

ĐÁNH GIÁ HIỆU SUẤT NĂNG LƯỢNG CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI ÁP MÁI 5KWP BẰNG PHẦN MỀM PVSYST

Nguyễn Anh Vũ⁽¹⁾

(1) Trường Đại học Thủ Dầu Một

Ngày nhận bài 05/01/2021; Ngày gửi phản biện 10/01/2021; Chấp nhận đăng 30/03/2021

Liên hệ email: vuna@tdmu.edu.vn

<https://doi.org/10.37550/tdmu.VJS/2021.02.177>

Tóm tắt

Điện năng thu được từ hệ thống tấm quang điện phụ thuộc rất nhiều vào nhiều yếu tố như vị trí địa lý, cường độ bức xạ mặt trời, điều kiện thời tiết, hướng lắp đặt tấm pin quang điện. Bài báo này trình bày về thiết kế chi tiết và đánh giá hiệu suất năng lượng của một hệ thống điện mặt trời áp mái 5kWp cho hộ gia đình tại Thành phố Thủ Dầu Một, Việt Nam bằng phần mềm PVsyst. Kết quả của đề tài cho thấy sản lượng điện năng thu được trung bình năm 6.77 MWh, điện năng thu được trên kWp là 1324 kWh, hệ số hiệu suất hệ thống là 81.4%. Đề tài giúp đánh giá tiền khả thi dự án điện mặt trời công suất nhỏ, đồng thời thúc đẩy ứng dụng năng lượng mặt trời vào cuộc sống.

Từ khóa: điện mặt trời, hiệu suất, năng lượng

Abstracts

PERFORMANCE ASSESSMENT OF 5 KWP ON-GRID CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEM USING PVSYST SOFTWARE

The electricity obtained from the photovoltaic panel system depends a lot of many factors such as geographical location, solar radiation intensity, weather conditions, and orientation of photovoltaic panels. This article presents the detailed design and energy efficiency assessment of a 5kWp rooftop solar power system for households in Thu Dau Mot City, Vietnam using PVsyst software. The results of the project show that the average power output obtained in a year was 6.77 MWh, the generated power per kWp was 1324 kWh, the system efficiency factor was 81.4%. The topic helps to evaluate the pre-feasibility of a small-capacity solar power project, and at the same time promote the application of solar energy in life.

1. Đặt vấn đề

Khai thác các nguồn năng lượng tái tạo, thân thiện môi trường đang là một vấn đề thiết yếu của toàn thế giới trong những năm gần đây. Bức xạ mặt trời là một nguồn tài

nguyên vô cùng quan trọng tại Việt Nam. Trung bình, tổng bức xạ năng lượng mặt trời ở Việt Nam vào khoảng $5\text{kW/h/m}^2/\text{ngày}$ ở các tỉnh miền Trung và miền Nam, và vào khoảng $4\text{kW/h/m}^2/\text{ngày}$ ở các tỉnh miền Bắc; số giờ nắng trong năm ở miền Bắc vào khoảng 1500-1700 giờ trong khi ở miền Trung và miền Nam Việt Nam, con số này vào khoảng 2000-2600 giờ mỗi năm (la Cruz-Lovera, 2017 ; Bataineh, & Alrabee, 2018). Việt Nam đã ban hành chiến lược phát triển năng lượng tái tạo đến năm 2050, đó có điện mặt trời áp mái (Thủ Tướng Chính Phủ, 2015). Đặc biệt, quyết định số 13/2020/QĐ-TTg đã tạo hành lang pháp lý rõ ràng, chặt chẽ cho 2 bên mua và bán điện mặt trời áp mái, đồng thời tạo động lực khuyến khích người dân, doanh nghiệp tích cực đầu tư vào các dự án điện mặt trời áp mái (Thủ Tướng Chính Phủ, 2020).

