

CALCULATION OF GRID ROOFTOP SOLAR POWER SYSTEM ACCORDING TO ELECTRICAL LOAD DEMAND, SIMULATION COMPARISON WITH THE CASE INCORRECTING ONE-AXIS TRACKING

Phạm Thi Hang, Lai Minh Hoc*

Lilama 2 International Technology College

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 15/8/2024 Revised: 08/10/2024 Published: 08/10/2024	In this article, the authors calculate and simulate a grid-connected solar power system according to the household's daily (24-hour) electricity demand of 17068 Wh/day. During the day, when the load does not use all the electricity, it will be sent to the grid to sell electricity, contributing to reduce CO₂ emissions to protect the environment and electricity shortages for the national system. In the evening, the consumption load will use electricity from the grid. Calculating and simulating in September to optimize the solar power system's capacity during the day, it is necessary to install the system with a high angle to the north 12° degrees, a low angle to the west-south -7° degrees, the solar radiation the system receives during the day is optimally 4.7 kWh/day. When fixedly installed at the optimal angle combined with one-axis navigation, the solar panels rotate according to the solar orbit position and will yield the maximum power of 2294.7 kWh/year. The article chooses a case that combines one-axis navigation to calculate and simulate a rooftop solar power system following the solar orbit to supply electricity to households in Dong Nai, taking into account the performance of the equipment used, electricity in the system, lowest solar radiation, resulting in a reduction in greenhouse gas emissions of 936 tons of CO₂ per year or 23400 tons of CO₂ after 25 years.
KEYWORDS Photovoltaic system (PV) Grid-connected solar power system Solar radiation Solar power system calculation Solar power system simulation PVsyst PVGIS 5.1	

TÍNH TOÁN HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI MÁI NHÀ HÒA LƯỚI THEO NHU CẦU TẢI ĐIỆN, MÔ PHỎNG SO SÁNH VỚI TRƯỜNG HỢP CÓ KẾT HỢP ĐIỀU HƯỚNG MỘT TRỤC NGANG

Phạm Thị Hằng, Lai Minh Học*

Trường Cao đẳng Công nghệ quốc tế Lilama 2

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 15/8/2024 Ngày hoàn thiện: 08/10/2024 Ngày đăng: 08/10/2024	Trong bài viết này, nhóm tác giả tính toán, mô phỏng hệ thống điện mặt trời hòa lưới theo nhu cầu sử dụng điện trong ngày (24 giờ) 17068 Wh/ngày của hộ gia đình. Ban ngày, khi phụ tải không sử dụng hết điện sẽ phát lên lưới để bán điện góp phần giảm sự phát thải khí CO₂ để bảo vệ môi trường và giảm bớt sự thiếu điện cho hệ thống quốc gia. Buổi tối tải tiêu thụ sẽ sử dụng điện từ lưới điện. Tận dụng không gian mái nhà lắp cố định tấm pin. Tính toán, mô phỏng theo tháng 9 để công suất hệ thống điện mặt trời phát ra tối ưu trong ngày, cần lắp hệ thống nghiêng góc cao phía bắc 12° góc thấp phía tây-nam -7°, bức xạ mặt trời hệ thống nhận được trong ngày là tối ưu 4,7 kWh/ngày. Khi lắp cố định ở góc tối ưu kết hợp với điều hướng một trục các tấm pin mặt trời xoay theo vị trí quỹ đạo mặt trời sẽ thu được điện năng lớn nhất 2294,7 kWh/năm. Bài viết chọn trường hợp có kết hợp điều hướng một trục để tính toán, mô phỏng hệ thống điện mặt trời mái nhà theo quỹ đạo mặt trời cung cấp điện cho hộ gia đình ở Đồng Nai, tính đến hiệu suất của các thiết bị dùng điện trong hệ thống, bức xạ mặt trời thấp nhất, kết quả lựa chọn giảm phát thải khí nhà kính 936 tấn CO₂ một năm hay 23400 tấn CO₂ sau 25 năm.
TỪ KHÓA Hệ thống quang điện Hệ thống điện mặt trời hòa lưới Bức xạ mặt trời Tính toán hệ thống điện mặt trời Mô phỏng hệ thống điện mặt trời PVsyst PVGIS 5.1	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.10952>

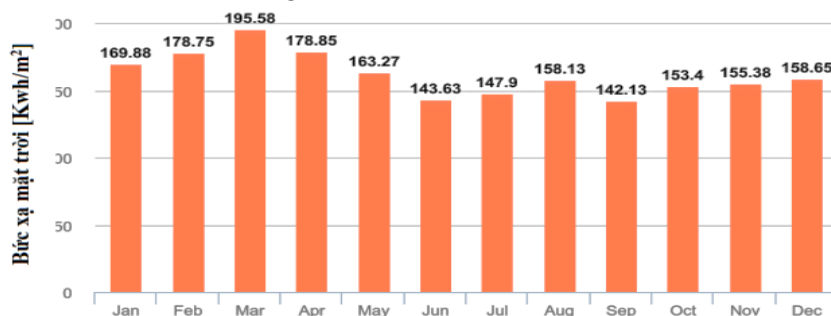
* Corresponding author. Email: laiminhhoclilama2@gmail.com

