

XÂY DỰNG MÔ HÌNH DỰ BÁO TÌNH TRẠNG BỤI TRÊN BỀ MẶT TẮM PIN QUANG ĐIỆN DỰA TRÊN SỐ LIỆU VẬN HÀNH

*Trần Thị Huyền Trang**, *Bùi Đức Thuận†*, *Nguyễn Văn Đức‡*,
Tăng Thị Thúy Liên§, *Nguyễn Quang Minh¶*, *Đỗ Phương Nhung***

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 02/12/2022

Ngày nhận kết quả phản biện đánh giá: 05/06/2023

Ngày bài báo được duyệt đăng: 27/06/2023

DOI: 10.59266/houjs.2023.276

Tóm tắt: Nghiên cứu này chỉ ra được độ suy giảm hiệu suất của tấm pin năng lượng mặt trời thông qua việc xử lý dữ liệu, phân tích và tính toán từ bộ số thực tế thu được tại Dự án điện mặt trời áp mái Nhà máy sữa Đà Nẵng. Trong quá trình vận hành hệ thống, chất lượng bề mặt tấm pin là yếu tố quyết định lượng quang năng thu được, từ đó tác động đến hiệu suất chung. Hiệu suất suy giảm không chỉ nằm ở lý do kỹ thuật mà còn bởi các nguyên nhân khác như nhiệt độ, góc nghiêng, góc phương vị, cường độ bức xạ, bụi bẩn, bóng râm, ... Nghiên cứu tập trung về ảnh hưởng của bụi bẩn tích tụ trên bề mặt tấm pin tới sản lượng đầu ra. Sử dụng phương pháp Hồi quy tuyến tính, bài báo chỉ ra thực trạng hiệu suất tấm pin liên tục suy giảm, về lâu dài sẽ gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến lợi nhuận kinh tế của doanh nghiệp. Chính vì vậy, chúng tôi đã phân tích và chỉ ra những thời điểm tấm pin năng lượng mặt trời cần được rửa, lau chùi, bảo trì, bảo dưỡng hệ thống PV để phục hồi một cách đáng kể hiệu suất chuyển đổi năng lượng của chúng. Như vậy, đây là một nghiên cứu quan trọng, cấp thiết, kết quả mang tính thực tế cao: tuổi thọ thiết bị điện được đảm bảo, hiệu suất được phục hồi đáng kể, hiệu quả kinh tế được nâng cao.

Từ khóa: Tấm pin năng lượng mặt trời, Hồi quy tuyến tính, hệ thống Photovoltaic

* Học viện Chính sách và Phát triển

† Khoa Điện, Trường Điện – Điện tử, Đại học Bách Khoa Hà Nội

‡ Khoa Điện, Trường Điện – Điện tử, Đại học Bách Khoa Hà Nội

§ Khoa Điện, Trường Điện – Điện tử, Đại học Bách Khoa Hà Nội

¶ Khoa Điện, Trường Điện – Điện tử, Đại học Bách Khoa Hà Nội

** Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Mở Hà Nội

I. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh nhu cầu năng lượng ngày càng tăng và các nguồn nhiên liệu hóa thạch như than đá, dầu mỏ, ... đang dần cạn kiệt, năng lượng tái tạo (Renewable energy – RE) đã và đang được ứng dụng, nghiên cứu và phát triển khắp mọi nơi trên thế giới. Trong số đó năng lượng mặt trời (Photovoltaic – PV) là một trong những nguồn năng lượng tái tạo được nghiên cứu và phát triển mạnh, rộng rãi nhất. Hiện nay ở Việt Nam do chính sách thúc đẩy điện năng lượng tái tạo của Chính phủ đề ra dẫn đến sự bùng nổ các dự án điện mặt trời với hơn 82 trang trại điện mặt trời được xây dựng và hòa lưới điện quốc gia. Do mô hình năng lượng tái tạo xuất hiện khá mới ở Việt Nam, nên việc vận hành, bảo trì và bảo dưỡng chưa được tối ưu. Trong quá trình vận hành hệ thống, chất lượng bề mặt tấm pin là yếu tố quyết định lượng quang năng thu được, từ đó tác động đến hiệu suất chung, mà nguyên nhân khách quan khiến sản lượng tấm pin năng lượng mặt trời giảm nhanh nhất chính là do bụi bẩn tích tụ trên bề mặt các mô-đun quang điện có xu hướng hình thành các cụm dưới ảnh hưởng của lượng mưa [1]. Theo quyết định số 500 của Thủ tướng về phê duyệt quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 (quy hoạch điện 8). Mục tiêu là hướng tới đạt tỉ lệ năng lượng tái tạo 47% theo cam kết về chuyển đổi năng lượng công bằng với Việt Nam (JETP). Định hướng đến năm 2050, tỉ lệ năng lượng tái tạo lên đến 67,5 - 71,5%. Bên cạnh đó, Việt Nam phấn đấu đến năm 2030 có 50% các tòa nhà công sở và 50% nhà dân sử dụng điện mặt trời mái nhà tự sản, tự tiêu (phục vụ tiêu thụ tại chỗ, không bán điện vào hệ thống điện quốc gia).