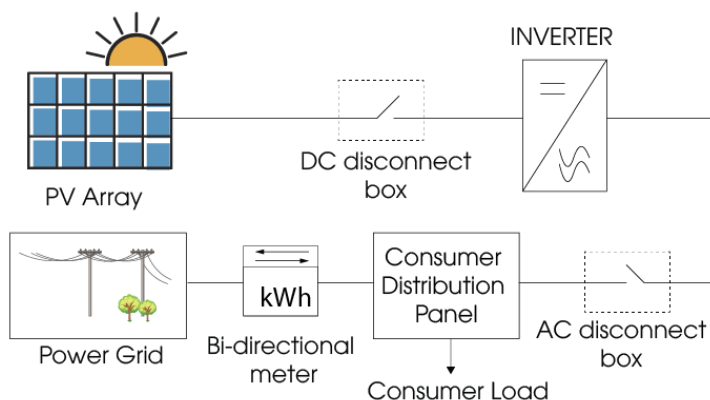
Cho đến nay, đã có nhiều kết quả nghiên cứu, đánh giá, phân tích về năng lượng mặt trời áp mái. Paras Karki và đồng sự (2012) đã trình bày một nghiên cứu so sánh hiệu suất của hệ thống quang điện 60kW tại Kathmandu và Berlin sử dụng PVsyst. Tác giả đã đánh giá mức năng lượng thu được, các tổn thất khi mô phỏng cho hai thành phố. Mounir Bouzguenda và cs., (2019) đã thiết kế, mô phỏng, phân tích hệ thống điện mặt trời độc lập tại Đại học King Faisal. Trong nghiên cứu này vấn đề bóng che được phân tích và cho thấy nó ảnh hưởng đến hiệu suất của hệ thống. Sharma và Gidwani (2017) sử dụng phần mềm PVSOL mô phỏng cho hệ thống điện mặt trời 234kW, nghiên cứu cho thấy hệ thống có thể tạo ra đủ năng lượng điện so với mức tiêu thụ và giảm thiểu mức tiêu thụ năng lượng từ việc cung cấp lưới cũng như giảm sự phụ thuộc vào lưới điện. Phân tích tài chính của các hệ thống này bằng cách giả định một số thông số cũng được thực hiện trong nghiên cứu này. Priya Yadav và cs., (2015) đã trình bày kết quả mô phỏng hệ thống điện mặt trời 1kWp sử dụng PVsyst cho Hamirpur, Ấn Độ. Tỷ lệ hiệu suất là 72,4% và năng lượng sản xuất, tổn thất hệ thống cũng được mô phỏng. Trong một dự án mô phỏng hệ thống điện mặt trời nối lưới 100kWp, Kumar và Kumar (2017) sử dụng phần mềm PVsyst mô phỏng với dữ liệu thời tiết meteonorm 7.1 cho kết quả năng lượng thu được hằng năm là 165.38 MWh, tỷ lệ hiệu suất là 80%.

Điện mặt trời áp mái đang là một lĩnh vực mới tại Việt Nam, vài năm gần đây có nhiều phát triển vượt bậc. Tuy vậy, các nghiên cứu về điện mặt trời còn hạn chế, đặc biệt là lĩnh vực điện mặt trời hộ gia đình. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng phần mềm Pvsyst để thiết kế, mô phỏng cho một dự án điện mặt trời áp mái 5kWp của một hộ gia đình tại Thành phố Thủ Dầu Một, Việt Nam.

2. Cơ sở và phương pháp

Hệ thống điện mặt trời nối lưới ở Việt Nam gồm có các thành phần chính gồm tấm pin mặt trời, inverter, dây điện, kết cấu cơ khí, tủ điện, đồng hồ hai chiều (hình 1). Nếu như lượng điện năng của hệ thống năng lượng mặt trời sản sinh nhiều hơn mức điện năng mà tải yêu cầu thì chủ đầu tư được phép bán phần điện năng dư lên lưới điện

quốc gia thông qua công tơ hai chiều của sở điện lực với giá 8,38 centUS (1,916 VND)/kWh. Trong đó, chất lượng inverter và tấm pin năng lượng mặt trời quyết định lớn đến giá thành và hiệu suất năng lượng của hệ thống.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống điện mặt trời áp mái (Thanh Ba Nguyen, 2021)

2.1. Tính toán, thiết kế

Quy trình thiết kế gồm các bước: 1) Khảo sát công trình: thu thập dữ liệu về vị trí địa lý, mặt bằng, hướng nhà, thông số thời tiết, đồ bóng; 2) Xác định công suất của hệ thống; 3) Lựa chọn inverter, dây dẫn, tủ điện, thiết bị bảo vệ, bảo vệ chống sét....

Vị trí địa lý, thông số thời tiết được mô tả tại bảng 1-2. Phương hướng của công trình được thể hiện như hình 2. Diện tích mái: 130 m². Góc nghiêng của toàn bộ tất cả các mái là 38°.

