Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ – Khoa học Tự nhiên, 5(3):1482-1499

Open Access Full Text Article

Bài nghiên cứu

Hệ thống giám sát điện mặt trời dựa trên công nghệ Internet of Things (IoT)

Nguyễn Phước Hoàng Khang[1,2,*], Nguyễn Chí Nhân[1,2]

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

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày việc thiết kế hệ thống giám sát điện mặt trời dựa trên công nghệ Internet vạn vật (Internet of Things - IoT). Hệ thống sẽ thu thập các đặc tính điện của hệ thống năng lượng mặt trời (NLMT) như: dòng điện, điện áp và công suất ở điện một chiều (DC) và điện xoay chiều AC), sau đó truyền lên máy chủ thông qua module giám sát. Máy chủ bao gồm hệ cơ sở dữ liệu để lưu trữ các thông số cần thiết và các thuật toán chức năng hỗ trợ việc giao tiếp dữ liệu giữa máy chủ với module giám sát và với ứng dụng trên điện thoại di động. Ứng dụng di động được thiết kế với các chức năng như: đăng ký, đăng nhập, hiển thị và vẽ biểu đồ các thông số NLMT thu thập được. Hệ thống được kiểm tra hoạt động liên lục trong các ngày từ 8/12/2020 đến 12/12/2020 và thu thập công suất của dàn pin quang điện tạo ra (công suất thực tế - P). Bên cạnh đó, hoạt động của hệ thống được đánh giá thông qua việc so sánh công suất thực tế (P) với công suất tính toán (Pmax) tại cùng một thời điểm bằng công cụ MATLAB. Tỉ lệ trung bình giữa công suất thực tế và công suất tính toán cao nhất là 0,8 trong khoảng thời gian từ 6 giờ đến 10 giờ và tỉ lệ P/Pmax trung bình chỉ đạt khoảng 0,58 trong bộ dữ liệu được kiểm tra. Ngoài ra tại thời điểm từ 14 giờ đến 17 giờ trong các ngày khảo sát, tỉ lệ P/Pmax thấp gần như nhau, dữ liệu này có thể được sử dụng để xem xét khả năng có các vấn đề về vật cản hay bóng che tại vị trí lắp đặt. Bộ dữ liệu thu thập và các mô hình tính toán trong bài báo có thể được sử dụng làm cơ sở cho việc ứng dụng để nhận định và đánh giá tình trạng hoạt động của tấm pin quang điện.

Từ khoá: hệ thống điện năng lượng mặt trời, Internet vạn vật, giám sát điện mặt trời

[1]*Phòng thí nghiệm Thiết kế vi mạch, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, Việt Nam*

[2]*Khoa Vật lý - Vật lý Kỹ thuật, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, Việt Nam*

Liên hệ

Nguyễn Phước Hoàng Khang, Phòng thí nghiệm Thiết kế vi mạch, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, Việt Nam

Khoa Vật lý - Vật lý Kỹ thuật, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, Việt Nam

Email: nphkhang@hcmus.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 17/5/2021
- Ngày chấp nhận: 29/7/2021
- Ngày đăng: 19/8/2021

DOI : 10.32508/stdjns.v5i3.1070

Check for updates

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.

VNU-HCM Press

GIỚI THIỆU

Internet of Things (IoT) là một nền tảng có khả năng cung cấp các dịch vụ tiện ích về thông tin, dữ liệu thông qua việc tích hợp các thành tựu và ứng dụng trong công nghệ thông tin và điện tử viễn thông vào các thiết bị, hệ thống có sẵn[1]. Thông qua khả năng kết nối và tương tác giữa các thiết bị trong cùng một nền tảng, có thể phát triển các hệ thống vận hành tự động và thông minh mà không cần sự can thiệp của con người[2]. Một trong những ứng dụng chính của IoT là nhằm mục đích giám sát và điều khiển các hệ thống vận hành hiện hữu trong các lĩnh vực như năng lượng, xe hơi, nông nghiệp, …[3]. Hiện nay, IoT được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như: hà thông minh, quản lý năng lượng, mạng công nghiệp, ông nghiệp thông minh, …[4]. Trong đó, một trong các mối quan tâm hàng đầu nổi lên là vấn đề về quản lý năng lượng trong lĩnh vực năng lượng tái tạo do sự bùng nổ của các hệ thống điện năng lượng mặt trời trong thời gian vừa qua. Tới cuối năm 2020, tổng công suất điện mặt trời mái nhà ở Việt Nam đã lắp đặt ở Việt Nam đạt 9.300 MWp và tổng công suất điện mặt trời đạt 19.400 MWp, chiếm gần 25% tổng công suất phát lên lưới điện quốc gia[5]. Tuy nhiên, việc theo dõi và giám sát các vấn đề về điện năng của các hệ thống NLMT bị hạn chế và phụ thuộc vào các nhà sản xuất nước ngoài. Ngoài ra, một trong những hệ thống NLMT có hiệu suất cao nhất là các hệ sử dụng microInverter lại có nhược điểm trong việc giám sát hoạt động của hệ thống. Do đó, một hệ thống giám sát năng lượng điện mặt trời được đề xuất xây dựng nhằm giám sát hệ thống dàn pin NLMT thông qua ứng dụng di động trên nền tảng IoT. Hiện nay việc ứng dụng IoT trong giám sát thông số điện mặt trời cũng đang được quan tâm nghiên cứu[6–9]. Điểm chung của các mô hình trên đều sử dụng các cảm biến để thu thập các thông số về điện NLMT rồi truyền lên một nền tảng máy chủ có sẵn thông qua các giao thức truyền thông, từ đó người dùng có thể giám sát các thông số này thông qua ứng dụng di động. Nhược điểm của các mô hình này là sử dụng các nền tảng máy chủ trung gian thường không an toàn về vấn đề bảo mật và khả năng lưu trữ dữ liệu. Bài báo này ghiên cứu và thiết kế hệ thống giám sát và quản lý các thông số điện NLMT dựa trên công nghệ IoT bao gồm: hệ thống thu thập dữ liệu về dòng điện, điện áp và công suất của phía DC lẫn AC của hệ thống điện NLMT; máy chủ có chức năng truyền nhận và lưu trữ dữ liệu; ứng dụng trên điện thoại di động

