được bổ sung vào tính toán.

f) Bình ắc quy

Thư viện HOMER vẫn chưa cập nhật đa dạng các chủng loại ắc quy và là hạn chế cần cân nhắc khi ứng dụng phần mềm này. Bình ắc quy lithium 12V có dung lượng 205Ah trong 20 giờ (Trojan SAGM 12V 205Ah) được lựa chọn là loại ắc quy axit - chì để phù hợp với thông số hệ thống PV yêu cầu (Bảng 2). Chi phí loại ắc quy này trên thị trường nằm trong khoảng 7 - 10 triệu đồng/bình, do đó chi phí đầu tư và thay thế trung bình đối với ắc quy là 8,5 triệu/bình. Số lượng ắc quy cũng được bổ sung là 3 bình.



Bảng 1: Thông số kỹ thuật của tấm pin trong thư viện HOMER

JA Solar Holding 280JAM6-60-280/SI	
Công suất	0,28 (kW)
Hệ số nhiệt độ của công suất	0,4200 (%/°C)
Nhiệt độ hoạt động danh nghĩa (NOCT) (khi bức xạ mặt trời đạt 0.8 kW/m ² , với nhiệt độ 20°C và tốc độ gió 1m/s)	47,5°C
Hệ số giảm tải	85%

Bảng 2: Thông số kỹ thuật của ắc quy trong thư viện HOMER

Trojan SAGM 12 205	Điện thế (V)	Dung lượng (Ah)	Công suất (kWh)	Hiệu suất (%)
	12	219	2,63	85

Bảng 3: Các thông số thiết kế hệ thống PV cần thiết để tối ưu hóa trong HOMER

Thông số	Ảnh hưởng hiệu suất	Ảnh hưởng hiệu quả kinh tế
Góc nghiêng lắp đặt tấm pin	x	
Nhiệt độ tấm pin	x	
Hệ số nhiệt độ của tấm pin	x	
Bộ điều khiển sạc MPPT	x	x
Thông lượng của ắc quy		x
Trạng thái sạc của ắc quy		x
Hiệu suất inverter		x
Thiết kế hòa lưới		x

Đánh giá ảnh hưởng của các thông số đầu vào đối với kết quả tính toán bởi HOMER

Độ nhạy của HOMER được đánh giá dựa vào 2 nhóm thông số thiết kế có thể ảnh hưởng đến hiệu suất và hiệu quả kinh tế (Bảng 3). Các thông số thiết kế được thay đổi và công suất sản xuất điện của hệ thống được mô phỏng bởi HOMER sẽ được so sánh để đánh giá ảnh hưởng riêng lẻ của từng thông số thiết kế và xác định thông số thiết kế tối ưu.

Phân tích hiệu quả đầu tư và vận hành của hệ thống PV được thiết kế bằng HOMER

Tỷ lệ chiết khấu, tỷ lệ lạm phát và thời gian tồn tại của dự án là những thông số rất quan trọng để phân tích hiệu quả kinh tế. Những thông số này cần thiết cho HOMER để tính toán chi phí hiện tại và chi phí năng lượng. HOMER phân loại các cấu hình tối ưu của hệ thống điện theo tổng chi phí hiện tại. Ngoài ra, chi phí năng lượng cũng đóng một vai trò quan trọng trong việc lựa chọn cấu hình hệ thống điện tối ưu.

Theo cách tính của HOMER, chi phí hiện tại (NPC) là tổng chi phí vòng đời hoạt động của các thiết bị, là phương sai giữa số tiền thanh toán hiện tại trong thời gian dự án và số tiền thu nhập hiện tại trong cùng thời kỳ. Các khoản thanh toán dự án là vốn, chi phí vận hành và bảo trì.

Công thức sau đây có thể tính được chi phí hiện tại:

$$C_{NPC} = \frac{C_{ann,tot}}{CRF(i,n)}$$

$C_{ann,tot}$: Tổng chi phí hàng năm (\$/năm) bao gồm tất cả các chi phí xuyên suốt quá trình vận hành của dự án như tiền vốn, chi phí vận hành, bảo trì và thay thế, phí nhiên liệu hàng năm.

$CRF(i,n)$ là hệ số thu hồi vốn, đại diện cho chuỗi thu nhập hàng năm bằng nhau, có thể được ước tính bằng công thức sau:

$$CRF(i,n) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

i = Tỷ lệ chiết khấu thực (%)

n = Thời gian tồn tại của dự án, tương đương 25 năm trong dự án này.

HOMER định nghĩa tỷ lệ chiết khấu thực là lãi suất thực được sử dụng để chuyển đổi giữa chi phí hàng năm và chi phí theo thời gian. Chi phí sản xuất điện quy dẫn (COE) là tỷ lệ giữa tổng chi phí hàng năm và tổng tải điện đã cung cấp (đồng/kWh). Công thức sau đây được dùng để tính chi phí năng lượng:

$$COE = \frac{C_{ann,tot}}{Load\ served}$$

Công thức trên cho thấy hệ số ảnh hưởng trực tiếp tới chi phí hiện tại của dự án là tỷ lệ chiết khấu, tỷ

lệ lạm phát (ảnh hưởng đến tỷ lệ chiết khấu thực) và thời gian tồn tại của dự án. Ngoài các hệ số trên, các yếu tố thiết kế cũng có ảnh hưởng đến hiệu quả kinh tế của dự án, có thể kể đến như ý lệ hao hụt công suất hàng năm, chất lượng và tuổi thọ của linh kiện. Thông thường, tỷ lệ hao hụt công suất hàng năm rơi vào khoảng 0,5% - 4%⁹. Trong khi chi phí đầu tư của ắc quy lithium cao hơn ắc quy axit - chì, nhưng chất lượng, độ bền và tuổi thọ của ắc quy lithium đều cao hơn, nên lựa chọn đầu tư ắc quy lithium có hiệu quả kinh tế hơn so với ắc quy axit - chì.

Kết quả tính toán chi phí bằng HOMER được so sánh với các chi phí ước tính dựa vào giá thành thị trường của thiết bị. Chi phí đầu tư năm đầu và tổng chi phí đầu tư, thay thế, vận hành và bảo trì trong chu kỳ 25 năm tồn tại của dự án sẽ được đánh giá. Trong đó, các tính toán không xem xét giá trị còn lại của hệ thống sau khi dự án kết thúc cũng như tỷ lệ chiết khấu và tỷ lệ lạm phát theo năm.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

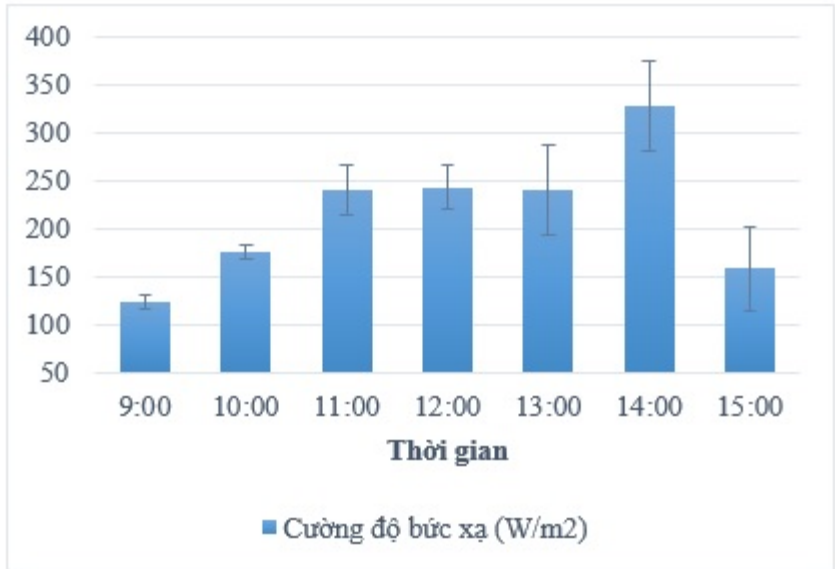
Cường độ bức xạ tại địa điểm lắp đặt hệ thống PV