1. Giới thiệu

Khi sản xuất điện bằng nhiệt điện do phải đốt cháy nhiên liệu hóa thạch nên gây ra phát thải khí nhà kính CO_2 và ô nhiễm môi trường, thủy điện lớn sẽ gây ra thay đổi môi trường sinh thái phía hạ lưu do việc xây đập thủy điện tích trữ nước, dẫn đến nhiều hệ lụy mà trái đất phải gánh chịu. Trong khi đó nhu cầu về điện cho các tải tiêu thụ điện ngày càng lớn. Năng lượng mặt trời là một trong những giải pháp để thay thế, với ưu điểm là nguồn năng lượng sạch, lâu dài, là nguồn năng lượng tái tạo, thân thiện với môi trường. Ứng dụng của năng lượng mặt trời phổ biến hiện nay là năng lượng mặt trời được biến đổi trực tiếp thành điện năng nhờ các tế bào quang điện bán dẫn hay còn gọi là pin mặt trời. Với ưu điểm miền Nam Việt Nam là nơi có tiềm năng về năng lượng mặt trời rất lớn khoảng $4,7 \text{ kWh/m}^2/\text{ngày}$, có lãnh thổ trải dài nằm trong khu vực có cường độ bức xạ mặt trời tương đối cao. Do đó việc sử dụng năng lượng mặt trời tại Việt Nam đang được khuyến khích và áp dụng trong mọi lĩnh vực đời sống và sản xuất với mục đích hòa lưới và ưu tiên cấp điện cho tải tự dùng, giảm phát thải khí CO_2 .

Hệ thống pin mặt trời được sử dụng nhằm mục đích phát ra điện trực tiếp từ năng lượng mặt trời thông qua các tấm pin mặt trời là các tế bào quang điện bán dẫn. Pin mặt trời có ưu điểm là gọn nhẹ có thể lắp đặt bất kì đâu có ánh sáng mặt trời. Khi ánh sáng chiếu tới pin mặt trời càng lớn tức là cường độ ánh sáng chiếu tới tấm pin càng lớn thì càng có nhiều năng lượng mặt trời biến đổi thành điện năng để sử dụng. Hệ thống pin mặt trời thường được lắp cố định áp mái hoặc vào một tấm đế, pin mặt trời đạt công suất lớn nhất khi ánh sáng mặt trời chiếu vuông góc vào bề mặt tấm pin từ khi mặt trời mọc tới khi mặt trời lặn theo mùa, tuy nhiên trong thực tế việc này chỉ đạt được khi thực hiện điều hướng tự động hai trục theo quỹ đạo mặt trời, điều này thực hiện với hệ thống lớn là rất khó và tốn kém, vì hệ thống điện mặt trời hiện nay thường được lắp đặt áp mái và hòa lưới bán điện cho hệ thống điện quốc gia, hoặc điều hướng một trục cung cấp điện theo nhu cầu tải tiêu thụ. Do vậy, bài viết nghiên cứu giải pháp: Tính toán hệ thống điện mặt trời mái nhà, hòa lưới theo nhu cầu tải điện và mô phỏng với phần mềm PVGIS 5.1, so sánh với trường hợp lắp pin mặt trời cố định ở một hướng tối ưu và điều hướng một trục ngang hướng đông-tây để lựa chọn phương án lắp đặt sao cho thu được điện năng nhiều nhất, giảm phát thải khí nhà kính.

Việt Nam là khu vực có cường độ bức xạ mặt trời lớn, đặc biệt là khu vực Nam Bộ, Tây Nguyên và Nam Trung Bộ [1], khoảng $(4,3 - 4,9) \text{ kWh/m}^2/\text{ngày}$. Bức xạ mặt trời tại khu vực Đồng Nai tổng hợp theo tháng là rất tốt, số giờ nắng trong năm lớn nhất trong cả nước, lắp đặt điện mặt trời tại khu vực này là rất phù hợp. Tại khu vực xã Long Phước, huyện Long Thành, tỉnh Đồng Nai, nơi nhóm tác giả quan tâm để tính toán và mô phỏng có lượng bức xạ mặt trời theo tháng, bức xạ mặt trời lớn nhất là (tháng 3) $195,58 \text{ kWh/m}^2$, bức xạ nhỏ nhất là (tháng 9) $142,13 \text{ kWh/m}^2$, được minh họa trong hình 1.