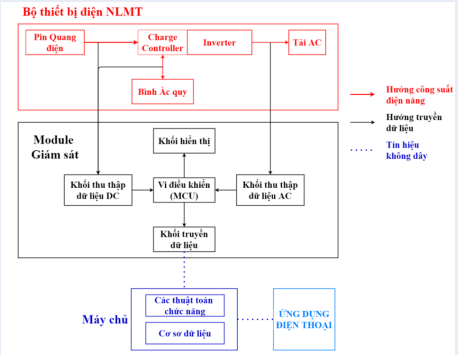
Trích dẫn bài báo này: Khang N P H, Nhân N C. **Hệ thống giám sát điện mặt trời dựa trên công nghệ Internet of Things (IoT)**. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.;* 5(3):1482-1499.

để hiển thị các thông tin thu thập được. Bên cạnh đó cũng thực hiện đánh giá hoạt động của hệ thống thông qua việc so sánh các thông số được thu thập với các thông số được tính toán trên cơ sở lý thuyết.

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Thiết kế hệ thống giám sát

Mô hình hệ thống giám sát điện mặt trời được đề xuất thiết kế như trong Hình 1.



Hình 1: Sơ đồ khối hệ thống giám sát

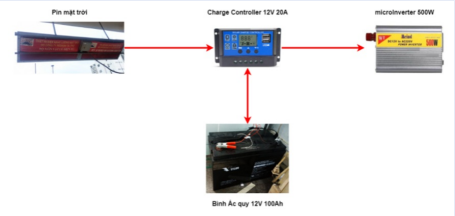
Bộ thiết bị điện NLMT

Bộ thiết bị điện NLMT độc lập không hòa lưới được tài trợ bởi Công ty Cổ phần năng lượng Mặt Trời Đỏ (RedSun) gồm hai tấm pin quang điện (PV–Photovoltaic) có các thông số được trình bày trong Bảng 1. Công suất tối đa toàn hệ thống là 50 W, dòng điện lớn nhất có thể đạt 2,88 A và điện áp lớn nhất là 21,69 V. Các tấm pin quang điện được lắp đặt ở vị trí góc nghiêng 15 độ; hướng chính Nam, vĩ độ 10,76 (Hình 2). Bộ điều khiển sạc có tích hợp thuật toán MPPT giúp điều khiển và đảm bảo công suất tạo ra từ các tấm pin quang điện đạt được lớn nhất. Bình ắc quy đóng vai trò là nơi lưu trữ điện năng được tạo ra từ tấm pin quang điện và là nguồn cung cấp cho tải. Kết nối bộ điều khiển sạc với một microInverter 500 W để chuyển đổi điện năng một chiều DC từ sang điện năng xoay chiều AC để cung cấp cho các thiết bị điện.

Module giám sát

Module giám sát gồm có các khối như: khối thu thập dữ liệu, khối vi điều khiển, khối truyền nhận dữ liệu và khối hiển thị. Sơ đồ khối module giám sát được trình bày như trong Hình 3.

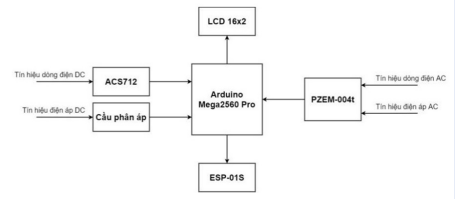
Khối thu thập dữ liệu phía DC và AC của hệ thống điện NLMT sử dụng cảm biến dòng điện ACS712-20A và module PZEM–004T. Cảm biến dòng điện



Hình 2: Bộ thiết bị điện NLMT

Bảng 1: Thông số kỹ thuật của tấm pin quang điện P618-25W [10]

Thông số kỹ thuật	Giá trị
Công suất tối đa (Pmax)	25W
Loại pin	Poly
Điện áp hở mạch	21,69 V
Dòng điện ngắn mạch	1,55 A
Điện áp ở công suất cực đại	17,35 V
Dòng điện ở công suất cực đại	1,44 A
Hệ số suy giảm theo nhiệt độ	- 0,46%/oC



Hình 3: Sơ đồ khối module giám sát

ACS712-20A là một cảm biến sử dụng hiệu ứng Hall có khả năng xuất giá trị điện áp từ 0 - 5 V tỉ lệ giá trị dòng điện đưa vào. Giá trị cường độ dòng điện cần đo Ip được tính toán theo công thức (1) với Vout là điện áp ngõ ra của cảm biến và độ nhạy phụ thuộc vào loại cảm biến. ACS712-20A có độ nhạy 100mV/A và thang đo từ -10 A đến 10 A [11].

$$Ip = (Vout - 2,5V)/(\text{Độ nhạy}) \quad (1)$$

Khối vi điều khiển sử dụng board Arduino Mega2560 Pro kết hợp với module WiFi ESP-01S để truyền nhận dữ liệu.