Kết quả khảo sát tại địa điểm lắp đặt hệ thống (Trường tiểu học Nguyễn Đình Chiểu, huyện Ba Tri, Bến Tre) vào tháng 4 năm 2021 cho thấy cường độ bức xạ mặt trời cao nhất từ 11 giờ sáng đến 3 giờ chiều, dao động từ 239,3 đến 242,6 W/m² (Hình 3a). Với số liệu khảo sát được, cường độ bức xạ nắng trung bình tính toán được là 5,155 kWh/m²/ngày, tương đương với dữ liệu do Trung tâm nghiên cứu bức xạ mặt trời của NASA (NASA Langley Research Center (LaRC) - POWER Project) cung cấp và được HOMER tải về sau khi thiết lập tọa độ địa điểm lắp đặt (Hình 3b).

Tính toán công suất sản xuất điện của hệ thống PV bằng HOMER

Các thông số cài đặt trong HOMER được tóm tắt trong Hình 4. Kết quả tính toán HOMER cho thấy tải điện RO có thể cung cấp bởi hệ thống PV 3kWp dao động từ 800Wh - 2.000Wh với 3 bình ắc quy, tỷ lệ hao hụt công suất là 4% và hệ thống có tính toán ảnh hưởng của nhiệt độ đối với tấm PV. Do đó, tổng công suất điện của hệ thống PV là 4.367kWh/năm. Với trung bình 5 giờ nắng trong ngày, hệ thống PV 3kWp sản xuất được 11,96kWh/ ngày.

Kết quả cho thấy công suất phụ tải RO tiêu thụ là 2.151 kWh/năm, tương đương với 5,89 kWh/ngày và tải dư lên đến 47,1% (Hình 5). Do đó để tránh lãng phí năng lượng, có thể bán lại điện dư hoặc sử dụng cho các mục đích khác. Ngoài ra, để giảm lượng tải thừa do không có nhu cầu sử dụng, có thể thay đổi cấu hình

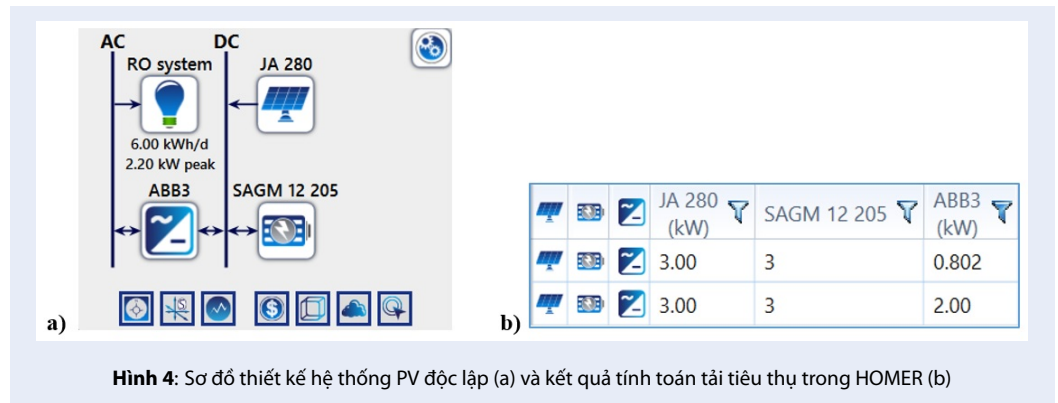


a)

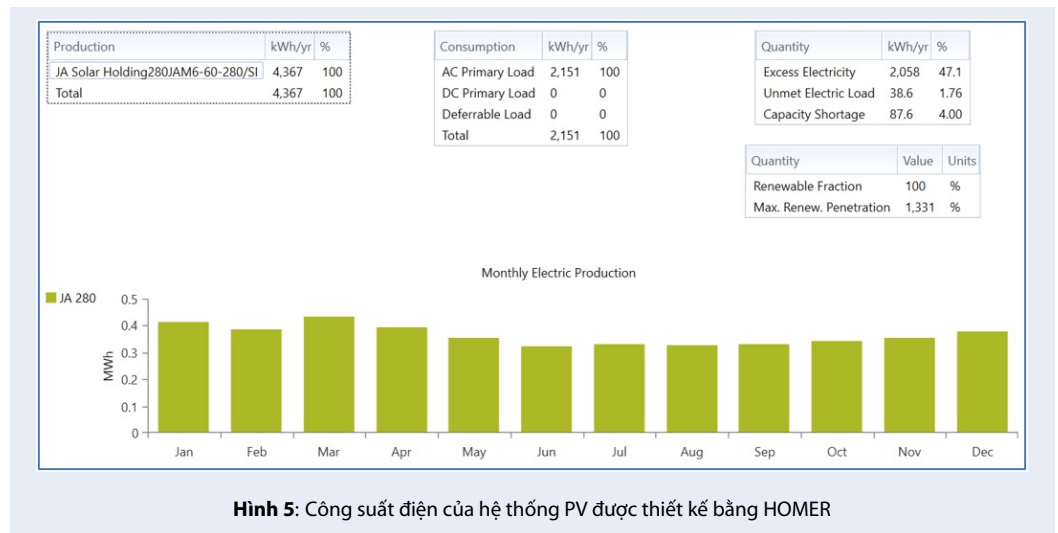


b)

Hình 3: Dữ liệu bức xạ tại địa điểm lắp đặt hệ thống (a) từ đo đạc trực tiếp và (b) cung cấp bởi NASA do HOMER tải về



Hình 4: Sơ đồ thiết kế hệ thống PV độc lập (a) và kết quả tính toán tải tiêu thụ trong HOMER (b)



Hình 5: Công suất điện của hệ thống PV được thiết kế bằng HOMER

thiết kế của hệ thống PV như giảm số lượng tấm pin và ắc quy lưu trữ điện. Tổng chi phí hiện tại cho dự án tối ưu HOMER tính toán được là 133,564 triệu đồng, với chi phí đầu tư vào năm đầu tiên là 57,876 triệu đồng (Hình 6).

Đánh giá độ nhạy của HOMER đối với các thông số thiết kế đầu vào

Các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả tính toán của HOMER được chia ra làm hai nhóm chính:

- Các yếu tố ảnh hưởng tới hiệu suất (công suất điện đầu ra của tấm PV)
- Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả kinh tế (chi phí đầu tư vào năm đầu tiên và chi phí vận hành duy trì tới khi kết thúc tuổi thọ dự án).

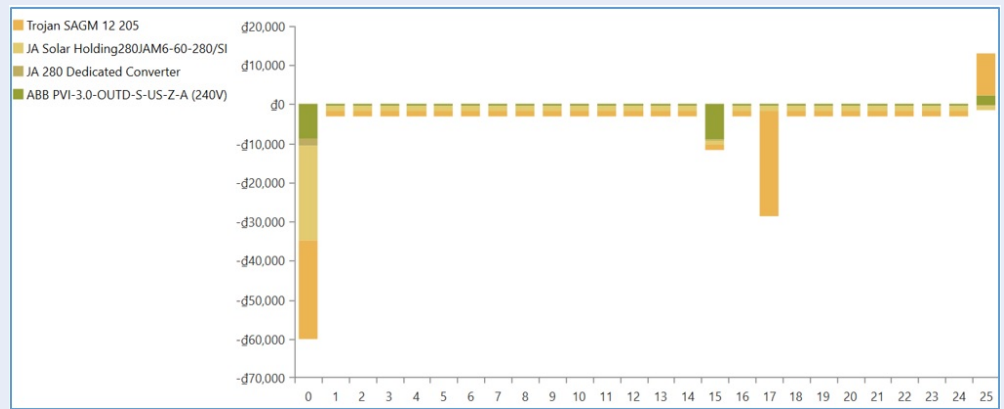
Kết quả phân tích ảnh hưởng của từng yếu tố đến kết quả tính toán đầu ra của HOMER được tổng hợp để đánh giá độ nhạy của HOMER trong thiết kế hệ thống PV.