Hình 1. Bức xạ mặt trời theo tháng tại Đồng Nai

Hiện nay, điện mặt trời đã được nhiều tác giả trong nước và ngoài nước nghiên cứu để ứng dụng trong thực tiễn. Tác giả Văn Ánh Dương và cộng sự [2] đã thiết kế hệ thống điện mặt trời áp mái, hòa lưới theo mức tải tiêu thụ trong năm cho nhà máy Quảng Việt tại Long An sử dụng phần mềm HomerPro và mô phỏng dùng phần mềm PVSyst, bài viết có kết quả đáp ứng được nhỏ hơn 50% so với nhu cầu sử dụng của tải điện nhà máy. Trong nghiên cứu [3], tác giả đã tính

toán hệ thống điện mặt trời hòa lưới áp mái tại Premier Village Da Nang Resort bằng cách khai thác phần mềm thương mại theo tiêu chuẩn châu Âu, các thông số để tính toán như η_m , E_β , không phù hợp với phần mềm, hiệu suất η_m không phải chỉ là của pin mặt trời theo nhiệt độ, bức xạ E_β nếu đo trực tiếp để tính toán số liệu là không dùng được trong cả năm vì thông số này sẽ thay đổi theo mùa, thay đổi theo tháng với sự thay đổi rất lớn. Với nghiên cứu [4], tác giả sử dụng phần mềm Solar design để tính toán nhưng kết quả được trình bày thì lại là dựa trên thực nghiệm, điều này chưa thấy sự tương thích giữa tính toán và thực nghiệm, ngoài ra khi thực nghiệm bài báo sử dụng hệ thống pin mặt trời nhỏ 80 Wp, sử dụng để áp dụng cho hệ thống hòa lưới 50 kWp có điều hướng thì không khả thi vì hai hệ thống là hoàn toàn khác nhau, và việc điều hướng hai trục là không thể thực hiện được, nếu làm được thì rất tốn kém, việc xoay pin thụ động là không khả dụng vì vào các mùa khác nhau thì thời gian mặt trời mọc và lặn cũng khác nhau rất nhiều. Đặng Văn Phú và cộng sự [5] sử dụng thuật toán NSGA-II để tính toán và mô phỏng dùng Matlab, nhóm tác giả có lai ghép với máy phát diesel điều này tạo ra nhiều phát thải CO₂. Bài viết [6] đã tìm thấy góc lắp đặt tối ưu, cách kết nối inverter cho hệ thống, lựa chọn được pin quang điện, bài viết sử dụng thông số P_{max} để tính toán và sau đó dùng phần mềm PVsyst để mô phỏng, khi áp dụng vào thực tế thì hiệu quả sẽ không cao do mặt trời thường thay đổi vị trí trong ngày, trong năm. Nhiều tác giả quan tâm đến nhà máy điện mặt trời hòa lưới có quy mô lớn, tính toán góc lắp đặt tối ưu, thiết kế bằng phần mềm chuyên dụng [7], phương án lắp đặt điện PV cho khu dân cư nhỏ có lưu trữ tự dùng sao cho chi phí tối ưu [8], phân tích hiệu suất của hệ thống điện mặt trời hòa lưới 100 kWp sử dụng phần mềm PVsyst [9]. Các bài viết này đều chưa tính đến việc thu được nhiều điện năng nhất vì hệ thống lắp cố định.

Để thu được nhiều điện năng từ mặt trời nhất, trong bài viết này, nhóm tác giả sử dụng công thức để tính toán công suất pin mặt trời theo tiêu chuẩn châu Âu, sau đó sử dụng phần mềm mô phỏng PVGIS 5.1 kết hợp sử dụng phần mềm Excel để tính toán cho hai trường hợp:

Trường hợp 1: Gắn cố định hệ thống PV ở góc tối ưu (góc cao ở phía bắc 12°, góc thấp ở phương vị phía tây-nam -7°) cho hộ gia đình ở Đồng Nai theo nhu cầu tải điện.

Trường hợp 2: Hệ thống PV điều hướng một trục (chọn trục xoay là trục bắc-nam, khi đó giới hạn góc xoay là đông 0° đến tây 180°) kết hợp với gắn cố định ở góc tối ưu (góc cao ở phía bắc 12°, góc thấp ở phương vị phía tây-nam -7°) cho hộ gia đình ở Đồng Nai theo nhu cầu tải điện.

So sánh hai trường hợp trên, pin mặt trời được chọn lắp đặt ở phương án tốt nhất, mục đích thu được lượng điện năng lớn nhất từ mặt trời, giảm thấp nhất việc mua điện từ hệ thống lưới điện quốc gia thông qua việc bù trừ giữa việc mua và bán điện, để giảm thiểu phát thải CO₂ do sử dụng điện lưới.