Khối hiển thị sử dụng LCD 16x2 tích hợp I2C.

Module giám sát được thiết kế và layout trên phần mềm Proteus 8.9, mạch thực tế của module được trình bày như trong Hình 4.

Máy chủ

Máy chủ lưu cơ sở dữ liệu và các thuật toán chức năng nhằm phục vụ việc lưu trữ và truyền nhận dữ liệu với module giám sát và ứng dụng điện thoại. Máy chủ được xây dựng trên nền tảng NodeJS và cơ sở dữ liệu (CSDL) mã nguồn mở MongoDB. Trên máy chủ đã xây dựng ba tập CSDL bao gồm:

- CSDL thông tin: lưu các thông số tức thời được thu thập bởi module giám sát;
- CSDL đồ thị: lưu toàn bộ các thông số thu thập được trong ngày
- CSDL người dùng: lưu thông tin những người dùng đã được đăng ký để kiểm tra, phản hồi và phân quyền khi có yêu cầu đăng nhập từ ứng dụng.

Các thuật toán phục vụ việc giao tiếp và lưu trữ dữ liệu giữa máy chủ với các thiết bị, bao gồm module giám sát và ứng dụng điện thoại. Mỗi thuật toán chức năng hoạt động với một mã lệnh tương ứng được xác định bởi một nhãn đính kèm trong chuỗi JSON được thiết bị truyền lên máy chủ và thực hiện việc lưu trữ và phản hồi dữ liệu tùy theo chức năng yêu cầu. Có 4 chức năng yêu cầu chính bao gồm: lấy thông số giám sát từ CSDL, cập nhập thông số giám sát vào CSDL, kiểm tra đăng nhập ứng dụng và lấy dữ liệu vẽ đồ thị tương ứng với các giá trị mã lệnh của nhãn "req_device" bao gồm: 201, 202, 203, 204. Lưu đồ thuật toán chức năng được trình bày như trong Hình 5 và Hình 6.

Hình 4: Board mạch module giám sát

Ứng dụng trên điện thoại di động

Ứng dụng trên điện thoại di động được thiết kế bằng công cụ Android Studio phục vụ cho việc hiển thị và vẽ biểu đồ các thông số điện mặt trời thu thập được. Ngoài ra, để tăng tính bảo mật của hệ thống, trên ứng dụng có chức năng đăng ký và đăng nhập để phân quyền truy cập các trang thông tin tương ứng. Theo đó, mỗi người sử dụng (user) chỉ được truy cập trang thông tin dữ liệu liên quan của người đó, còn người quản lý (admin) có quyền truy cập tất cả trang thông tin. Giao diện của ứng dụng trên điện thoại di động được trình bày trong Hình 7.

Tính toán và mô phỏng

Để đánh giá hoạt động của hệ thống, mô hình tấm pin quang điện và tính toán bức xạ mặt trời trên phần mềm Matlab được thiết kế. Giá trị ngõ ra của khối tính toán bức xạ được đưa vào mô hình tấm pin để cho ra các giá trị tính toán Pmax, Umax, Imax như Hình 8. Dữ liệu bức xạ được lấy từ cơ sở dữ liệu của Trung tâm hợp tác nghiên cứu Châu Âu - PVGIS-SARAH[12].

Tính toán bức xạ mặt trời

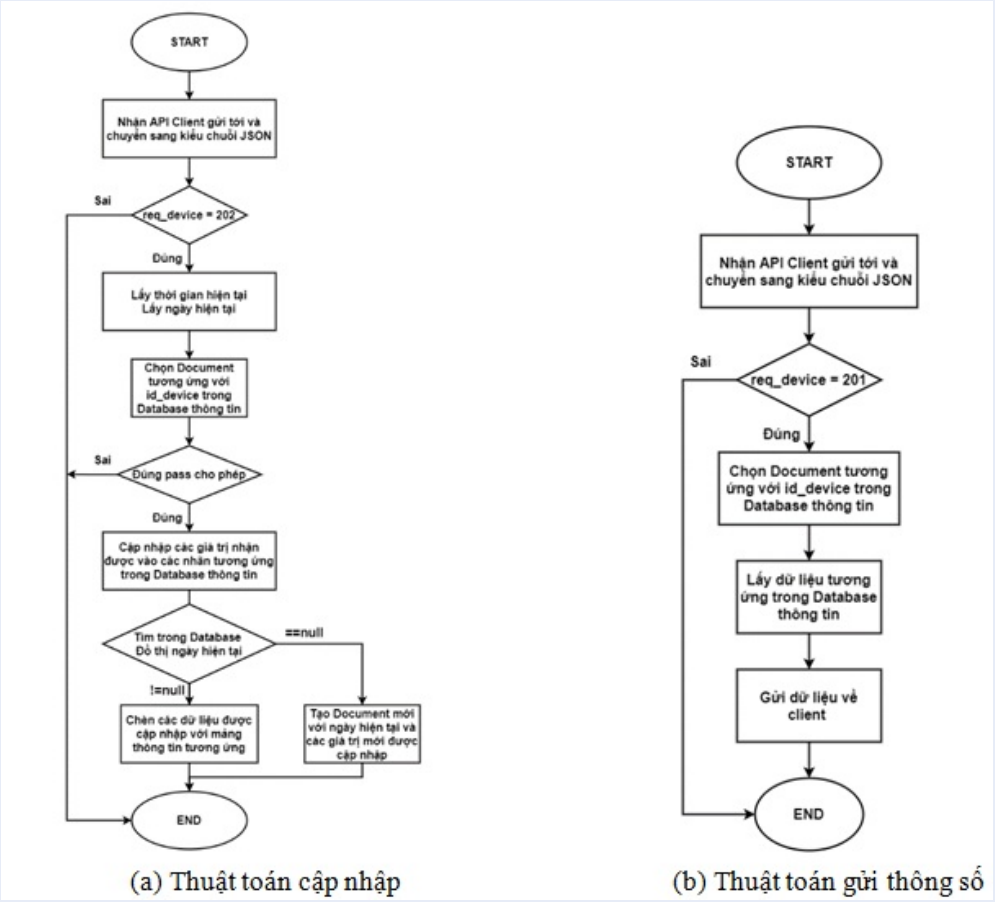
Bức xạ mặt trời chiếu xuống bề mặt trái đất bao gồm trực xạ theo tia sáng mặt trời và tán xạ từ bầu khí quyển trái đất. Bức xạ mặt trời được tính toán ước lượng dựa vào hai thông số là góc mặt trời và thông tin bức xạ mặt trời. Góc mặt trời là góc giữa tia bức xạ mặt trời với pháp tuyến bề mặt tấm pin. Góc mặt trời được tính toán theo công thức (2) và phụ thuộc vào các thông số như: vĩ độ lắp đặt φ, góc nghiêng dàn pin β, hướng lắp đặt dàn pin γ, góc lệch mặt trời theo ngày trong năm δ và độ cao mặt trời theo thời điểm trong ngày ω. Góc δ phụ thuộc vào ngày thứ n trong năm và được tính theo công thức (3) và góc ω được tính theo công thức (4) với h là giờ trong ngày[13].