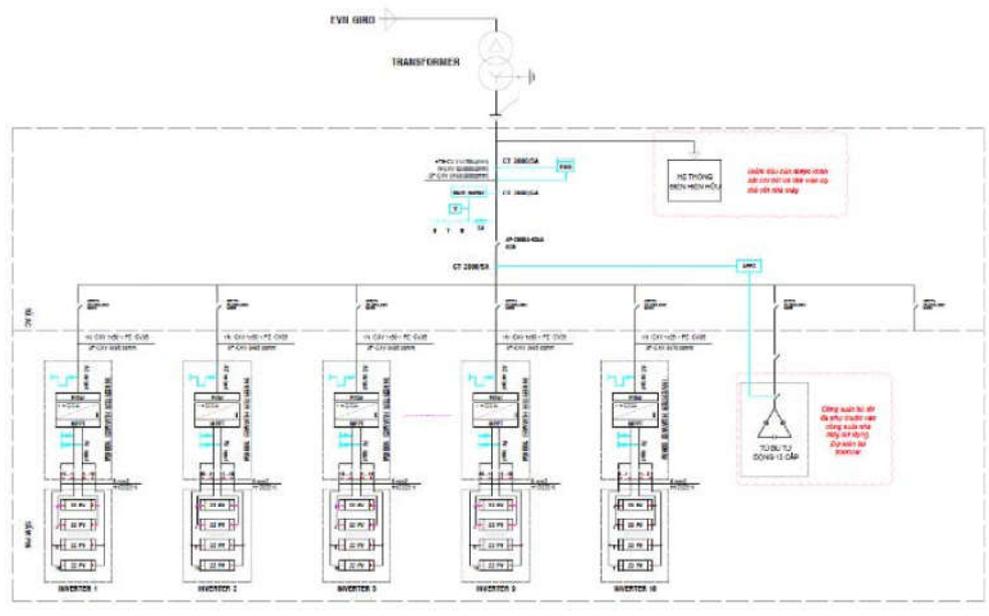
Thông thường sẽ có hai quy trình vận hành và bảo trì. Thứ nhất, việc vận hành và bảo trì sẽ được làm theo chu kỳ hoặc theo cảm nhận khách quan của người vận hành. Quy trình này gặp phải nhược điểm là khi có sự cố phát sinh bất ngờ không được phát hiện và khắc phục một cách kịp thời, nhanh chóng nhất, ví dụ bụi bám dày đặc thì sẽ gây hao phí về mặt hiệu năng. Thứ hai, việc vận hành và bảo trì được thực hiện và giám sát bởi một hoặc một nhóm nhân viên kỹ thuật liên tục tại khu vực. Điều này đảm bảo được sự linh hoạt, nhanh chóng khi giải quyết các sự cố phát sinh nhưng chi phí duy trì đội ngũ sẽ lớn. Do đó, nhu cầu sử dụng các công cụ tính toán để nhận diện đặc tính của hệ thống pin mặt trời trong quá trình sử dụng là hết sức cấp thiết để giúp cho việc tối ưu kế hoạch bảo trì.

Nghiên cứu này sẽ tối ưu hai phương án trên: vận hành, bảo dưỡng, theo dõi và dự đoán chính xác được những vấn đề phát sinh nhằm giảm thiểu chi phí nhân công và đảm bảo tính linh hoạt, nhanh chóng.

II. Phương pháp nghiên cứu

Để nghiên cứu hiệu suất của tấm pin năng lượng mặt trời, một vài nghiên cứu đã sử dụng mô phỏng chi tiết tế bào quang điện và mô-đun [2] để tiến hành lập mô hình PV trong môi trường Matlab Simulink [3] nghiên cứu khác lại tạo ra một cuộc khảo sát 30 ngày với bụi bẩn và cường độ ánh sáng mặt trời được tính toán và thiết đặt từ trước [3]. Đó đều là những nghiên cứu đi trước dựa trên cơ sở lý thuyết về tấm quang điện cũng như những giả thiết được tạo ra trong thí nghiệm. Ở bài báo này, chúng tôi trực tiếp nghiên cứu từ bộ số liệu từ một dự án thực tế đã và đang đưa vào vận hành.