Bảng 1. Vị trí địa lý và cường độ bức xạ của công trình

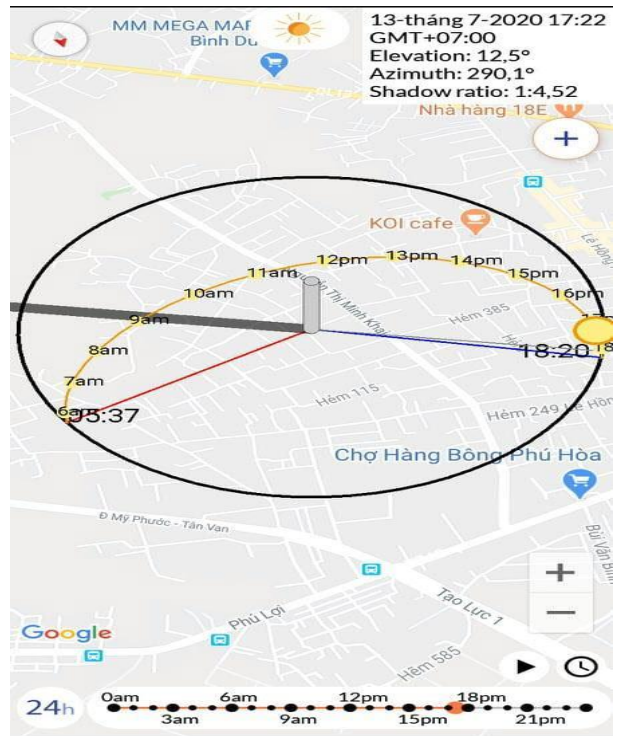
Các chỉ số	Giá trị
Kinh độ	11°00'09"N
Vĩ độ	106°39'19"E
Độ cao	13m
Cường độ bức xạ mặt trời (kWh/ngày/m ²)	1804
Số giờ nắng	4.3 - 4.9

Bảng 2. Cường độ bức xạ mặt trời hàng tháng

Tháng	Horizontal irradiation [kWh/m ²]	Optimal angle irradiation[kWh/m ²]	Direct normal irradiation[kWh/m ²]
1	170.51	188.59	164.22
2	165.57	176.32	140.55
3	194.42	198.63	151.17
4	194.83	191.18	147.99
5	182.48	173.41	142.18
6	173.05	162.11	130.53

7	152.84	145.13	98.2
8	172.2	167.57	116.85
9	150.93	151.39	96.19
10	174.27	182.38	140.37
11	149.18	161.16	120.68
12	138.46	151.55	111.39
Tổng	2018.74	2049.42	1560.32

Lựa chọn tấm pin: Công suất hệ thống là 5kWp, chọn tấm pin 365W, số lượng tấm pin cần lắp đặt là: $N_{PV} = P_{PV, \text{yêu cầu}} / P_{PV, \text{array}} = 5000 / 365 = 13.7$ (tấm). Trong đó: N_{PV} là số lượng tấm pin cần lắp đặt, $P_{PV, \text{yêu cầu}}$ là công suất hệ thống cần lắp đặt, $P_{PV, \text{array}}$ là công suất định mức của mỗi tấm pin. Trong đề tài này tấm pin có số hiệu AE365hM6-72 được chọn, số lượng gồm 14 tấm. Thông số kỹ thuật của tấm pin được mô tả như bảng 3.



Hình 2. Phương hướng của công trình

Bảng 3. Thông số kỹ thuật của tấm pin AE365hM6-72

Thông số	Giá trị tại điều kiện chuẩn (STC)
Model	AE365hM6-72
Manufacturer	AE Solar
Maximum power(Pmax)	365 Wp
Maximum power voltage (Vmp)	39.55 V
Maximum power current	9.23 A
Open circuit voltage(Voc)	47.9 V
Short circuit current (Isc)	9.99 A
Module efficiency STC	18.42%
Operating temperature	-40°C~+85°C
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)
Cell-type	Mono-crystalline

Lựa chọn inverter: Inverter được lựa chọn theo công thức (Thanh Ba Nguyen, 2021): $P_{Inv} \geq P_{PV, \text{yêu cầu}} / 1.2 = 5000 / 1.2 = 4166.6$ (W). Trong đó: P_{Inv} : Công suất định

mức của Inverter (W); P_{PV} , yêu cầu: Tổng công suất tấm pin. Căn cứ vào bảng thông số kỹ thuật của nhà sản xuất Inverter ABB có model ABB UNO-DM-5.0-TL-PLUS-S được chọn. Bảng 4 mô tả chi tiết thông số kỹ thuật của inverter.