$$\begin{aligned}\cos\theta = &\\ &\sin\varphi.(\sin\delta.\cos\beta+\cos\delta.\cos\gamma.\cos\omega.\sin\beta)\\ &+\cos\varphi.(\cos\delta.\cos\omega.\cos\beta-\sin\delta.\cos\gamma.\sin\beta)\\ &+\cos\delta.\sin\gamma.\sin\omega.\sin\beta\end{aligned} \quad (2)$$

$$\delta = 23,45.\sin\left[\frac{360}{365}(284+n)\right] \quad (3)$$

$$\omega = (12-h)\times 15^{\circ} \quad (4)$$

Thông tin bức xạ mặt trời bao gồm thông tin thống kê về các thông số tổng xạ, trực xạ, tán xạ và có thể lấy từ các CSDL về thủy văn hoặc các CSDL chuyên về bức xạ mặt trời của các tổ chức nghiên cứu. Trong đó, PVGIS-SARAH là CSDL bức xạ mặt trời miễn



Hình 5: Lưu đồ thuật toán cập nhập và gửi thông số

phí được xây dựng bởi Trung tâm hợp tác nghiên cứu Châu Âu (JRC). Ở trang giao diện của CSDL PVGIS-SARAH, chọn thông tin vị trí lắp đặt của dàn pin được khảo sát đặt tại Cơ sở Nguyễn Văn Cừ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, vĩ độ: 10,763, kinh độ 106,682. Sau khi chọn các thông tin cần thiết thì trang web sẽ xuất thông tin bức xạ mặt trời ở trên mặt phẳng ngang như trong Hình 9. Ngoài ra có thể lấy các thông tin này xuống máy tính bằng cách tải file dạng .csv hoặc .json.

Thông tin bức xạ mặt trời trong CSDL được lấy theo một bề mặt nằm ngang. Bức xạ mặt trời trên bề mặt nghiêng được tính theo công thức (5). Trong đó I_b, I_d lần lượt là bức xạ trực xạ và tán xạ tại thời điểm và được lấy từ CSDL bức xạ, r_b hệ số góc nghiêng trực xạ và được tính theo công thức (6) với θ_z là góc mặt trời trong trường hợp mặt phẳng nằm ngang (β=0), r_d là hệ số góc nghiêng tán xạ và được tính theo công thức (7), r_r là hệ số góc nghiêng phản xạ được tính theo công thức (8) với ρ là hệ số phản xạ bề mặt nền [13].