Thông số ảnh hưởng đến hiệu suất vận hành

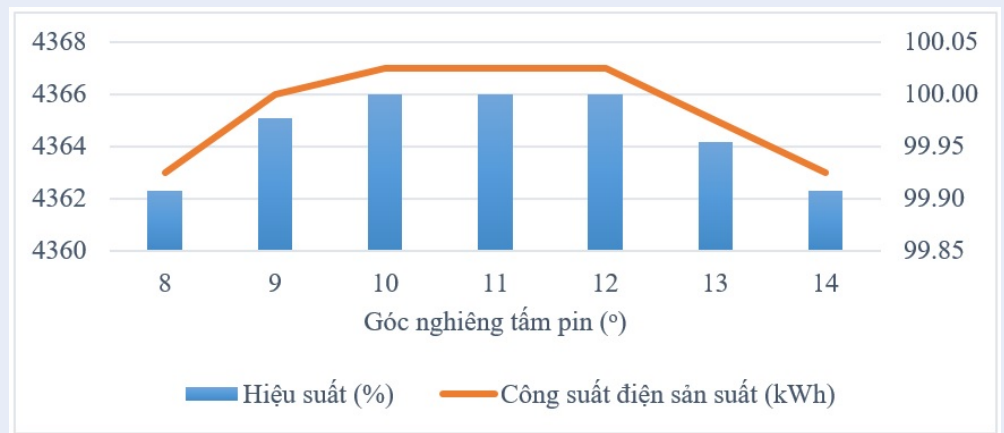
Các yếu tố gây ảnh hưởng đến kết quả tính toán hiệu suất sản xuất điện của tấm pin bao gồm góc nghiêng tối ưu của tấm pin, nhiệt độ của tấm pin ($^{\circ}\text{C}$), hệ số nhiệt độ của tấm pin ($\%/^{\circ}\text{C}$), hiệu suất làm việc của tấm pin (%) và lựa chọn sử dụng bộ điều khiển sạc MPPT.

- Ảnh hưởng của góc nghiêng lắp đặt tấm pin

Các tấm pin có góc nghiêng 11° và 12° có cường độ bức xạ thu được tương đương với tấm pin có góc nghiêng mặc định theo HOMER là $10,04^{\circ}$ và có công suất điện sản xuất đạt giá trị cao nhất là 4.367 kWh (Hình 7). Các góc nghiêng lắp đặt nhỏ hơn $10,04^{\circ}$ và lớn hơn 12° thu được lượng bức xạ thấp hơn với công suất điện giảm. Kết quả phân tích cho thấy góc nghiêng có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất thu hồi điện của hệ thống PV. Hiệu suất đạt giá trị lớn nhất khi góc nghiêng lắp đặt xấp xỉ góc nghiêng đã tính toán dựa theo vĩ độ của vị trí lắp đặt ($10,04^{\circ}$).



Hình 6: Chi phí đầu tư, thay thế, vận hành và bảo trì của hệ thống PV trong thời gian 25 năm



Hình 7: Ảnh hưởng của góc nghiêng lắp đặt đến hiệu suất của tấm PV

- Ảnh hưởng của nhiệt độ tế bào quang điện của tấm PV

Các thông số của tấm PV thường được kiểm định ở nhiệt độ tiêu chuẩn là 25°C. Nhưng trên thực tế, nhiệt độ môi trường cao hơn, ảnh hưởng rất lớn đến hoạt động của các tế bào quang điện, và do đó ảnh hưởng tới hiệu suất thu điện. Trong điều kiện thời tiết ở Việt Nam, nhiệt độ tế bào quang điện của tấm PV có thể tăng đến 65 - 70°C (EVN, 2019).

Kết quả tính toán cho thấy nhiệt độ tế bào quang điện càng thấp thì hiệu suất càng cao. Hiệu suất của tấm PV đạt giá trị cao nhất ở điều kiện nhiệt độ tế bào quang điện đã được nhà sản xuất kiểm định và công bố. Hiệu suất giảm dần theo mức tăng của nhiệt độ tế bào quang điện thực tế. Với nhiệt độ tế bào quang điện từ 65 đến 70°C, hiệu suất của tấm PV dao động trong khoảng 94% và 92,4% (Hình 8).

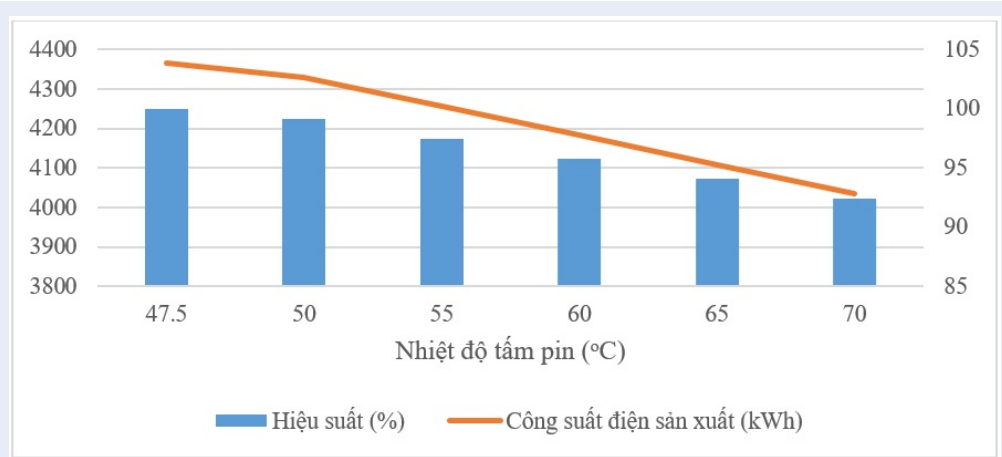
- Ảnh hưởng của hệ số nhiệt độ của tấm pin

Hệ số nhiệt độ của tấm pin (%/°C), còn gọi là hệ số giảm công suất theo nhiệt độ, là thông số kỹ thuật của tấm PV. Ví dụ, với tấm PV đã lựa chọn có hệ số nhiệt độ là -0,420 %/°C, mỗi một đơn vị nhiệt độ của tấm pin tăng lên sẽ làm giảm hiệu suất 0,420%. Hệ số nhiệt độ của các tấm PV chất lượng cao hiện nay khoảng -0,4 %/°C và hệ số của các tấm PV chất lượng thấp khoảng -0,5 %/°C (EVN, 2019).