2.1. Hệ thống pin năng lượng mặt trời

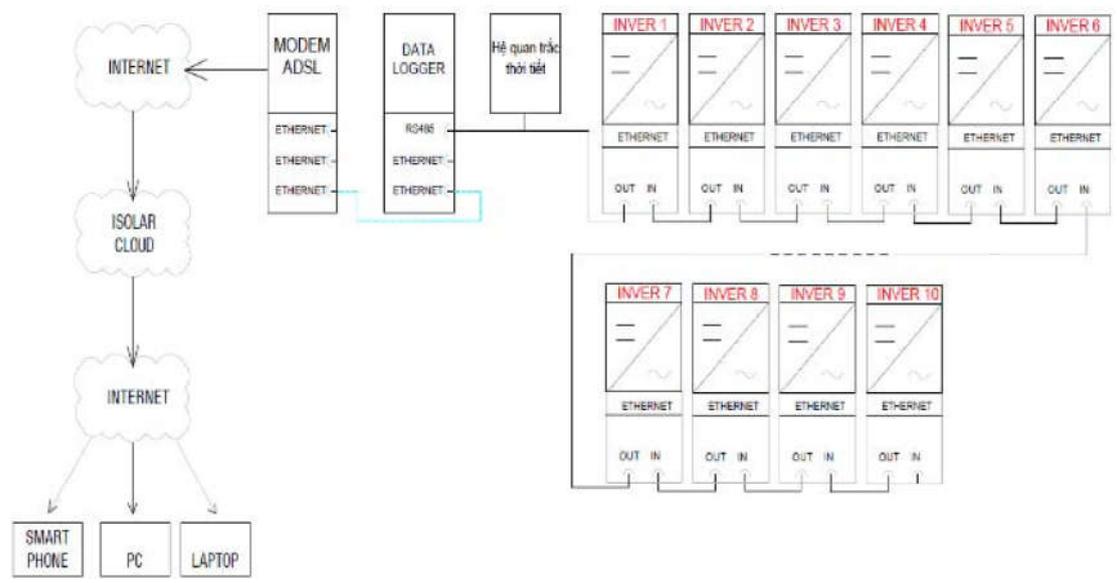


Hình 1: Sơ đồ nguyên lý hệ thống điện mặt trời áp mái Nhà máy sữa Đà Nẵng

Tổng công suất lắp đặt của dự án là 1249.6 KWP. Hệ thống thiết kế bao gồm 2118 tấm pin Risen 590 Wp, chia thành 96 String và được điều khiển bởi 10 Inverter Huawei (trong đó 9 Inverter công suất 100 kW, 1 Inverter công suất 60 kW). Với mục đích chỉ phát điện cho phía tải của nhà máy, các biến tần được kết nối và cài đặt điều khiển Zero

Export để chống phát điện ngược lên lưới (EVN GRID).

Toàn bộ hệ thống điện mặt trời đều được theo dõi liên tục, thông tin trả về được cập nhật 5 phút 1 lần và được truyền trực tiếp tới tay người quản lý thông qua Hệ thống giám sát có kết nối Internet nhằm mục đích thu thập dữ liệu công suất đầu ra của PV và dữ liệu khí tượng xung quanh.



Hình 2: Sơ đồ nguyên lý hệ thống giám sát

Hệ thống chủ yếu bao gồm một PC (trung tâm điều khiển), một thiết bị đầu cuối điều khiển từ xa (RTU), thiết bị thu thập dữ liệu điện và thiết bị thu thập thông số thời tiết. Mỗi bộ biến tần (INVERTER) làm nhiệm vụ thu thập tín hiệu về tổng sản lượng điện đầu vào; hiệu suất chuyển đổi tấm pin; dòng điện, điện áp tại 20 đầu đầu nối (PV1 – PV20) và chỉ ra 10 đầu MPPT có năng lượng điện một chiều (DC) là lớn nhất... Hệ thống thu thập dữ liệu thời tiết chủ yếu thu thập bức xạ ánh sáng mặt trời (Irradiance), nhiệt độ môi trường (T_a) và nhiệt độ của tấm pin PV (T_{cell}). Sau đó tất cả dữ liệu đều được đẩy lên bộ lưu trữ hệ

thống hoặc lưu trữ đám mây để người vận hành có thể thu thập và xử lý góp phần quan trọng trong đánh giá chính xác tình trạng tấm pin năng lượng mặt trời.

2.2. Xác định các chỉ số liên quan

Đáp ứng được nhu cầu của người sử dụng, hệ thống giám sát năng lượng thu thập được số lượng lớn dữ liệu (lên đến trên 80 trường). Để phục vụ mục đích nghiên cứu, chúng tôi đã chắt lọc và lựa chọn những thông số cần thiết cho việc đánh giá tình trạng bụi bẩn dựa trên đánh giá độ suy giảm hiệu suất tấm pin. Các trường dữ liệu này đều xuất phát từ cơ sở dữ liệu của inverter và trạm quan trắc thời tiết.