$$I_T = I_b r_b + I_d r_d + (I_b + I_d) r_r \quad (5)$$

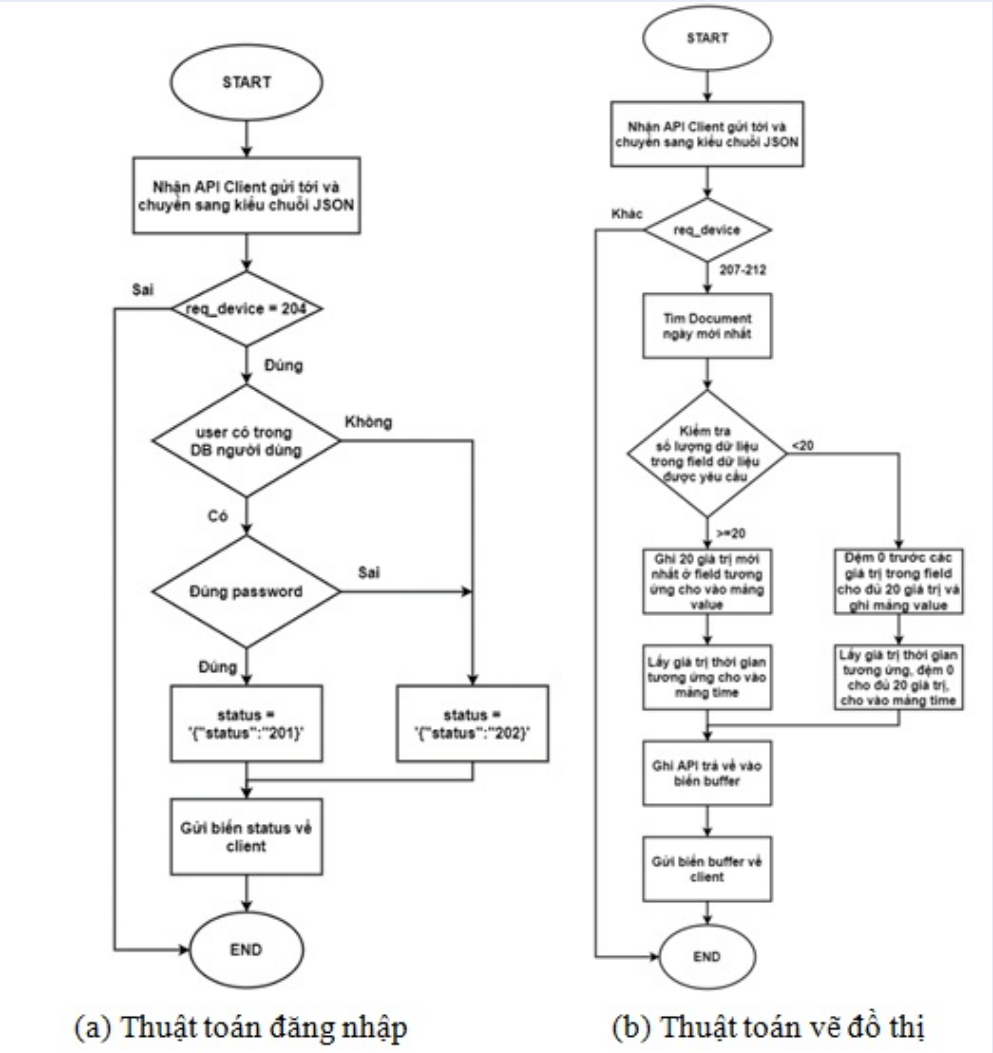
$$r_b = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \quad (6)$$

$$r_d = \frac{(1+\cos\beta)}{2} \quad (7)$$

$$r_r = \rho\frac{(1-\cos\beta)}{2} \quad (8)$$

Từ trang CSDL PVGIS-SARAH, tải xuống dữ liệu bức xạ mặt trời của các tháng và đưa vào Matlab. Hình 10 biểu diễn các thông tin bức xạ trực xạ, tán xạ và tổng xạ trong tháng 12.

Đưa các thông số lắp đặt của hệ thống thử nghiệm vào các công thức (2), (3), (4) (5), tính toán mô phỏng được cường độ bức xạ mặt trời chiếu lên bề mặt tấm pin trong một thời điểm cụ thể. Hình 11 biểu diễn cường độ bức xạ mặt trời trên bề mặt tấm pin được tính toán mô phỏng tại các thời điểm trong ngày 09/12/2020.



Hình 6: Lưu đồ thuật toán đăng nhập và vẽ đồ thị

Mô hình hoá tấm pin quang điện

Để tính được công suất ước lượng của dàn pin tương ứng với lượng bức xạ mặt trời tại thời điểm, cần xây dựng mô hình tấm pin quang điện với thông số đầu vào bao gồm: bức xạ mặt trời, các thông số tấm pin được nhà sản xuất cung cấp ở Bảng 1. Tấm pin quang điện hoạt động dựa trên nguyên lý quang điện và có ba loại sơ đồ thay thế bao gồm: mô hình lý tưởng, mô hình Rs, mô hình Rs-Rp (Hình 12). Ở đây, nhóm nghiên cứu khảo sát dựa trên mô hình Rs. Trong đó, Iph là dòng sinh ra từ hiệu ứng quang điện, Id là dòng chạy trong lớp p-n của tấm pin và I là dòng ngõ ra của pin. Mối quan hệ giữa các giá trị Iph, Id và I được biểu diễn trong công thức (9). Công thức (10), (11) lần lượt là cách tính các giá trị Iph, Id [14]. Trong công thức (11), do Id đại diện cho dòng điện đi qua một lớp bán dẫn p-n nên Id được tính theo giá trị dòng bão hòa Io. Công thức tính Io được biểu diễn ở công thức (13) [14].