Việt Nam đã có các chính sách ưu tiên phát triển điện mặt trời như: Nghị định số 06/2022/NĐ-CP [10] quy định giảm dần phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ozone, quy hoạch điện VIII [11], Thông tư số 500/QĐ-TTg ngày 15/5/2023 ưu tiên phát triển nguồn điện tái tạo không giới hạn để giảm dần việc sử dụng điện từ lưới điện quốc gia, giảm phát thải khí nhà kính, thời kỳ từ năm 2021-2030 tầm nhìn đến năm 2050.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

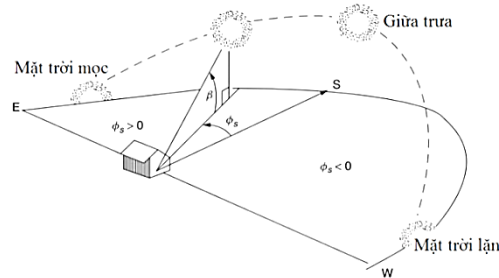
2.1. Vị trí mặt trời trong năm

Vị trí của mặt trời tại bất kỳ thời điểm nào trong ngày được mô tả dưới dạng góc độ cao β và góc phương vị Φ_s như trong hình 2 [12].

Chỉ số S ở góc phương vị là góc phương vị của mặt trời, theo quy ước, góc phương vị là dương vào buổi sáng với mặt trời ở hướng đông - nam và âm vào buổi chiều với mặt trời ở hướng tây - nam. Góc phương vị được hiển thị trong hình 2 sử dụng hướng nam thực làm tham chiếu. Góc phương vị và độ cao của mặt trời phụ thuộc vào vĩ độ, số ngày n và quan trọng nhất là thời gian trong ngày. δ góc nghiêng giữa tia bức xạ và mặt phẳng xích đạo, mối quan hệ của các đại lượng này được xác định trong các phương trình sau:

$$\delta = 23,45 \sin \left[360 \times \left(\frac{284+n}{365} \right) \right] \quad (1)$$

$$\beta = |\Phi_s - \delta| \quad (2)$$



Hình 2. Vị trí của mặt trời được mô tả bằng góc cao β và góc phương vị Φ_s

2.2. Tính toán hệ thống điện mặt trời hòa lưới

Thiết kế hệ thống cung cấp điện mặt trời hòa lưới cho một hộ gia đình theo nhu cầu sử dụng điện hàng ngày, địa điểm: Tổ 18, Ấp 5, Long Phước, Long Thành, Đồng Nai, Việt Nam

Nhà mái bằng, tải một pha 220 V, nhu cầu phụ tải điện theo ngày được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Nhu cầu phụ tải điện theo ngày

Thiết bị	Công suất định mức [W]	Số lượng	Số giờ sử dụng một ngày [h]
Tủ lạnh	100	1	24
Bóng đèn trong nhà	20	4	6
Đèn phòng ngủ	8	3	10
Đèn bàn	18	4	4
Máy tính xách tay	60	2	4
Máy in	10	1	4
Sạc điện thoại	5	2	2
Đèn bên ngoài	40	3	14
Máy bơm 1 pha	2000	1	0,5
Máy giặt 9 kg	1500	1	0,5
Máy quạt treo tường	60	4	6
Máy điều hòa	2000	2	2

2.3. Quy trình thiết kế

Để thiết kế hệ thống điện mặt trời hòa lưới sao cho khi đưa hệ thống vào hoạt động sẽ thu được công suất lớn nhất, điều quan trọng nhất là phải xác định được quỹ đạo của mặt trời phụ thuộc vào từng thời điểm trong ngày, từ đó lắp đặt các tấm pin mặt trời theo góc β và Φ_s , góc này lại khác nhau tùy theo vị trí địa lý. Trường hợp 1: Nếu lắp cố định thì cần phải xác định góc này tối ưu nhất nhằm thu được bức xạ mặt trời lớn nhất vào các thời điểm trong ngày, để đảm bảo đủ lượng điện năng cho nhu cầu tải tiêu thụ điện hàng ngày trong một năm thì cần tính theo bức xạ mặt trời tháng 9, hạn chế việc mua điện từ lưới quốc gia, với cách này sẽ phù hợp khi lắp đặt cho hệ thống điện mặt trời mái nhà cho các nhà máy, các trụ sở cơ quan nhà nước, các hộ gia đình riêng. Cách này có ưu điểm là dễ thực hiện, chắc chắn và ổn định, chi phí thấp, tận dụng được không gian mái nhà. Trường hợp 2: Nếu có thêm sự điều hướng một trục thì bài viết này sẽ sử dụng kết quả tính toán ở trường hợp 1 và sử dụng phần mềm để mô phỏng và so sánh hai trường hợp trên. Việc tính toán cho trường hợp 1 theo các bước sau:

Bước 1: Khảo sát nhu cầu, tìm hiểu nhu cầu của khách hàng sử dụng bao nhiêu phụ tải điện, công suất mỗi loại tải, sử dụng nhiều hay ít giờ trong ngày, có tính đến thiết bị có công suất lớn nhất khi khởi động đồng thời tất cả các thiết bị điện (bảng 1). Nhu cầu tải sử dụng điện hàng ngày: $W_d=17.068$ Wh/ngày, hàng năm: $W_Y=6.229,820$ Wh/năm

Bước 2: Phân tích hiện trường và hoàn thiện thông tin, khảo sát vị trí nơi lắp đặt hệ thống, lắp trên nhà mái bằng, diện tích mái lắp đặt và độ dốc, hướng mái, từ đó lựa chọn hệ thống giá đỡ cơ khí. Vĩ độ/Kinh độ: 10.711/107.013; Diện tích lắp đặt 120 m². Từ (1), (2) góc nghiêng tối ưu cao ở phía bắc 12°, góc thấp ở phương vị phía tây-nam -7°.