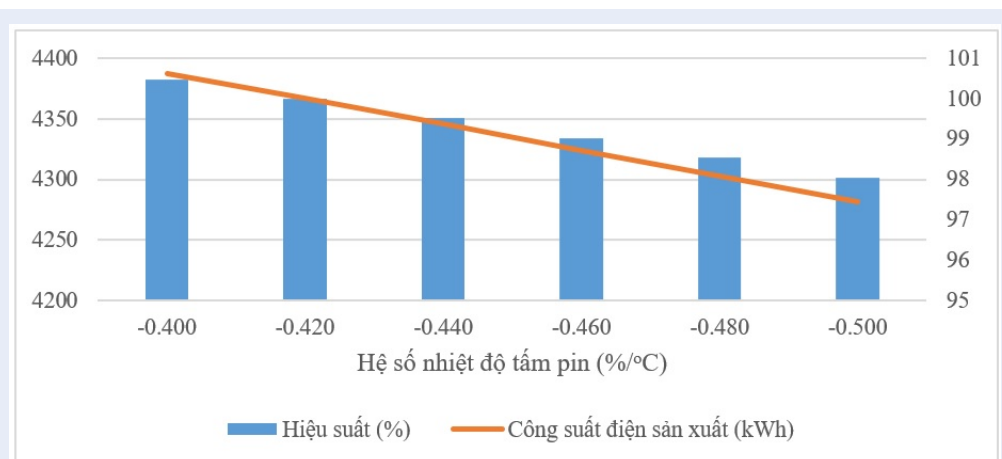
Theo kết quả tính toán của HOMER, hệ số này càng nhỏ, hiệu suất thu được của tấm PV càng lớn. Hệ số nhiệt độ của tấm pin phụ thuộc vào nguyên liệu chế tạo và chất lượng của tấm PV. Đây là một trong những thông số cần lưu ý khi lựa chọn tấm pin mặt trời để lắp đặt hệ thống PV (Hình 9).

- Ảnh hưởng của bộ điều khiển sạc MPPT

Bộ điều khiển sạc MPPT có tác dụng nâng cao hiệu suất của hệ thống quang điện do sử dụng bộ truyền



Hình 8: Ảnh hưởng của nhiệt độ tế bào quang điện lên hiệu suất của tấm PV



Hình 9: Ảnh hưởng của hệ số nhiệt độ lên hiệu suất của tấm PV

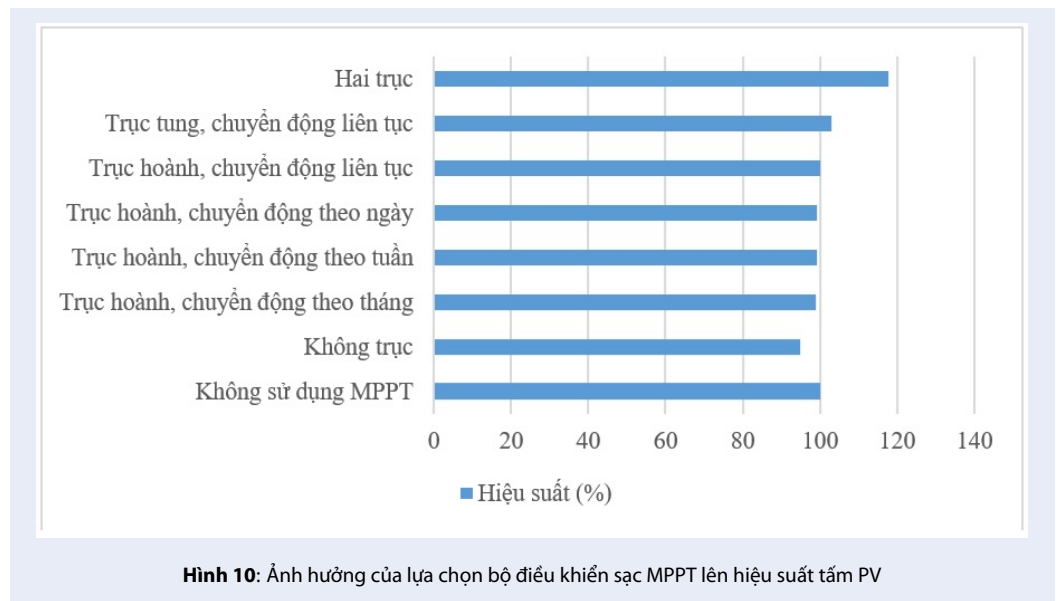
động di chuyển tấm PV để thu được lượng bức xạ lớn nhất. HOMER cho phép lựa chọn bộ điều khiển MPPT có trực tuyến động khác nhau. Việc sử dụng bộ điều khiển sạc sẽ hao hụt một phần công suất, nhưng bù lại gia tăng được tuổi thọ của ắc quy và bảo vệ tấm pin PV không bị dòng điện chạy ngược làm hỏng. HOMER cho thấy lựa chọn bộ điều khiển sạc không trực gây lãng phí hoàn toàn 5% công suất của tấm PV (Hình 10). Các lựa chọn bộ điều khiển sạc MPPT một trực có thể đem lại hiệu suất cao hơn, tuy nhiên hiệu suất đạt được vẫn thấp hơn hoặc xấp xỉ hiệu suất ban đầu (không sử dụng MPPT). Lựa chọn bộ điều khiển sạc MPPT hai trực là lựa chọn duy nhất vừa bảo vệ ắc quy và tấm pin PV, vừa giúp tăng hiệu suất đáng kể cho hệ thống quang điện. Hiệu suất làm việc của hệ thống tăng và đạt mức 117,8%.

Với bộ điều khiển sạc MPPT hai trực, công suất của hệ thống PV tăng lên 778 kWh/năm so với công suất khi không sử dụng bộ điều khiển sạc (4.367 kWh/năm). Trong khi lượng tải dư được sử dụng cho những mục đích khác ngoài lọc nước, việc lựa chọn sử dụng bộ điều khiển sạc là phù hợp. Ngược lại, việc tích hợp bộ điều khiển sạc sẽ làm tăng chi phí đầu tư (Bảng 4).

Yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả kinh tế

Các yếu tố thiết kế ảnh hưởng đến hiệu quả kinh tế của hệ thống PV bao gồm lựa chọn sử dụng bộ điều khiển sạc MPPT, thông lượng và trạng thái sạc của ắc quy, hiệu suất của inverter, và lựa chọn lắp đặt hệ thống hòa lưới.

- Sử dụng bộ điều khiển sạc MPPT



Bảng 4: Chi phí đầu tư và vận hành hệ thống PV có sử dụng bộ điều khiển sạc MPPT hai trục

Hệ thống	Thông số kỹ thuật	Tổng chi phí NPC (triệu đồng)	Chi phí đầu tư năm đầu (triệu đồng)	Công suất (kWh/năm)
Tấm pin JA 280	3 kWp	144,341	60,236	5.145
Bộ điều khiển sạc MPPT JA 280	1 bộ			
Ắc quy SAGM 12-205	3 bộ			
Bộ biến tần ABB3	1,77 kW			

Lựa chọn sử dụng bộ điều khiển sạc MPPT sẽ làm tăng chi phí đầu tư và lắp đặt của dự án. Bộ điều khiển sạc MPPT trên thị trường hiện nay có giá thành khoảng 2 triệu đồng. Kết quả tính toán cho thấy chi phí đầu tư thêm cho bộ điều khiển MPPT tăng 2,360 triệu đồng trong năm đầu tiên và tổng chi phí trong 25 năm tăng lên 4,777 triệu đồng so với hệ thống không sử dụng bộ điều khiển MPPT (Bảng 5).

Theo kết quả tính toán, nếu sử dụng bộ điều khiển sạc thì tổng chi phí dự án sẽ tăng 3,4 %, với chi phí đầu tư năm đầu tiên tăng 4,1%. Từ kết quả tính toán hiệu suất và chi phí, lựa chọn có sử dụng bộ điều khiển sạc hay không là một bài toán kinh tế đối với nhà đầu tư dự án có công suất lớn. Tuy nhiên, đối với các hệ thống PV quy mô nhỏ và độc lập có tổng chi phí đầu tư thấp, bộ điều khiển sạc không đóng vai trò thiết yếu quyết định hiệu quả kinh tế.