$$I = Iph - Id \tag{9}$$

$$I_{ph} = \frac{G}{G_{ref}}\left(I_{sc} + \mu_{sc}\triangle T\right) \tag{10}$$

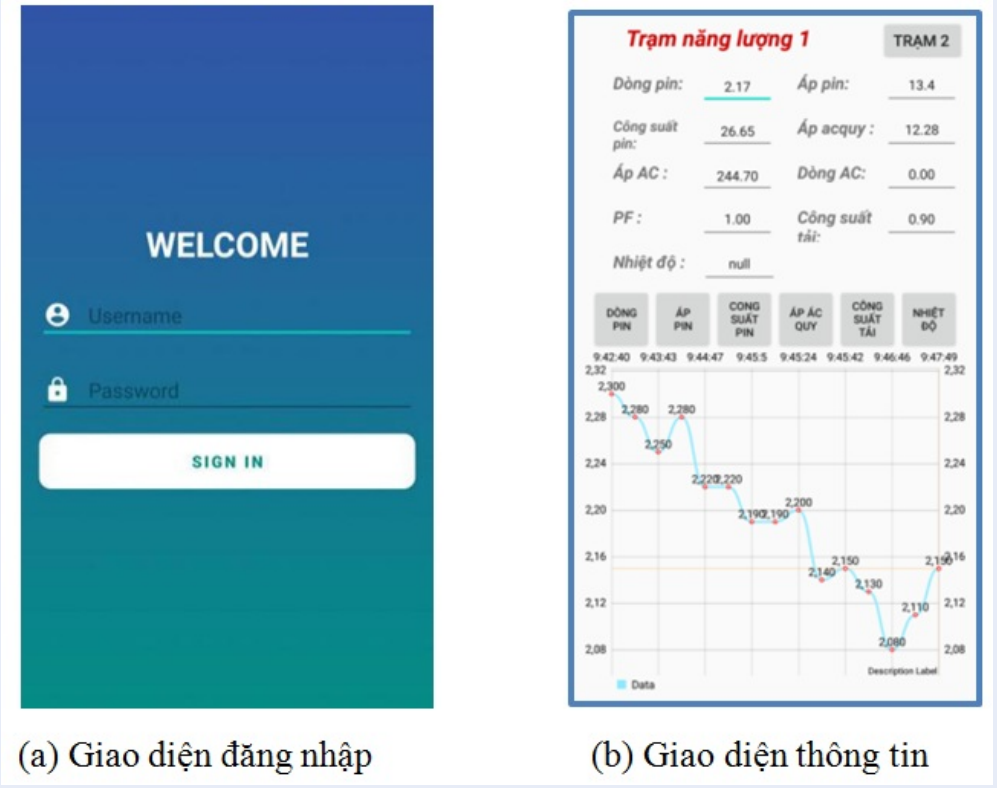
Trong đó:

G: Bức xạ mặt trời;

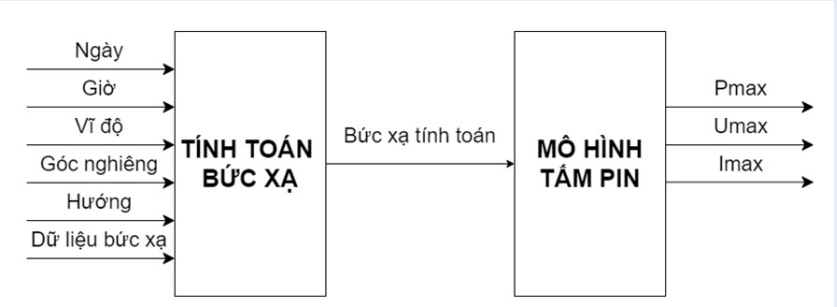
Gref: Bức xạ trong điều kiện STC (Gref = 1000 lux);

Isc: Dòng điện ngắn mạch của tấm pin;

μsc: Hệ số suy giảm dòng điện theo nhiệt độ của tấm pi



Hình 7: Giao diện ứng dụng di động



Hình 8: Khối tính toán mô phỏng

$\triangle T = T_c - T_{ref}$: Tc là nhiệt độ cell khi làm việc, Tref là nhiệt độ trong điều kiện STC và Tref = 298^{o}K. ;

$$I_d = I_0 \left[exp\left(\frac{V + I.Rs}{a}\right) - 1 \right] \quad (11)$$

a: hệ số suy giảm điện áp.

$a = \frac{Ns.A.k.T_c}{q}$

Trong đó:

Ns: số cell quang điện mắc nối tiếp;

A: hệ số vật liệu. A = 1,3 với vật liệu poly;

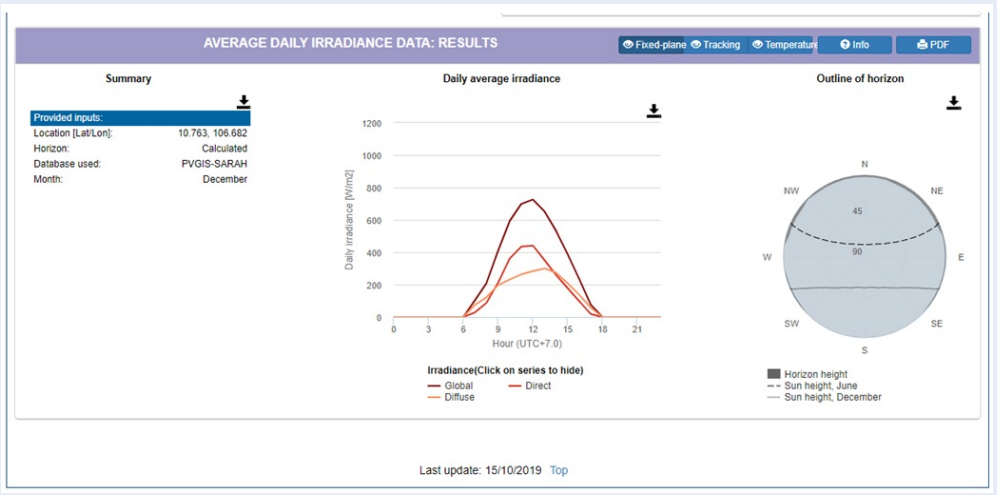
k: Hằng số Boltzmann, k = 1,381 x 10^{-23};

q: Điện tích electron, q = 1,602 x 10^{-19};