Bảng 4. Thông số kỹ thuật của inverter ABB UNO-DM-5.0-TL-PLUS-S

Model	ABB UNO-DM-5.0-TL-PLUS-S
Manufacturer	ABB
Rated Output Power:	5000W
Maximum Power Point (MPP) Voltage:	145V to 530 V
Maximum DC voltage	900V
Input Current Maximum (I_{in}):	38 A
Input Voltage (U_{in}):	90V to 580V
Maximum Input Power DC:	6250 W
Package Level 1 Gross Weight:	18kg
Ambient temperature range	-25 °C to +60 °C
Rated Efficiency (EURO/CEC):	97%
Country of Origin:	Italy (IT)

Kiểm tra tương thích inverter và pin:

Dòng điện tối đa ngõ vào (trên 1 string/inverter) được kiểm tra theo công thức: $I_{MPP} = 9.23A < I_{in} = 38 A$ (thỏa điều kiện). Trong đó, I_{MPP} : dòng điện tại công suất lớn nhất của tấm pin; I_{in} : dòng điện DC lớn nhất ngõ vào DC của inverter.

Điện áp tối đa của hệ thống (trên 1 string/inverter) được kiểm tra theo công thức: $V_{MPPmin} < V_{mpp} \times \text{số lượng tấm pin} < V_{MPPmax}$. Trong đó: V_{MPPmin} : điện áp DC nhỏ nhất mà đầu vào DC của inverter quy định (V), V_{mpp} : điện áp tối đa của tấm pin (V); n : là số lượng tấm pin trên 1 string; V_{MPPmax} : điện áp DC lớn nhất mà đầu vào DC của Inverter quy định (V).

Thay số vào, ta được : $145 < 39.55 * n < 530$. Suy ra: $3.6 < n < 13.4$. Chọn theo số nguyên, ta được: $4 < n < 14$ (tấm pin).

Theo datasheet của Inverter hòa lưới ABB UNO-DM-5.0-TL-PLUS-S thì cấu hình gồm có 2 MPPT, mỗi MPPT có 2 string. Mà trên hệ thống có 14 tấm pin, mà thường thì ta sẽ chọn số pin trên các string là như nhau. Do đó, nên mỗi string ta sẽ chọn: 7 tấm pin.

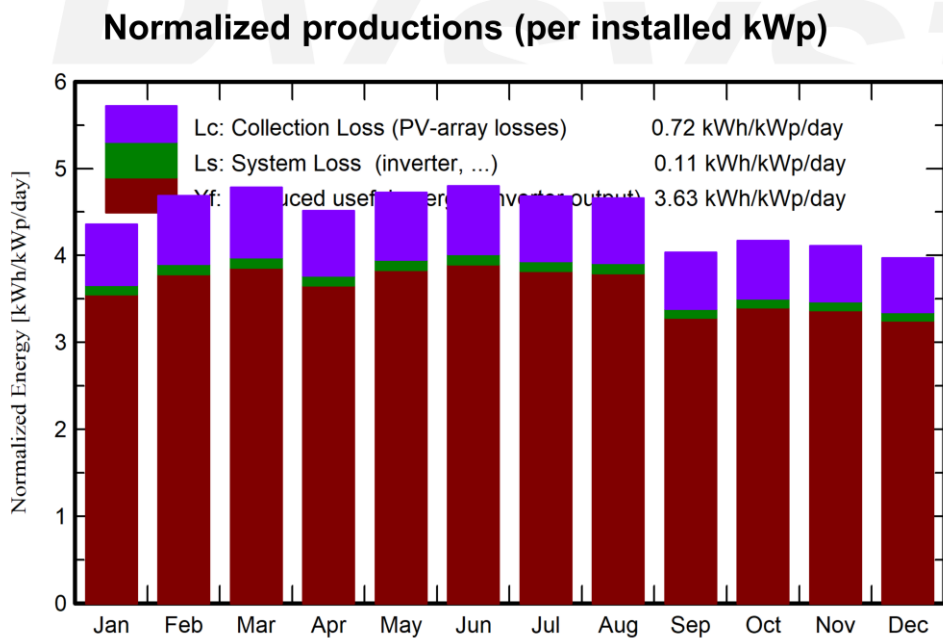
2.2. Mô phỏng với phần mềm PVsyst

Phần mềm Pvsyst được phát triển bởi nhà vật lý Andre Mermoud và kỹ sư điện Michel Villoz người Thụy Sĩ. Các chức năng của phần mềm là tính toán, thiết kế hệ thống năng lượng mặt trời, bao gồm hệ thống điện mặt trời nối lưới, hệ thống điện mặt

trời độc lập, hệ thống bơm năng lượng mặt trời và hệ thống điện năng lượng mặt trời lưới DC. Trong nghiên cứu này, phần mềm PVsyst phiên bản 7.1 được khai thác để đánh giá hiệu suất của hệ thống điện. Dữ liệu thời tiết tích hợp trong phần mềm là meteonorm 7.3.