Bước 3: Tính công suất pin mặt trời: $P_c = \frac{W_d \cdot 1000W / m^2}{E_d \cdot \eta_m} = 5769,37Wp$ (3)

Chọn 14 tấm pin, mỗi tấm có công suất định mức là 425 Wp mắc nối tiếp

Bước 4: Tính toán lựa chọn bộ inverter: $P_w > P_{max} \cdot g_f$ (4)

Chọn 01 inverter 6 kW một pha, tương thích với pin mặt trời

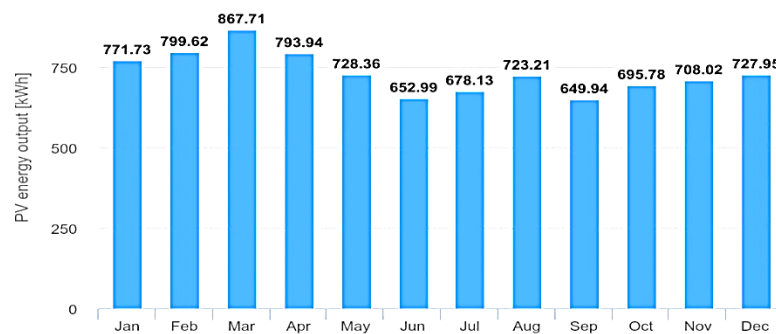
Bước 5: Tính phát thải khí nhà kính: $CO_2 = W_d \times B_{\text{điện}} [\text{Tấn}] = 936 \text{ tấn/năm}$. (5)

Trong đó: $W_d = 17.068 \text{ Wh/ngày}$, $B_{\text{điện}}$ hệ số quy đổi ra tấn CO₂ khi tải tiêu thụ điện hàng ngày từ lưới điện theo TCVN [13], $B_{\text{điện}} = 0,6766 \text{ tấn CO}_2/\text{MWh}$, khi xét ở tháng 9 tính trong một năm 365 ngày được 936 tấn/năm.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả mô phỏng

Vĩ độ/Kinh độ: 10.711/107.013; góc nghiêng tối ưu cao ở phía bắc 12°, góc thấp ở phương vị phía tây-nam -7°, sản lượng điện hàng tháng từ hệ thống PV lắp cố định ở góc tối ưu được thể hiện trong hình 3.



Hình 3. Sản lượng điện hàng tháng từ hệ thống PV lắp cố định

Kết quả so sánh từ hệ thống PV lắp cố định và hệ thống PV kết hợp với có điều hướng được trình bày trong bảng 2 và bảng 3.

Bảng 2. Sản lượng điện hàng tháng từ hệ thống PV

Th	E _b [kWh]	E ₁ [kWh]	E ₂ [kWh]	Δ _E [kWh]	H _b [kWh]	H _{d1} [Wh]	H _{d2} [Wh]	H ₁ [kWh]	H ₂ [kWh]	Δ _H [kWh]
1	827,0	771,7	927,8	156,1	182,6	5.660,0	6.790,0	169,8	203,7	33,9
2	822,8	799,6	986,6	187,0	183,7	5.950,0	7.306,7	178,5	219,2	40,7
3	831,6	867,7	1.068,6	199,1	186,7	6.513,3	7.976,7	195,4	239,3	43,9
4	703,6	793,9	962,9	169,0	157,7	5.956,7	7.206,7	178,7	216,2	37,5
5	604,7	728,4	857,9	129,5	135,3	5.446,7	6.416,7	163,4	192,5	29,1
6	531,2	653,0	752,9	99,9	117,1	4.793,3	5.543,3	143,8	166,3	22,5
7	563,8	678,1	772,6	94,5	123,0	4.933,3	5.640,0	148,0	169,2	21,2
8	631,7	723,2	823,8	100,6	137,8	5.273,3	6.026,7	158,2	180,8	22,6
9	603,2	649,9	729,2	79,3	131,6	4.743,3	5.343,3	142,13	160,3	18,0
10	690,0	695,8	794,3	98,5	152,2	5.120,0	5.853,3	153,6	175,6	22,0
11	744,9	708,0	838,8	130,8	164,0	5.183,3	6.140,0	155,5	184,2	28,7
12	786,3	728,0	859,8	131,8	172,1	5.293,3	6.246,7	158,8	187,4	28,6
Tổng	8.340,8	8.797,3	10.373,4	1.576,1	1.843,8	64.866,7	76.490,0	1.946,0	2.294,7	348,7