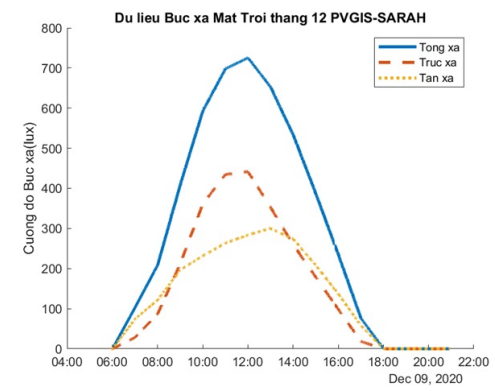
$$I_0 = I_{sc} exp\left(\frac{-V_{oc}}{a}\right)\left(\frac{T_c}{T_{ref}}\right)^3 exp\left[\left(\frac{q\varepsilon_G}{kA}\right)\left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_c}\right)\right] \quad (13)$$

ε_G: Năng lượng vùng cấm vật liệu, với Si thì ε_G = 1.12eV

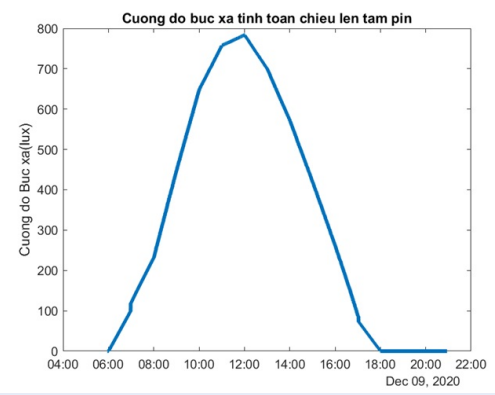
Giá trị của Rs được tìm thông qua điểm công suất lớn nhất (MPP) tại điều kiện STC. Lúc này, phương trình



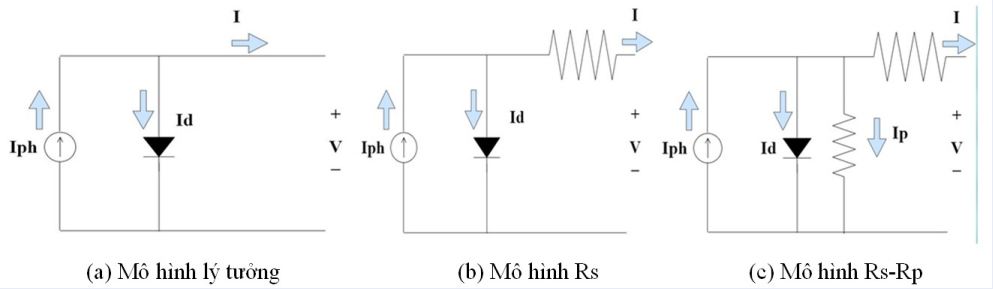
Hình 9: Thông tin bức xạ mặt trời tại CSDL PVGIS-SARAH [12]



Hình 10: Thông tin bức xạ mặt trời tháng 12 từ PVGIS-SARAH



Hình 11: Cường độ bức xạ mặt trời được tính toán trong ngày 09/12/2020



Hình 12: Mô hình tương đương của tấm pin quang điện

(9) trở thành:

$$I_{mp} = I_{sc} - I_d \quad (14)$$

Thế (11) vào (14) ta có:

$$I_{mp} = I_{sc} - I_0\left[exp\left(\frac{V_{mp} + I_{mp}.Rs}{a}\right) - 1\right] \quad (15)$$

Từ công thức (15) thu được công thức (16) tính giá trị Rs:

$$Rs = \frac{a}{I_{mp}}\ln\left(\frac{I_{sc} - I_{mp}}{I_0} + 1\right) - \frac{V_{mp}}{I_{mp}} \quad (16)$$

Từ các công thức trên, thực hiện xây dựng mô hình tính dòng điện ngõ ra của tấm pin tại một giá trị điện áp và từ đó tìm điểm MPP trong một điều kiện bức xạ đầu vào. Để thực hiện tính toán, đầu tiên đưa các thông số đầu vào, hằng số để tính toán các giá trị để tìm Iph, Id, Io theo các công thức (10), (11), (13). Thay công thức (11) vào (9) thu được:

$$I = Iph - I_0\left[exp\left(\frac{V + I.Rs}{a}\right) - 1\right] \quad (17)$$

$$\Leftrightarrow I + I_0\left[exp\left(\frac{V + I.Rs}{a}\right) - 1\right] = Iph \quad (18)$$

Phương trình (18) cho thấy rằng vế trái là một hàm theo I dẫn đến việc mô phỏng tính toán phải được thực hiện bằng giải thuật. Ở đây, phương pháp được chọn là thực hiện giải thuật tìm kiếm phép lặp với hàm tìm kiếm $f(I) = I + Id$, giá trị mong muốn là Iph, sai số chấp nhận err=0,005 và bước nhảy step = 0,001. Khi bắt đầu thực hiện giải thuật, đặt giá trị ban đầu I = Isc, sau đó thực hiện tính giá trị hàm f(I) và so sánh với giá trị mong muốn Iph. Nếu chênh lệch giữa hàm f(I) và so sánh với giá trị mong muốn lớn hơn sai số chấp nhận sẽ giảm I một khoảng với giá trị bước nhảy. Lặp lại thao tác này cho tới khi chênh lệch giữa hàm f(I) và so sánh với giá trị mong muốn nhỏ hơn sai số chấp nhận hoặc I < 0 (I = 0 tương ứng với trường hợp tìm kiếm thất bại). Lưu đồ thuật toán tìm I được trình bày trong Hình 13. Khi đã có thuật toán tìm I, để tìm điểm MPP thì chỉ cần tìm điểm $P = VI$ mà tại đó P đạt lớn nhất với $V \in [0; Voc]$ và I là giá trị dòng điện ngõ ra tương ứng với từng điểm V. Hình 14 biểu diễn sơ đồ thuật toán tìm điểm MPP với các thông số Pmax, Umax, Imax.