Quy trình thiết kế, mô phỏng được mô tả như hình 10. Bước đầu tiên là thiết lập các thông số của dự án như vị trí địa lý, thời tiết; bước thứ hai là thiết lập phương, hướng của tấm pin; bước thứ 3 là thiết lập công suất, chọn loại solar module được lắp đặt; bước thứ bốn là chọn inverter; bước thứ năm là sắp xếp các string phù hợp; bước thứ sáu là chạy mô phỏng và bước cuối cùng là xem báo cáo.

3. Kết quả



Hình 3. Các thành phần công suất của hệ thống

Bảng 5 mô tả kết quả các thông số chính của hệ thống được mô phỏng bằng phần mềm PVsyst 7.1. Theo đó, năng lượng sản xuất của hệ thống là 6.77 MWh/năm; năng suất trên kWp là 1324 kWh, hệ số hiệu suất là 81.40%. Đây là những thông số rất khả quan để lắp đặt hệ thống điện mặt trời. Hình 3 mô tả các thành phần công suất của hệ thống. Bảng 6 mô tả thông số thời tiết và năng suất của hệ thống theo tháng.

Bảng 5. Các thông số chính của hệ thống

Produced Energy	6.77 MWh/year
Specific production	1324 kWh/kWp/year
Performance Ratio	81.40 %

Bảng 6. Số liệu thời tiết và sản lượng điện của hệ thống

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	152.2	67.27	26.31	135.1	130.9	0.580	0.563	0.815
February	148.6	63.49	27.11	131.3	127.7	0.559	0.542	0.808
March	166.7	83.51	28.44	148.3	144.7	0.630	0.612	0.807
April	151.8	86.83	29.08	135.4	131.9	0.578	0.561	0.810
May	164.0	89.48	28.50	146.5	142.6	0.626	0.608	0.812
June	161.8	76.95	27.52	143.9	140.0	0.616	0.598	0.813
July	162.7	86.73	27.39	145.0	141.0	0.624	0.606	0.817
August	161.9	82.67	27.28	144.3	140.7	0.620	0.602	0.816
September	136.4	70.52	26.71	121.0	117.8	0.520	0.504	0.815
October	145.0	75.75	26.80	129.2	125.5	0.556	0.539	0.816
November	137.9	70.03	26.33	123.3	119.4	0.533	0.517	0.821
December	138.9	68.82	26.23	123.1	119.0	0.531	0.515	0.819
Year	1827.9	922.05	27.31	1626.4	1581.0	6.972	6.766	0.814

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation

DiffHor Horizontal diffuse irradiation

T_Amb Ambient Temperature

GlobInc Global incident in coll. plane

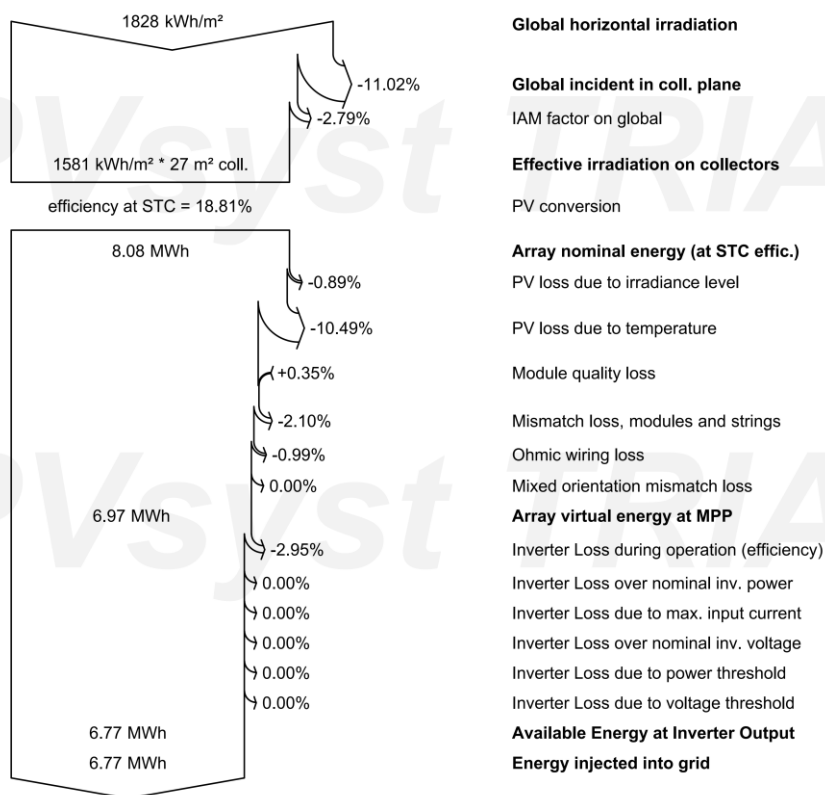
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