Bảng 1: Dữ liệu đầu vào mẫu

Datetime	Irradiance	Ambient temperature (°C)	PV Temperature (°C)	Total input power (kW)
2022-03-03 14:10:00	280.6	25.1	32.1	11.549
2022-03-03 14:15:00	271	25	31.1	32.696
2022-03-03 14:20:00	277.3	24.7	31	33.317
2022-03-03 14:25:00	195.8	24.6	29.6	23.928
2022-03-03 14:30:00	180.8	24.7	29.2	0
2022-03-03 14:35:00	199.8	24.7	29.5	24.593
2022-03-03 14:40:00	209.2	24.4	29.1	26.033
2022-03-03 14:45:00	207	24.5	29.3	25.262
2022-03-03 14:50:00	148.7	24.4	28.4	17.835
2022-03-03 14:55:00	119.2	24.2	27.4	14.281
2022-03-03 15:00:00	112.5	24.2	27.1	13.434
2022-03-03 15:05:00	111.6	24.3	27.1	13.343
2022-03-03 15:10:00	116.5	23.9	26.9	14.104

Mặc dù hiện nay trên thị trường điện mặt trời xuất hiện rất nhiều loại hệ thống giám sát năng lượng, dữ liệu trả về giữa các loại khác nhau có sự khác biệt. Tuy nhiên, để đánh giá được chất lượng tấm pin một cách chính xác nhất thì các chỉ số nêu trên là hoàn toàn quan trọng và cần thiết. Do vậy phương án chúng tôi đưa ra có thể áp dụng cho hầu hết các loại hệ thống giám sát năng lượng mặt trời nói chung.

2.3. Mô hình toán học

2.3.1. Công thức

Để ước tính công suất đầu ra của hệ thống PV, ngoài cường độ bức xạ mặt trời thì nhiệt độ môi trường xung quanh cũng cần được xem xét một cách kỹ lưỡng. Với loại pin RSM120-8-605M được sử dụng, tại điều kiện tiêu chuẩn với cường độ bức xạ $S_m = 1000 \text{ W/m}^2$, nhiệt độ tấm pin $T_{cell} = 25^\circ\text{C}$ thì công suất định mức $P_{dm} = 605 \text{ Wp}$

Đối với nhiệt độ môi trường T_a khác, có thể ước tính công suất đầu ra của tấm pin quang điện P_m bằng cách sử dụng công thức dưới đây [4]

Với T_{cell} là nhiệt độ tấm pin PV:

$$T_{cell} = T_a + \frac{S_m}{800} (T_{NOCT} - 20) \quad (1)$$

Trong đó:

T_a là nhiệt độ môi trường xung quanh - Ambient temperature ($^\circ\text{C}$)

S_m là cường độ bức xạ mặt trời – Irradiance (W/m^2)

Với P_m là công suất đầu ra tấm pin:

$$P_m = \frac{P_r \cdot S_m}{1000} \cdot [1 - \lambda \cdot (T_{cell} - 25)], \text{ deg} \quad (2)$$

Trong đó:

P_r là công suất tiêu chuẩn

λ là hệ số nhiệt độ công suất

Deg là hệ số suy giảm hiệu suất tấm pin

Sau khi có thông số về sản lượng điện đầu ra, thiết lập hiệu suất vận hành của tấm pin:

$$n = \frac{\text{Công suất đầu ra thực tế}}{\text{Công suất đầu ra theo tính toán}} * 100 \\ = \frac{P_{tt}}{P_m} * 100\% \quad (3)$$

2.3.2. Công cụ sử dụng

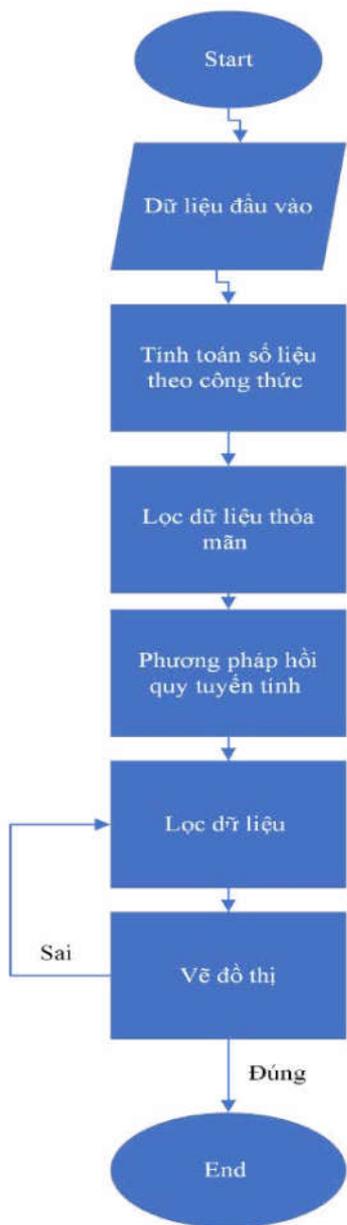
Trong phần này, mục tiêu của chúng tôi là sử dụng ngôn ngữ lập trình Python và các thuật toán để xử lý bộ dữ liệu (như hồi quy tuyến tính, ...) để đưa ra các đồ thị về lượng bức xạ và hiệu suất thu được. Từ các bộ dữ liệu đã được xử lý và đồ thị được đưa ra, quan sát và nắm bắt rõ hơn được thực trạng hoạt động của hệ thống pin năng lượng mặt trời từ đó đưa ra được thời điểm để có thể bảo trì, tối ưu hóa hoạt động của hệ thống.