Như bảng 2 ta thấy trong trường hợp có điều hướng hệ thống PV sẽ thu được bức xạ mặt trời, sản lượng điện do tấm pin phát ra sẽ cao hơn trường hợp lắp cố định với góc tối ưu, thấp nhất ở tháng 9 bức xạ là 18 [kWh], cao nhất ở tháng 3 là 43,9 [kWh], tất cả các tháng trong năm đều thu được cao hơn, trung bình sản lượng điện tăng trong năm khoảng 29%, trong trường hợp gắn các tấm pin mặt trời với góc bất kỳ, sản lượng điện trung bình một năm thu được là thấp nhất nên không có hiệu quả cao.

Bảng 3. So sánh kết quả của hệ thống lắp cố định và hệ thống có điều hướng

Tháng	P_{ch1} [kWh]	P_{ch2} [kWh]	n_1	n_2	CO_{2H1} [Tấn]	CO_{2H2} [Tấn]	ΔCO_2 [Tấn]
1	4.832,6	4.028,4	11	9	65,4	53,2	12,2
2	4.597,1	3.743,5	11	9	62,2	49,4	12,8
3	4.199,5	3.429,1	10	8	56,8	45,3	11,6
4	4.591,9	3.795,5	11	9	62,1	50,1	12,0
5	5.021,9	4.262,7	12	10	68,0	56,3	11,7
6	5.706,4	4.934,3	13	12	77,2	65,1	12,1
7	5.544,4	4.849,7	13	11	75,0	64,0	11,0
8	5.187,0	4.538,6	12	11	70,2	59,9	10,3
9	5.766,5	5.119,0	14	12	78,0	69,3	8,8
10	5.342,3	4.673,0	13	11	72,3	61,7	10,6
11	5.277,0	4.454,8	12	10	71,4	58,8	12,6
12	5.167,4	4.378,7	12	10	69,9	57,8	12,1
Tổng	61.233,9	52.207,3			828,6	690,8	137,8

Trong quá trình tính toán bài viết sử dụng bảng tính Excel để tính toán so sánh các thông số, và sử dụng bức xạ mặt trời ở tháng 9 để lấy số liệu tính toán, như vậy kết quả sẽ thỏa mãn tất cả các tháng trong năm, hạn chế đến mức thấp nhất việc sử dụng điện từ lưới điện cho các tải điện hàng ngày, vào ban ngày với cách tính toán ở trên hệ thống đã đủ điện để cung cấp cho các phụ tải hàng ngày, ngoài ra còn phát điện lên lưới điện quốc gia để bán cho hệ thống, vào ban đêm tải tiêu thụ sẽ sử dụng điện từ lưới điện quốc gia, sự phát thải khí nhà kính giảm 78 tấn CO_2 trong một tháng hoặc 936 tấn CO_2 trong một năm.

Các ký hiệu:

P_W : Công suất inverter (W)

g_f : Hệ số đồng thời

P_{max} : Thiết bị có công suất lớn nhất

P_c : Công suất định mức của hệ thống PV (Wp)

W_d : Nhu cầu hàng ngày (Wh/ngày)

E_d : Bức xạ mặt trời tính bằng Wh/m²/ngày

η_m : Hiệu suất của tất cả các thiết bị, từ pin mặt trời đến lưới điện

E_b : Sản lượng điện trung bình hàng tháng từ hệ thống lắp cố định [kWh], góc bất kỳ 39°

E_1 : Sản lượng điện trung bình hàng tháng từ hệ thống lắp cố định [kWh], góc tối ưu (12°)

E_2 : Sản lượng điện trung bình hàng tháng kết hợp điều hướng một trục ngang [kWh]

H_1 : Tổng lượng bức xạ toàn cầu trung bình hàng tháng mà hệ thống PV nhận được của hệ thống lắp cố định với góc tối ưu [kWh/m²]

H_2 : Tổng lượng bức xạ toàn cầu trung bình hàng tháng mà hệ thống PV nhận được của hệ thống kết hợp có điều hướng [kWh/m²]

ΔH : Mức tăng bức xạ toàn cầu trung bình hàng tháng mà hệ thống PV nhận được khi hệ thống kết hợp có điều hướng so với hệ thống lắp cố định [kWh/m²]

ΔE : Mức tăng sản lượng điện trung bình hàng tháng khi hệ thống kết hợp có điều hướng so với hệ thống lắp cố định [kWh/m²]

H_{d1} : Tổng lượng bức xạ toàn cầu trung bình hàng ngày mà hệ thống PV nhận được khi hệ thống lắp cố định ở góc tối ưu [Wh/m²/ngày], (sử dụng để tính toán cho công thức (3))