- Thông lượng của ắc quy

Giống với hệ số nhiệt độ của tấm pin, thông lượng của ắc quy (kWh) cũng là một trong những thông số kỹ

thuật được nhà sản xuất công bố trên từng sản phẩm. HOMER định nghĩa thông lượng của ắc quy là lượng điện đi qua ắc quy trong một năm sau khi đã trừ đi sai số và đã tính toán hiệu suất của ắc quy. Thông số này được sử dụng để tính tuổi thọ của ắc quy dự trữ điện. Tuổi thọ của ắc quy tăng khi thông lượng tăng. Do đó, chi phí đầu tư vào năm đầu tiên của hệ thống không bị ảnh hưởng bởi thông lượng của ắc quy. Trong khi đó, tổng chi phí dự án giảm dần do các chi phí vận hành, bảo trì và thay thế trong những năm vận hành dự án giảm khi thông lượng ắc quy tăng (Hình 11).

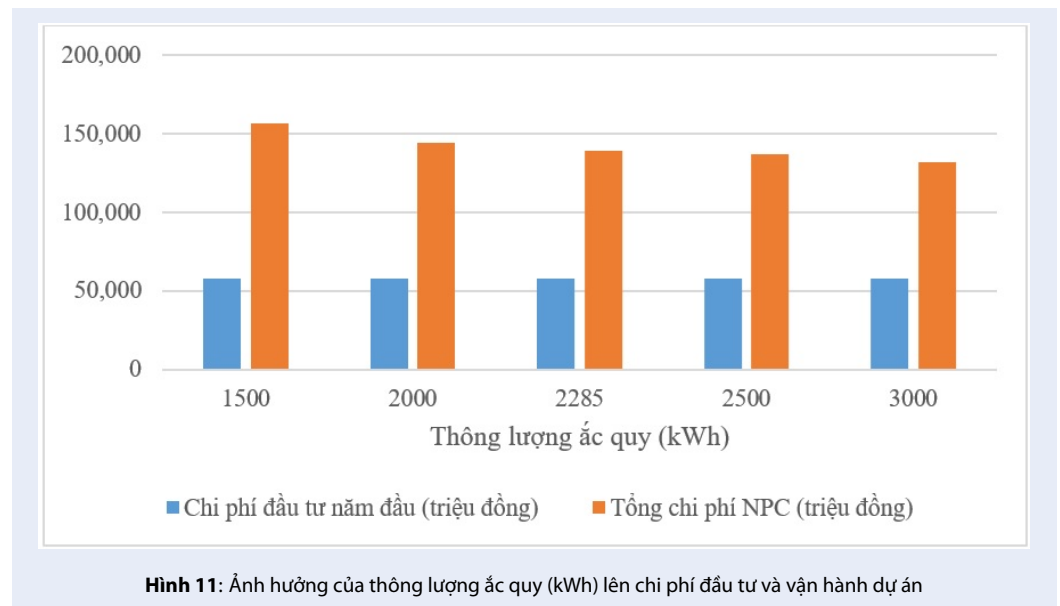
- Trạng thái sạc của ắc quy

Trạng thái sạc của ắc quy (SOC) đối lập với độ xả sâu của ắc quy (DOD), là mức xả điện cao nhất có thể của một ắc quy. DOD phụ thuộc vào chất liệu tạo ra và chất lượng của từng loại ắc quy. Ví dụ, ắc quy acid-chì chỉ có DOD 50% (SOC 50%) trong khi ắc quy lithium có DOD 80% (SOC 20%).

Kết quả tính toán bằng HOMER cho thấy trạng thái sạc tối thiểu của ắc quy nằm trong khoảng từ 20 – 35%

Bảng 5: Chi phí đầu tư, vận hành, bảo trì và thay thế của hệ thống PV với lựa chọn sử dụng bộ điều khiển sạc theo HOMER (triệu đồng)

Hệ thống	Chi phí đầu tư	Chi phí thay thế	Chi phí vận hành, bảo trì	Giá trị còn lại	Tổng chi phí
Bộ biến tần ABB3	8,376	13,147	8,521	2,781	27,263
Tấm pin JA 280	24,0	0	24,415	0	48,415
Ắc quy SAGM 12-205	25,5	19,657	25,941	7,212	63,886
Tổng hệ thống không có bộ điều khiển sạc MPPT	57,876	32,804	58,876	9,993	139,564
Bộ biến tần ABB3	8,736	13,711	8,887	2,900	28,434
Tấm pin JA 280	24,0	0	24,415	0	48,415
Ắc quy SAGM 12-205	25,5	19,514	25,941	7,942	63,013
Bộ điều khiển sạc MPPT JA 280	2,0	1,441	2,035	0,996	4,480
Tổng hệ thống không có bộ điều khiển sạc MPPT	60,236	34,666	61,277	11,838	144,341



Hình 11: Ảnh hưởng của thông lượng ắc quy (kWh) lên chi phí đầu tư và vận hành dự án

không ảnh hưởng tới chi phí đầu tư và tổng chi phí của dự án (Hình 12). Tuy nhiên, cần lưu ý khi trạng thái sạc của ắc quy trên 35%, lượng điện dự trữ bởi 3 bình ắc quy không đủ để phục vụ cho tải điện của hệ thống RO. Khi đó, chi phí đầu tư của dự án sẽ tăng vì số lượng bình ắc quy cần sử dụng tăng.

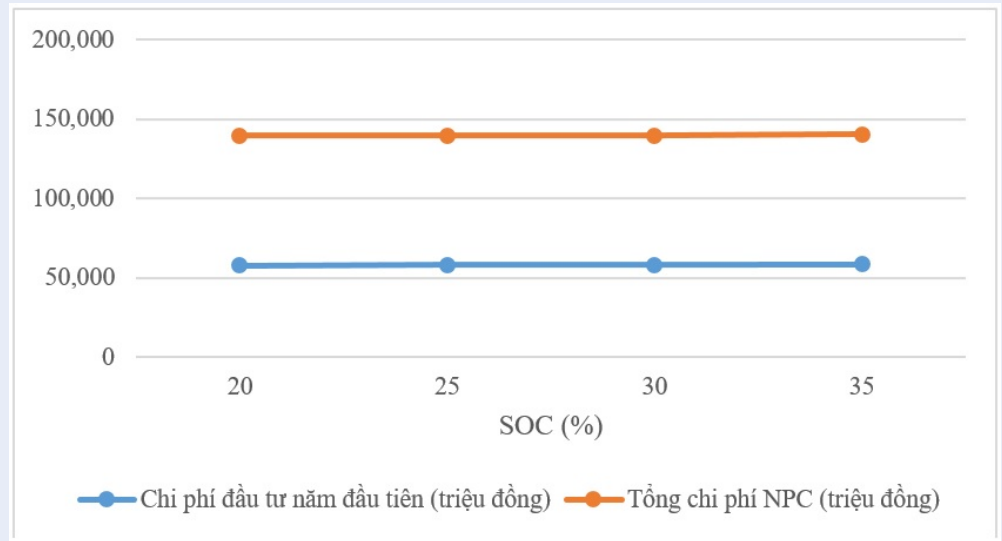
- Hiệu suất của inverter

Hiệu suất chuyển đổi dòng điện qua inverter thường sẽ bị hao hụt một khoảng từ 3 – 4%, làm ảnh hưởng tới chi phí đầu tư (Hình 13). Hiệu suất của inverter càng thấp thì chi phí của dự án càng cao. Khi hiệu suất của inverter thấp hơn 90%, công suất của hệ thống