Xem xét tổng quan bộ dữ liệu thu được từ inverter, thiết kế và mục đích sử dụng của trang trại điện mặt trời chúng tôi đưa ra hai nhận xét sơ bộ. Thứ nhất, do nhu cầu của trang trại điện chỉ là cung cấp cho tải nội bộ, không đẩy điện thừa lên trên lưới điện quốc gia, nên việc tiêu thụ của inverter là 100% theo nhu cầu của tải. Thứ hai, inverter có các trạng thái khác nhau nên việc nghiên cứu trạng thái báo lại của inverter là việc cần phải nghiên cứu kỹ càng. Do vậy chúng tôi đã khảo sát dữ liệu của các inverter như trong lưu đồ thuật toán biểu diễn trong Hình 3:

Từ đó kết luận ra các trạng thái có tần suất giá trị (>0) xuất hiện $\geq 90\%$ như Hình 4

Đầu tiên, lấy những dữ liệu có trạng thái “Grid connected”. Các giá trị cần quan tâm ở đây là ‘Total input power(kW)’, ‘Ambient temperature(°C)’, ‘Irradiance(W/m²)’ lần lượt là tổng công suất đầu vào inverter nhiệt độ môi trường và lượng bức xạ thu được.

Bước tiếp theo là tính toán nhiệt độ tấm pin, công suất đầu ra tấm pin và hiệu suất theo công thức đã nêu ở trên.



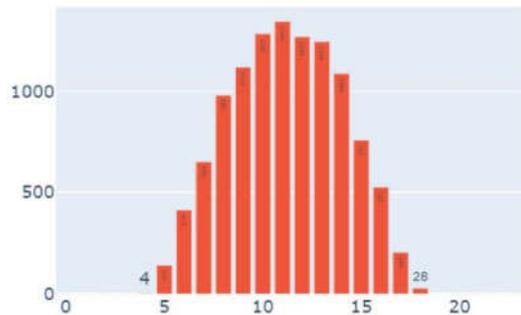
Hình 3: Lưu đồ thuật toán của chương trình xử lý số liệu vận hành cho inverter

```

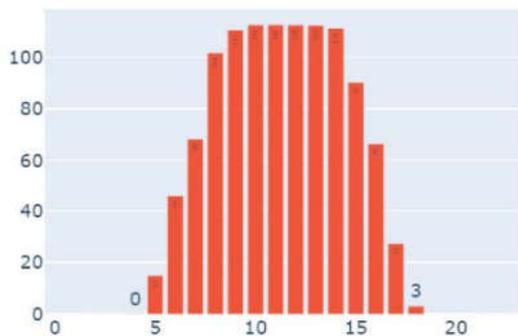
Số lượng mỗi trạng thái của inverter 4:
Grid connected                24089
OFF : unexpected shutdown     1600
Standby : initialization      537
Standby : sunlight detection   396
Grid connected : power limited 264
Standby : no sunlight         167
Standby : insulation resistance detection 23
Communication interrupted     5
Starting                      2
Name: Inverter status, dtype: int64
Tần số xuất hiện của từng trạng thái có Total Input power >0:
Grid connected                24006
Grid connected : power limited 252
Standby : sunlight detection   9
Communication interrupted     4
Standby : insulation resistance detection 4
Starting                      2
Name: Inverter status, dtype: int64
  
```

Hình 4: Khảo sát trạng thái của inverter 4

Từ số liệu tính toán được vẽ đồ thị biểu diễn lượng bức xạ thu được và đồ thị biểu diễn sản lượng điện trung bình theo giờ:



Hình 5: Biểu đồ cường độ nắng và sự thay đổi theo điều kiện thời tiết điển hình trong khu vực



Hình 6: Đồ thị biểu diễn sản lượng điện thu được

Dựa vào hai đồ thị biểu diễn trên, nhận thấy những mốc thời gian có lượng

bức xạ dưới $300\text{W}/\text{m}^2$ không đảm bảo đủ điều kiện để phát điện

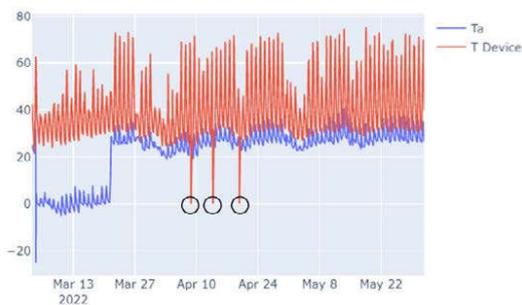
Lọc lấy những thời điểm có lượng bức xạ trung bình theo giờ đạt trên $300\text{W}/\text{m}^2$, ‘Total input power’ lớn hơn 80kW và ‘Ambient temperature’ lớn hơn 6°C . (bổ sung sau)