H_{d2} : Tổng lượng bức xạ toàn cầu trung bình hàng ngày mà hệ thống PV nhận được khi hệ thống lắp cố định ở góc tối ưu có kết hợp với điều hướng [$Wh/m^2/ngày$], (sử dụng để tính toán cho công thức (3))

n_1 : Số module PV tính toán khi lắp trên mái bằng cố định góc cao ở phía bắc 12° , góc thấp ở phương vị phía tây-nam -7°), tính cho từng tháng

n_2 : Số module PV tính toán khi kết hợp có điều hướng một trục (tính cho từng tháng)

P_{ch1} : Công suất phát từ hệ thống PV khi lắp cố định với góc tối ưu [kWh]

P_{ch2} : Công suất phát từ hệ thống PV khi kết hợp có điều hướng một trục [kWh]

CO_{2H2} : Mức giảm phát thải khí CO_2 của hệ thống khi kết hợp có điều hướng một trục [Tấn], (tính theo công thức (5) cho từng tháng)

CO_{2H1} : Mức giảm phát thải khí CO_2 của hệ thống khi lắp cố định với góc tối ưu [Tấn], (tính theo công thức (5) cho từng tháng)

ΔCO_2 : Mức giảm chênh lệch phát thải khí CO_2 của hệ thống khi lắp cố định với góc tối ưu so với hệ thống kết hợp có điều hướng một trục [Tấn]

Nhóm tác giả tính toán n_1 và n_2 cho số liệu khác nhau theo bức xạ mặt trời hàng ngày trong tháng vì n_1 tính theo bức xạ mặt trời hàng ngày ở góc cố định tối ưu, n_2 tính theo số liệu bức xạ mặt trời hàng ngày khi có điều hướng, với mục đích so sánh để chọn ra số tấm pin mặt trời theo bức xạ mặt trời hàng ngày 4.743,3 Wh ở tháng 9 là 14 tấm pin 425 Wp, nếu chọn theo bức xạ mặt trời hàng ngày ở các tháng khác hoặc theo ngày khi điều hướng để lựa chọn số tấm pin n_2 sẽ không đủ cung cấp điện mặt trời theo nhu cầu tải tiêu thụ điện vào ban ngày và bán điện cho hệ thống điện quốc gia trong cả năm, việc mua điện từ lưới điện sử dụng theo nhu cầu tải tiêu thụ điện vào ban đêm được sử dụng từ điện tiết kiệm được do không sử dụng hết bán điện cho nhà nước vào ban ngày, do vậy sẽ đạt được mục tiêu là giảm sâu phát thải khí nhà kính CO_2 do sử dụng điện từ lưới.

Bài viết này nhóm tác giả không tính đến hiệu ứng bóng che vì: Phần lớn các tấm pin mặt trời đã có sử dụng diode để tránh trường hợp gián đoạn khi các tấm pin mắc nối tiếp bị bóng che một phần, bộ inverter hòa lưới hiện nay đều có dò điểm công suất cực đại.

Bộ điều hướng một trục tự động theo hướng nắng dự kiến sử dụng cơ cấu trục vít, bánh vít, kết hợp với gắn cố định ở góc tối ưu, tránh mưa lớn, gió lớn, sẽ là định hướng phát triển tiếp theo, có khả năng thực hiện được do chỉ cần đầu tư thêm một động cơ servor và mạch điều hướng, khóa chốt điện từ, cảm biến, trục vít, bánh vít, ước tính tiêu thụ điện khoảng 1% đến 2% lượng điện hệ thống PV phát ra so với việc điều hướng một trục kết hợp gắn cố định ở góc tối ưu lượng điện thu được tăng khoảng 29% đến 43% thì thực hiện được.

3.2. Đánh giá hệ thống

- Hệ thống có hiệu suất cao
- Khi có sự thay đổi về cường độ bức xạ mặt trời chiếu vào tấm pin hệ thống sẽ tự xoay theo một trục, cố định ở góc tối ưu nên hiệu suất thu được là cao nhất.
- Làm việc ổn định, theo nhu cầu tải điện, không gây phát thải khí CO_2 do sự bù trừ giữa việc mua và bán trong thị trường điện, thị trường cacbon.
- Nhu cầu tải điện lớn như bài toán trên thì chỉ khả thi khi điều hướng một trục, không thể thực hiện được khi điều hướng kép (hai trục) vì quá phức tạp nên bài viết đã lựa chọn điều hướng một trục (đông-tây) kết hợp với nghiêng cố định một góc tối ưu.

3.3. Thảo luận

3.3.1. Ý nghĩa khoa học và ứng dụng thực tiễn

Nhóm nghiên cứu đã tính toán, mô phỏng hệ thống pin mặt trời có điều hướng một trục ngang kết hợp với một hướng cố định ở góc tối ưu, bài viết có thể sử dụng là tài liệu tham khảo, phục vụ cho công tác đào tạo, nghiên cứu, ứng dụng và phát triển sử dụng năng lượng xanh, năng lượng tái tạo tại Việt Nam.