EArray Effective energy at the output of the array

E_Grid Energy injected into grid

PR Performance Ratio

Hình 4 mô tả các loại tổn thất của hệ thống, theo đó tổn thất do nhiệt chiếm tỷ lệ cao nhất 10.49%, vì điều kiện khí hậu ở khu vực phía nam Việt Nam cao hơn so với điều kiện chuẩn 25°C. Các tổn thất khác không đáng kể.



Hình 4. Biểu đồ tổn thất của hệ thống

4. Kết luận

Bài báo này đã đánh giá hiệu suất của hệ thống điện mặt trời áp mái nối lưới hộ gia đình 5kWp dựa trên mô phỏng. Nghiên cứu đã trình bày kết quả mô phỏng từ phần mềm PVsyst. Từ nghiên cứu này, những kết luận thu được sau đây từ phần mềm PVsyst chứng minh cho tính khả thi của hệ thống với vị trí thiết kế cụ thể: điện năng thu được trung bình năm 6.77MWh, điện năng thu được trên kWp là 1324kWh, hệ số hiệu suất hệ thống là 81.4%. Đề tài giúp đánh giá tiềm năng kỹ thuật cho dự án điện mặt trời áp mái tại Thủ Dầu Một. Việc lắp đặt điện mặt trời áp mái cho hộ gia đình tại Thành phố Thủ Dầu Một, Việt Nam hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu về kỹ thuật.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bataineh, K., & Alrabee, A. (2018). Improving the energy efficiency of the residential buildings in Jordan. *Buildings*, 8(7), 85.
- [2] Bouzguenda, M., Shwehdi, M. H., Mohamedi, R., & Aldoghan, Q. M. (2019, April). Performance of the 10-kW KFU Grid Connected Solar Photovoltaic Station9 Al Hasa9 KSA. In 2019 IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS), 1-4. IEEE.
- [3] Karki, P., Adhikary, B., & Sherpa, K. (2012, September). Comparative study of grid-tied photovoltaic (PV) system in Kathmandu and Berlin using PVsyst. In 2012 IEEE Third International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET), 196-199. IEEE.
- [4] Kumar, N. M., Kumar, M. R., Rejoice, P. R., & Mathew, M. (2017). Performance analysis of 100 kWp grid connected Si-poly photovoltaic system using PVsyst simulation tool. *Energy Procedia*, 117, 180-189.
- [5] la Cruz-Lovera, D., Perea-Moreno, A. J., la Cruz-Fernández, D., Alvarez-Bermejo, J. A., & Manzano-Agugliaro, F. (2017). Worldwide research on energy efficiency and sustainability in public buildings. *Sustainability*, 9(8), 1294.
- [6] Sharma, R., & Gidwani, L. (2017, April). Grid connected solar PV system design and calculation by using PV* SOL premium simulation tool for campus hostels of RTU Kota. In 2017 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), 1-5. IEEE.
- [7] Thanh Ba Nguyen, Phuong Hoang Van (2021). Design, Simulation and Economic Analysis of A Rooftop Solar PV System in Vietnam. *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*.
- [8] Thủ Tướng Chính Phủ (2015). *Phê duyệt chiến lược phát triển năng lượng tái tạo của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050*. Quyết định số 2068-QĐ-TTg, ngày 25/11/2015.
- [9] Thủ Tướng Chính Phủ (2020). *Về cơ chế khuyến khích phát triển điện mặt trời tại Việt Nam*. Quyết định số 13/2020/QĐ-TTg, ngày 6/4/2020.
- [10] Yadav, P., Kumar, N., & Chandel, S. S. (2015, April). Simulation and performance analysis of a 1kWp photovoltaic system using PVsyst. In 2015 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC), 0358-0363. IEEE.