Tiếp theo thử vẽ đường giá trị hiệu suất trung bình cao nhất theo từng khung giờ và ‘Total input power’ để quan sát sự suy giảm của hiệu suất tấm pin nhưng còn biến động khá nhiều và chưa thể nhìn rõ được xu hướng của đồ thị. Giải pháp ở đây là sử dụng một đường tuyến tính trên cơ sở dữ liệu đã tính toán được theo phương pháp Hồi quy tuyến tính

Vậy bộ dữ liệu ban đầu đã được xử lí, số liệu đã được cụ thể hóa thu được đồ thị như ở phần 4. Kết quả thể hiện rõ xu hướng suy giảm của hiệu suất tấm pin.

III. Kết quả và thảo luận

Cường độ bức xạ tăng cao làm nhiệt độ môi trường xung quanh cũng không ngừng tăng lên đồng nghĩa hiệu suất làm việc của inverter được tăng lên, kéo theo nhiệt độ thiết bị cũng tăng cao. Như vậy, nhiệt độ môi trường xung quanh và nhiệt độ thiết bị do inverter thu được có mối quan hệ tương đồng.



Hình 7: Nhiệt độ của môi trường (T_a) và nhiệt độ bên trong inverter (T_{Device})

Hình 7 thể hiện rõ nét mức độ tương quan của 2 đồ thị nêu trên. Xét thấy, ở giai

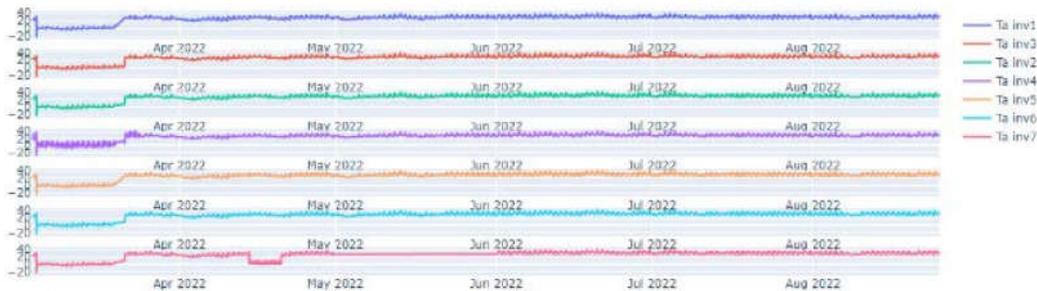
đoạn đầu tiên, độ sai lệch về hình dáng đồ thị là quá lớn, chứng tỏ tại thời điểm mới hoạt động, nhà máy còn gặp nhiều bất cập trong vận hành dẫn tới xảy ra sai sót, độ tin cậy của thiết bị tại thời điểm này là chưa cao.

Trong trường hợp có sự cố bất ngờ, giá trị đột ngột giảm về “0” hoặc tăng giảm với biên độ lớn mà không giữ được mối quan hệ tương đồng với nhau được coi là những thời điểm lỗi. Nguyên nhân chủ yếu gây ra hiện tượng này là do những yếu tố khách quan như mây che hoặc đơn giản là có mưa cục bộ tại vị trí ghi nhận của trạm quan trắc thời tiết. Dữ liệu tại thời điểm đó sẽ được bỏ qua hoặc được thay thế bằng những dữ liệu được lấy mẫu từ thời điểm khác có cùng chu kỳ. Đặc biệt khi bộ dữ liệu quá ít hoặc không đủ dữ kiện để kết luận xem trường hợp đó có phải là lỗi khách quan hay không ta có thể xem lịch sử lỗi của trạm quan trắc thời tiết tại điểm đó để có kết luận rõ ràng hơn.

Ngược lại, với 4 thời điểm giá trị được thể hiện trên đồ thị Hình 8, đây là những thời điểm inverter gặp sự cố cần được đưa vào bảo trì, sửa chữa ngay lập tức, tránh ảnh hưởng tới hiệu suất chuyển đổi DC/AC inverter.

Ngoài ra, trên cơ sở làm việc trong cùng môi trường, điều kiện thời tiết, nhiệt độ mà 7 inverter đo được phải là như nhau (có sai số không đáng kể).

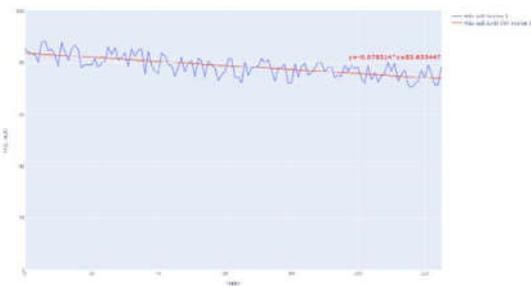
Hình 8 thể hiện rõ nhiệt độ của bảy (07) inverter đo được sau 5 tháng hoạt động, các đồ thị có tính chất xếp chồng và tương đồng với nhau chứng tỏ inverter đang hoạt động ổn định. Tuy nhiên tại thời điểm mới vận hành, dao động và không cùng chu kỳ so với các khung thời gian sau đó cho thấy công tác vận hành hệ thống đang trong giai đoạn hiệu chỉnh làm quen với thiết bị. Điều chỉnh đầu nối hệ thống để các điểm đo được chính xác hơn.