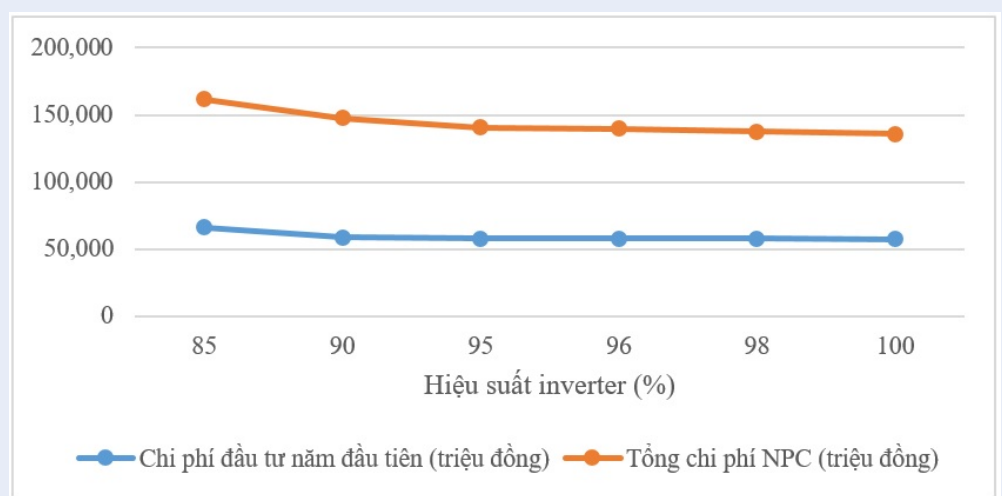
PV không đủ để phục vụ cho tải điện của hệ thống RO và nhà đầu tư cần đầu tư thêm tấm pin hoặc tăng số lượng ắc quy. Do đó, chi phí đầu tư, vận hành, bảo trì và thay thế của hệ thống cũng tăng lên đáng kể. Với hiệu suất inverter cao hơn 95%, chi phí đầu tư và tổng chi phí của hệ thống PV quy mô nhỏ không thay đổi đáng kể.

- Lựa chọn lắp đặt hệ thống hòa lưới

Lắp đặt hệ thống quang điện hòa lưới là lựa chọn có ảnh hưởng nhiều nhất đến tổng chi phí của dự án (Hình 14). Với giá điện cập nhật vào HOMER là giá điện của Bến Tre (1.678 đồng/kWh) và giá điện mái



Hình 12: Ảnh hưởng của trạng thái sạc SOC (%) lên chi phí dự án

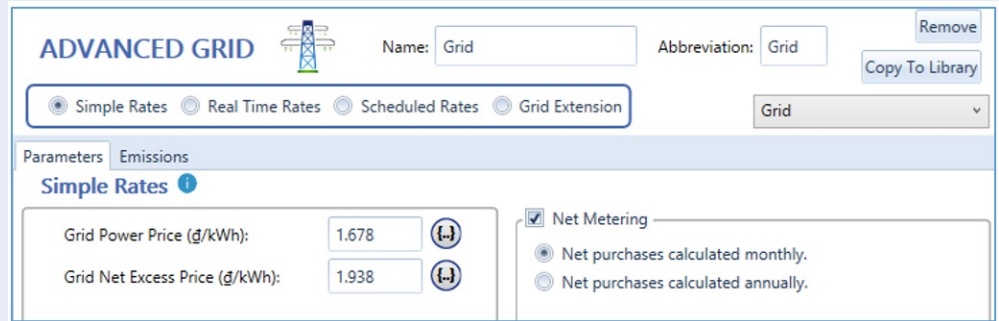


Hình 13: Ảnh hưởng của hiệu suất inverter (%) lên chi phí dự án

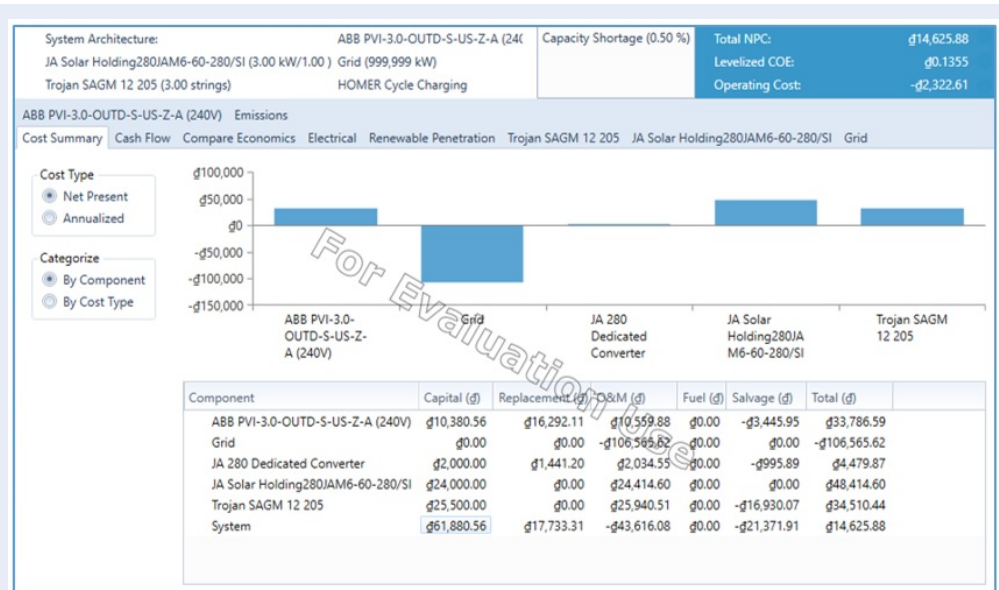
nhà EVN mua lại của các hệ thống PV lắp đặt trước năm 2021 theo Quyết định số 13/2020/QĐ-TTG của Thủ tướng Chính phủ (1.938 đồng/kWh), kết quả tính toán của HOMER có bổ sung khoản lợi nhuận thu được khi bán điện thừa vào chi phí vận hành hàng năm được trình bày trong Hình 15. Sau khi trừ đi chi phí vận hành và bảo trì của hệ thống, lợi nhuận thu được từ hệ thống PV 3kWp là 2.144 triệu đồng/năm (Hình 16).

Chi phí đầu tư năm đầu tiên và tổng chi phí NPC của hệ thống PV hòa lưới và độc lập, khi có hoặc không có sử dụng bộ điều khiển sạc MPPT, được so sánh ở Hình 17. Kết quả tính toán cho thấy giải pháp hòa lưới

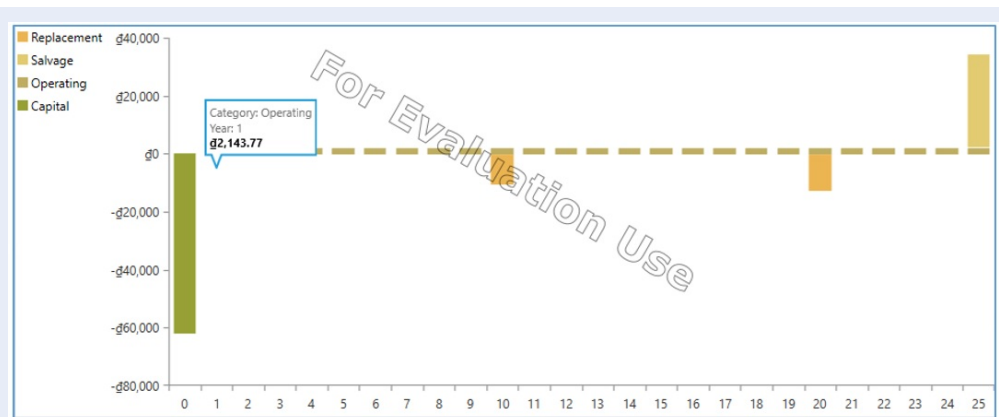
đem lại lợi ích kinh tế lớn hơn về lâu dài cho dự án PV. Tổng chi phí NPC của hệ thống PV hòa lưới thấp hơn rất nhiều so với hệ thống độc lập do có thể thu hồi lại vốn khi bán lại điện thừa. Tổng chi phí NPC trong trường hợp hệ thống hòa lưới có sử dụng bộ điều khiển sạc MPPT giảm 67,3% so với hệ thống hòa lưới không sử dụng MPPT. Do đó, đối với hệ thống PV hòa lưới, lựa chọn có sử dụng bộ điều khiển sạc MPPT giúp làm tăng hiệu quả kinh tế đáng kể; trong khi việc đầu tư thêm bộ điều khiển sạc MPPT đối với hệ thống PV hoạt động độc lập làm giảm hiệu quả kinh tế của dự án.