Ưu điểm: Không phải mua điện vào ban ngày, bán được điện dư cho lưới điện.

Nhược điểm: Mua điện vào buổi tối, việc bù trừ giữa mua và bán điện, với lựa chọn trên hệ thống điện mặt trời vẫn còn chưa sử dụng hết điện phát ra, bán được cho lưới điện cả ở tháng 9.

3.3.2. Định hướng phát triển

Xây dựng kết cấu cơ khí, mạch điều khiển xoay một trục ngang, cho hệ thống có công suất lớn, ứng dụng để lắp đặt thực tế cho điện mái nhà ở khu vực dự án.

4. Kết luận

Hệ thống điều hướng một trục pin mặt trời một trục kết hợp lắp cố định ở góc tối ưu cho kết quả cao hơn theo trung bình năm 29% đến 43% so với hệ thống chỉ lắp cố định tối ưu.

Cung cấp điện đáp ứng được nhu cầu tải điện vào ban ngày và bán được điện cho lưới điện quốc gia trong cả năm, vào buổi tối sẽ mua điện từ lưới điện, bù trừ giữa mua điện và bán điện là có dư điện năng so với nhu cầu tải điện, giảm được phát thải 936 tấn CO₂ trong một năm.

Thực tế hiện nay để hệ thống phát ra chủ yếu là tự dùng vào ban ngày, dư thì bán cho hệ thống mà không phải đầu tư ắc quy để lưu trữ thì đây là cách tốt nhất hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] T. B. H. Nguyen, "Study on optimal configuration for grid-connected solar energy system," (in Vietnamese), *Journal of Science Technology and Food*, Ho Chi Minh City University of Food Industry, vol. 20, no. 4, pp. 53-65, 2020.
- [2] A. D. Van, T. T. Pham, X. L. Dinh, D. A. Q. Ngo, and T. D. Tran, "A Calculation for Selection the Power of Rooftop Solar Based on the Load of the Quang Viet Factory," (in Vietnamese), *Journal of Technical Education Science*, Ho Chi Minh City University of Technology and Education, vol. 19, no. 1, pp. 50-63, 2024.
- [3] N. A. Luu and H. Tran, "Using PVsyst software to design photovoltaic rooftop system at Premier Village Da Nang Resort," (in Vietnamese), *The University of Danang - Journal of Science and Technology*, Da Nang University of Science and Technology, vol. 7, no. 116, pp. 1-5, 2017.
- [4] H. H. Tang and V. H. Nguyen, "Passive solar tracking system for designing on - grid solar power plant projects," (in Vietnamese), *Journal of Technical Education Science*, Ho Chi Minh City University of Technology and Education, no. 39, pp. 22-28, 2016.
- [5] V. P. Dang, D. N. Nguyen, T. N. Le, and N. T. Nguyen, "Optimization of a grid-connected solar photovoltaic system with battery storage," (in Vietnamese), *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 228, no. 14, pp. 280-289, 2023.
- [6] D. F. Pires, C. H. Antunes, and A. G. Martins, "NSGA-II with local search for a multi-objective reactive power compensation problem," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 43, no. 1, pp. 313-324, 2012.
- [7] P. R. Jagdale, A. B. Choudhari, and S. S. Jadhav, "Design and Simulation of Grid Connected Solar Si-Poly Photovoltaic Plant using PVsyst for Pune, India Location," *Renewable Energy Research and Applications*, vol. 3, no. 1, pp. 41-49, 2022.
- [8] J. Koskela, A. Rautiainen, and P. Järventausta, "Using electrical energy storage in residential buildings—Sizing of battery and photovoltaic panels based on electricity cost optimization," *Applied energy*, vol. 239, pp. 1175-1189, 2019.
- [9] N. M. Kumar, M. R. Kumar, P. R. Rejoice, and M. Mathew, "Performance analysis of 100 kWp grid connected Si-poly photovoltaic system using PVsyst simulation tool," *Energy Procedia*, vol. 117, pp. 180-189, 2017.
- [10] Vietnam's Prime Minister, *Decision no. 500/QĐ-TTg dated 15/5/2023 approving the National Electricity Development Plan for the period 2021 - 2030, vision to 2050*, (in Vietnamese), 2023.
- [11] Vietnam Government, *Decree 06/2022/ND-CP on regulations on gradually reducing greenhouse gas emissions and protecting the ozone layer*, (in Vietnamese), 2022.
- [12] J. Wiley & Sons, *Renewable and Efficient Electric Power Systems*, Inc., Hoboken, New Jersey, 2004.
- [13] Department of Climate Change - Ministry of Natural Resources and Environment, *Decree 327/BDKH-PTCBT dated 19/03/2024* (in Vietnamese).