Hình 8: Nhiệt độ của môi trường của từng inverter

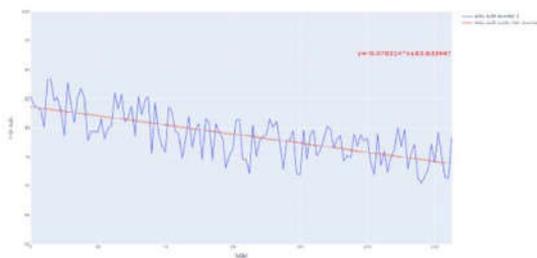
Sau khi đi vào vận hành ổn định khi gặp sự cố nhiệt độ của các inverter cũng được thể hiện khá dễ nhìn thấy như ở trên hình. Vào khoảng thời gian từ giữa tháng 4 đến tháng 5 theo như ghi nhận inverter số 7 bị lỗi không hoạt động nên nhiệt độ ghi được chỉ ở dừng ở mức nhiệt độ khởi động của thiết bị.

cho thấy sự thiếu chính xác trong phương pháp xử lý số liệu.



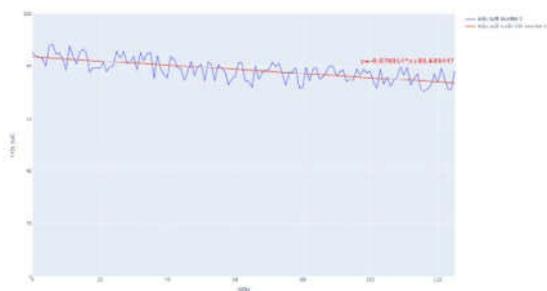
Hình 9: Hiệu suất của inverter số 3

Qua Hình 10 ta thấy đồ thị vẫn có sự lên xuống không xác định, điều này



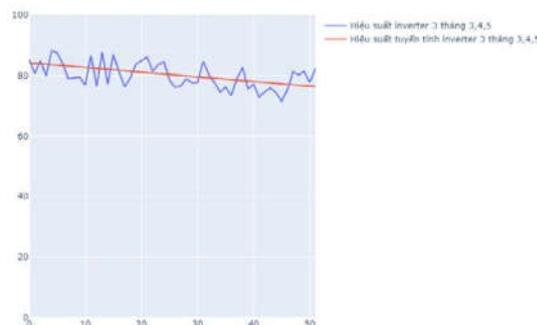
Hình 10: Hiệu suất inverter số 3 cận cảnh

Hình 9 là kết quả biểu diễn đường hiệu suất và hiệu suất tuyến tính của các tấm pin được nối với inverter số 3 của nhà máy (các inverter khác cho kết quả tương tự). Từ đường tuyến tính có thể thấy mỗi ngày hiệu suất giảm 0.08%. Tuy nhiên, đồ thị cũng cho thấy nửa đầu có độ dốc lớn hơn nửa sau.

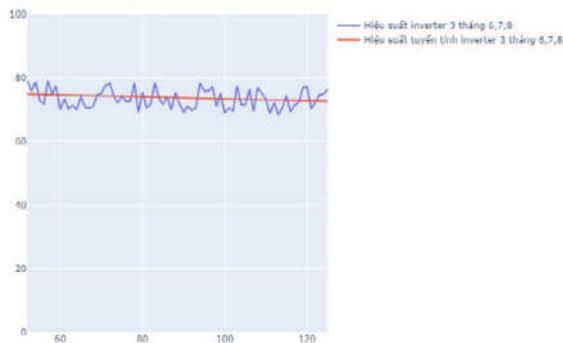


Hình 11: Hiệu suất của inverter 3 tháng 3, 4, 5

Hình 11 biểu diễn hiệu suất của tháng 3, 4, 5 (nửa đầu) có đường hiệu suất tuyến tính dốc hơn, mỗi ngày hiệu suất giảm 0.15%.



Trong khi đó, Hình 12 biểu diễn hiệu suất tháng 6,7,8 (nửa sau) có đường hiệu suất giảm rất ít, mỗi ngày hiệu suất giảm 0.03%. Điều này xảy ra có 3 khả năng.



Hình 12: Hiệu suất của inverter 3 tháng 6,7,8

Khả năng thứ nhất: do ở nửa đầu, nhà máy mới được đưa vào hoạt động nên hệ thống hoạt động chưa ổn định.