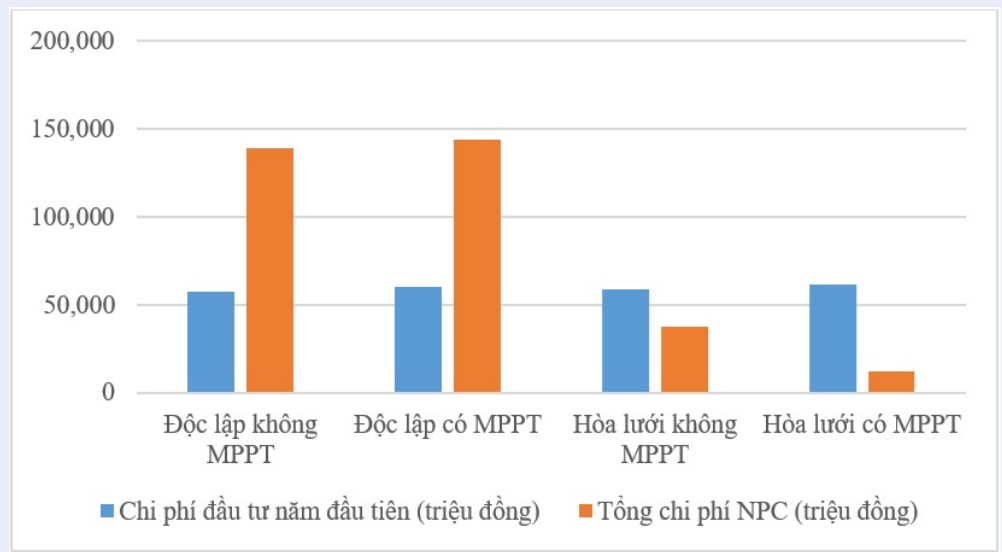
Hình 14: Lựa chọn hòa lưới đối với hệ thống PV của HOMER



Hình 15: Chi phí hệ thống PV hòa lưới có sử dụng bộ điều khiển MPPT được tính bằng HOMER



Hình 16: Chi phí và lợi nhuận hàng năm của hệ thống PV hòa lưới có sử dụng bộ điều khiển MPPT được tính bằng HOMER



Hình 17: Biểu đồ so sánh chi phí giữa hệ thống quang điện độc lập và hệ thống quang điện hòa lưới

Đánh giá chi phí đầu tư và hiệu quả kinh tế của hệ thống pin mặt trời đã được tối ưu hóa bằng HOMER

Bảng 6 tóm tắt kết quả tính toán chi phí đầu tư của dự án PV trong năm đầu tiên và tổng chi phí sau 25 năm dựa theo giá thành thị trường. Kết quả này không tính đến giá trị còn lại của hệ thống sau 25 năm dự án, tỷ lệ chiết khấu và tỷ lệ lạm phát theo năm. Chi phí vận hành và bảo trì mỗi năm ước tính vào khoảng 5% giá trị đầu tư của thiết bị.

Chi phí đầu tư dự tính trong năm đầu tiên (Bảng 6) chênh lệch không đáng kể so với chi phí năm đầu tiên do HOMER tính toán (Bảng 5). Sự chênh lệch này là do HOMER tính chi phí của bộ biến tần theo phụ tải thu được (triệu đồng/kWh), trong khi chi phí đầu tư thực tế cho một bộ biến tần được tính theo từng đơn vị linh kiện (triệu đồng/bộ). Trong khi đó, tổng chi phí đầu tư, thay thế, vận hành và bảo trì trong 25 năm được dự tính theo tình hình thị trường (Bảng 6) cao hơn 43% so với kết quả tính toán của HOMER (Bảng 5). Sự chênh lệch này là do HOMER có tính các tỷ lệ chiết khấu, tỷ lệ lạm phát theo từng năm và giá trị còn lại của thiết bị chưa hết tuổi thọ khi kết thúc thời gian dự án, vì vậy số liệu HOMER có giá trị thực tế hơn. Ngoài ra, tổng chi phí đầu tư dự án có thể giảm thấp hơn các tính toán trên do giá thành của các loại thiết bị hiện nay đang có xu thế giảm, chi phí vận hành và bảo trì phụ thuộc vào chính sách bảo hành ngày càng có lợi cho người tiêu dùng của các hãng sản xuất.

Nếu so sánh chi phí đầu tư dự án hệ thống PV 3kWp có công suất 5.145kWh/năm theo HOMER với chi phí

mua điện từ điện lưới của EVN trong 25 năm, có thể thấy rõ hiệu quả kinh tế của dự án đầu tư hệ thống PV. Với biểu giá bán lẻ điện sinh hoạt từ 0 – 50 kWh năm 2021 của Tập đoàn Điện lực Việt Nam công bố là 1.678 đồng/kWh, chi phí mua điện trong 25 năm là 215.832.750 đồng. Vì vậy, có thể kết luận việc đầu tư hệ thống PV 3kWp trong 25 năm mang lại hiệu quả kinh tế cao hơn rất nhiều (49,5%) so với mua lẻ điện lưới.

KẾT LUẬN

Sử dụng năng lượng mặt trời cung cấp điện cho dự án khử mặn nguồn nước giúp tiết kiệm chi phí và bảo vệ môi trường. Ứng dụng HOMER trong thiết kế hệ thống PV có công suất 3kWp và phân tích hiệu quả kinh tế cho thấy tính khả thi cao và giá trị tham khảo có ý nghĩa thực tế. Những thuận lợi khi ứng dụng HOMER thiết kế hệ thống năng lượng mặt trời là do phần mềm tích hợp được nhiều chức năng (truy xuất được dữ liệu bức xạ từ NASA, dự đoán hiệu suất thu hồi năng lượng, và đánh giá được chi phí đầu tư, vận hành và tiêu hao) và thư viện tham khảo với đầy đủ thông tin kỹ thuật chi tiết (thông số kỹ thuật mỗi loại tấm pin, ắc quy, bộ biến tần, ...).

Hệ thống PV 3kWp thiết kế bằng HOMER đạt công suất 5.145kWh/năm trong điều kiện bức xạ mặt trời tại Ba Tri (Bến Tre) và mang lại hiệu quả kinh tế cao hơn 49,5% so với sử dụng điện lưới theo biểu giá bán tại thời điểm hiện tại. Cấu hình thiết kế của hệ thống PV cung cấp điện cho bộ lọc RO công suất 3 m³/ngày bao gồm 11 tấm pin JA Solar Holding280JAM6-60-280/SI lắp đặt với góc nghiêng 10,04°, bộ biến tần

Bảng 6: Tính toán sơ bộ chi phí đầu tư hệ thống năng lượng mặt trời 3kWp (biểu giá thị trường)

Thiết bị	Chi phí đầu tư năm đầu (triệu đồng)	Tuổi thọ (năm)	Chi phí thay thế (triệu đồng)	Chi phí vận hành và bảo trì (triệu đồng/năm)	Tổng chi phí trong 25 năm (triệu đồng)
Tấm pin PV (3kWp)	24,000	25	0	1,200	54,000
Bộ biến tần	14,800	10	14,800	0,740	62,900
Ắc quy (3 bình)	25,500	10	25,500	1,275	82,875
Bộ điều khiển sạc MPPT	2,000	10	2,000	0,100	8,500
Tổng chi phí	66,300	208,275			

ABB PVI-3.0-OUTD-S-US-Z-A - 240V, 3 bình ắc quy loại axit – chì Trojan SAGM 12 205 12V 205Ah, và bộ điều khiển sạc MPPT hai trục. Trong đó, tổng chi phí đầu tư hệ thống trong năm đầu tương đương 60,236 triệu đồng và tổng chi phí dự án trong 25 năm tương đương 144,341 triệu đồng, chưa tính chi phí nhân công lắp đặt và bảo trì hệ thống.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc Gia TP. HCM (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ đề tài mã số B2020-20-08. Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ thời gian và phương tiện vật chất cho nghiên cứu này.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

- HOMER (Hybrid Optimization Model for Multiple Energy Resources): Phần mềm thiết kế hệ thống cung cấp năng lượng hỗn hợp
- RO (Reverse Osmosis): Công nghệ thẩm thấu ngược
- PV (Photovoltaic): Pin quang điện
- MPPT (Maximum power point tracking): Kỹ thuật điều khiển sạc bằng cách theo dõi điểm công suất tối đa
- IEA (International Energy Agency): Cơ quan Năng lượng Quốc tế
- PV-RO: Hệ thống lọc nước bằng công nghệ thẩm thấu ngược, sử dụng năng lượng điện cung cấp bởi hệ thống pin quang điện
- P_{gen} : Công suất điện của hệ thống pin quang điện
- P_L : Công suất tải tiêu thụ điện
- NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Nhiệt độ hoạt động danh nghĩa
- NPC (Net Present Cost): Chi phí hiện tại
- CRF (Capital Recovery Factor): Hệ số thu hồi vốn
- COE (Levelized Cost of Energy): Chi phí sản xuất điện quy đổi
- NASA Langley Research Center (LaRC): Trung tâm nghiên cứu bức xạ mặt trời của NASA (Cơ quan Hàng không và Vũ trụ của Mỹ)
- SOC (State of Charge): Trạng thái sạc của ắc quy
- DOD (Depth of Discharge): Độ xả sâu của ắc quy

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả xin cam đoan không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Nguyễn Minh Châu chịu trách nhiệm viết bài báo. Trần Nguyễn Chí Thiện và Nguyễn Trần Phương tham gia khảo sát, thu thập và xử lý số liệu. Võ Lê Phú và Võ Nguyễn Xuân Quế chịu trách nhiệm chỉnh sửa bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Shalaby SM. Reverse osmosis desalination powered by photo-voltaic and solar Rankine cycle power systems: A review. *Renew Sust Energ Rev.* 2017 Jan; 73:789-797; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.170>.
2. Fischetti M. Fresh from the Sea. *Sci Am.* 2007; 297(3):118-119; PMID: 17784633. Available from: <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0907-118>.
3. International Energy Agency (IEA). Water desalination using renewable energy. *Energy Technology Systems Analysis Program (ETSAP), Technology Policy Brief 112*; 2013. 10p; Available from: http://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/I12IR_Desalin_MI_Jan2013_final_GSOK.pdf.
4. Boucekima B. A small solar desalination plant for the production of drinking water in remote arid areas of southern Algeria. *Desalination.* 2003 Mar; 159(2):197-204; Available from: [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(03\)90071-3](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(03)90071-3).
5. Alghoul MA, Poovanaesvaran P, Mohammed MH, Fadhil AM, Muftah AF, Alkilani MM, Sopian K. Design and experimental performance of brackish water reverse osmosis desalination unit powered by 2 kW photovoltaic system. *Renew Energ.* 2016 Aug; 93:101-114; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.015>.
6. Monnot M, Martinez Carvajal GD, Laborie S, Cabassud C, Lebrun R. Integrated approach in eco-design strategy for small RO desalination plants powered by photovoltaic energy. *Desalination.* 2018 Jun; 435:246-258; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.05.015>.
7. Jones MA. Systems modeling and economic analysis of photovoltaic (PV) powered water pumping brackish water desalination for agriculture. All Graduate Theses and Dissertations. 2015; 4265; Available from: <https://digitalcommons.usu.edu/etd/4265>.
8. Helal AM, Al-Malek SA, Al-Katheeri ES. Economic feasibility of alternative designs of a PV-RO desalination unit for remote areas in the United Arab Emirates. *Desalination.* 2008 Mar; 221(1-3):1-16; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.01.064>.

9. Lambert T, Gilman P, Lilienthal P. Chapter 15 - Micropower System Modeling with Homer. In: Farret FA and Godoy Simoes M. Integration of Alternative Sources of Energy. John Wiley & Sons, Inc. 2005;PMID: 16905086. Available from: <https://doi.org/10.1002/0471755621.ch15>.

Using HOMER for design and economic analysis of a photovoltaic unit integrated with the RO system treating brackish water at a capacity of 3 m³/day

Nguyen Minh Chau^{1,2}, Tran Nguyen Chi Thien^{1,2}, Nguyen Tran Phuong^{1,2}, Vo Le Phu^{1,2,*},
Vo Nguyen Xuan Que^{1,2,*}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

¹Faculty of Environment and Natural Resources, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam

Correspondence

Vo Le Phu, Faculty of Environment and Natural Resources, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: volephu@hcmut.edu.vn

Correspondence

Vo Nguyen Xuan Que, Faculty of Environment and Natural Resources, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: vnxque@hcmut.edu.vn

History

- Received: 31-7-2021
- Accepted: 22-11-2021
- Published: 26-12-2021

DOI : 10.32508/stdjet.v4iS11.885



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



ABSTRACT

To satisfy the energy demand and environmental protection, solar energy has been widely used and contributed 43% of renewable energy resources. Photovoltaic (PV) is an ideal technology for powering reverse osmosis (RO) desalination units since both PV and RO systems are modular and easily scalable. HOMER software can integrate functional tools for designing and sensitivity analysis of hybrid energy systems. Thus, it is useful for finding the least-cost configuration of small-scale PV systems, which can combine with the other energy sources, effectively. This study analyzed a 3kWp PV module installed at a tilt angle of 10.04°, comprising of eleven 280W PV panels (JA Solar Holding 280JAM6-60-280/SI), one inverter (ABB PVI-3.0-OUTD-S-US-Z-A-240V), three batteries (Trojan SAGM 12-205-12V-205Ah-20h), and the MPPT charge controller. Results showed that the capital cost in the first year was 60.236 million VND and the total project cost for 25 years, accountless of the installation and maintenance cost, was 144.341 million VND. At the average daily radiation of 5.155 kWh/m²/day, the 3kWp PV module could produce 5,145kWh/year and save more than 49,5% of costs for buying grid electricity.

Key words: renewable energy, PV system, design and economic analysis, reverse osmosis technology

Cite this article : Chau N M, Thien T N C, Phuong N T, Phu V L, Que V N X. **Using HOMER for design and economic analysis of a photovoltaic unit integrated with the RO system treating brackish water at a capacity of 3 m³/day** . *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology*; 4(S11):SI26-SI42.