Khả năng thứ hai: do điều kiện thời tiết Ví dụ: thời tiết ở Đà Nẵng tháng 3,4,5 thường hanh khô, nhiều bụi hơn. Trong khi vào tháng 6,7,8 trời thường xuyên có mưa làm trôi đi lớp bụi.

Khả năng thứ ba: Do điều kiện ngoại cảnh: có thể vào tháng 3,4,5 lúc nhà máy bắt đầu được đưa vào hoạt động ở xung quanh nhà máy có nhiều công trường đang tiếp tục thi công dẫn đến nhiều bụi.

IV. Kết luận

Từ bộ dữ liệu mẫu có thể đưa ra được nhận xét tổng quan rằng sự tích tụ bụi có tác động đáng kể đến độ sụt giảm của hiệu suất tấm pin sau 1 khoảng thời gian đưa vào sử dụng.

Theo như thông số của nhà sản xuất, mỗi năm tấm pin sẽ mất đi 1% hiệu suất hay độ suy giảm hiệu suất trung bình 0,08% trên 1 tháng. Trên thực tế, Mặc dù mưa có thể làm sạch một lượng bụi bẩn tương đối trên bề mặt các mô đun PV, làm tăng tạm thời công suất đầu ra của các mô đun PV nhưng không thể làm sạch hoàn toàn bề mặt pin cũng như tối ưu hóa được hiệu suất như thông số hiệu suất định mức mà nhà sản xuất đã nêu.

Thêm vào đó, để đưa ra được kế hoạch bảo trì (làm sạch bề mặt tấm pin) hợp lý cũng như đơn giản hóa quá trình phân tích dữ liệu thì cần phải có bộ dữ liệu với quy mô lớn hơn. Với bộ dữ liệu lớn hơn thì độ tin cậy của số liệu sau khi xử lý sẽ cao hơn từ đó có thể cụ thể hóa được thời điểm hay kế hoạch bảo trì đối với hệ thống pin năng lượng mặt trời.

Như vậy, bài báo này là tiền đề cho định hướng tối ưu công suất hệ thống pin năng lượng mặt trời, cụ thể là trên phương diện làm sạch bề mặt mô-đun quang điện. Kết hợp kết quả của bài báo này cùng những phương pháp làm sạch bề mặt tấm pin đã có như sử dụng máy bay

Tài liệu tham khảo:

- [1] .W. B. T. Bing Guo, “Effect of dust and weather conditions on photovoltaic performance in Doha, Qatar,” 2019.
- [2] .A. C. Alvaro Marucci, “Dynamic photovoltaic greenhouse: Energy efficiency in clear sky conditions,” 2016.
- [3] .J. D. O. I. R. S. H. T. M. Z. G. Z. Yuan Gao, “Modeling and analyses of energy performances of photovoltaic greenhouses,” 2018.
- [4] .P. M. G.R. Chandra Mouli, *System design for a solar powered electric vehicle charging station for workplaces*, 2016.
- [5] .A. S. Trupti G.Patil, *Comparative Analysis of Calculation of Solar Panel Efficiency Degradation*, 2017.

BUILDING A MODEL FOR FORECASTING DUST SITUATION ON SURFACE BATTERY SOLAR PANELS BASED ON OPERATION DATA

*Tran Thi Huyen Trang^{††}, Bui Duc Thuan^{‡‡}, Nguyen Van Duc^{§§},
Tang Thi Thuy Lien^{¶¶}, Nguyen Quang Minh^{***}, Do Phuong Nhung^{†††}*
Email: dpnhung@hou.edu.vn

***Abstract:** This his study shows the efficiency degradation of solar panels through data processing, analysis and calculation from the numbers obtained at the Rooftop Solar Power Project. Da Nang milk machine. During system operation, the surface quality of the panel is a decisive factor in the amount of light received, thereby affecting the overall performance. Performance degradation is not only due to technical reasons but also other causes such as temperature, inclination angle, azimuth, radiation intensity, dust, shade, etc. The study focuses on the influence of Dirt accumulating on the surface of the panels on the output. Using the Linear Regression method, the article shows that the efficiency of panels is continuously declining, which will seriously affect the economic profits of enterprises in the long run. Therefore, we have analyzed and shown the times when solar panels need to be washed, cleaned, maintained, and serviced to the PV system to restore the energy conversion efficiency of the PV system significantly. Thus, this is an important and urgent study with efficient results: the life of electrical equipment is guaranteed, the efficiency is restored substantially, and the economic efficiency is improved.*

***Keywords:** Solar panels, Linear regression, PV system*

^{††} Academy of Policy and Development

^{‡‡} School of Electrical and Electronic Engineering, Hanoi University of Science and Technology

^{§§} School of Electrical and Electronic Engineering, Hanoi University of Science and Technology

^{¶¶} School of Electrical and Electronic Engineering, Hanoi University of Science and Technology

^{***} School of Electrical and Electronic Engineering, Hanoi University of Science and Technology

^{†††} Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Hanoi Open University