Sử dụng các thông số của tấm pin quang điện được trình bày trong Bảng 1 để đưa vào mô phỏng thu được kết quả đường đặc tuyến IV, PV của tấm pin và điểm MPP được trình bày như trong Hình 15 và Hình 16.

Công suất tính toán

Giá trị công suất tính toán được đưa ra thông qua việc đưa kết quả tính toán bức xạ làm tham số ngõ vào của mô hình tấm pin quang điện. Kết quả thu được như Hình 17 trình bày công suất tính toán dàn pin quang điện ví dụ trong ngày 09/12/2020. Công suất tính toán này được sử dụng để so sánh với công suất thực tế thu được từ hệ thống giám sát và từ đó làm cơ sở đánh giá hoạt động của hệ thống.

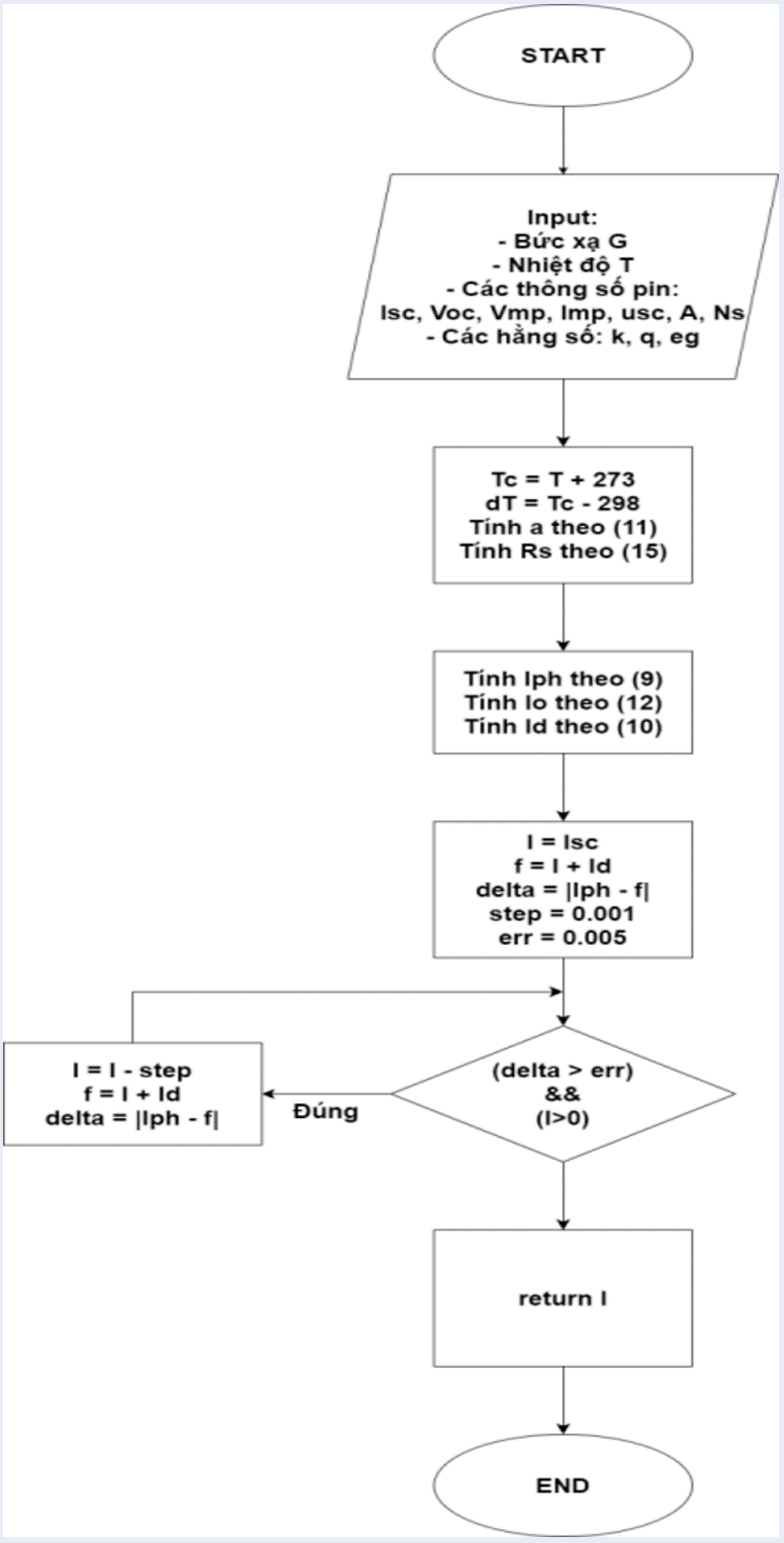
Cơ sở đánh giá hoạt động hệ thống

Việc so sánh đánh giá hoạt động của hệ thống được thực hiện dựa trên sơ đồ khối như Hình 18. Trong đó các thông số ở ngõ ra của khối tính toán mô phỏng gồm công suất (Pmax), điện áp (Umax), dòng điện (Imax) được so sánh với các thông số công suất (P), điện áp (V), dòng điện (I) thu thập từ hệ thống giám sát.

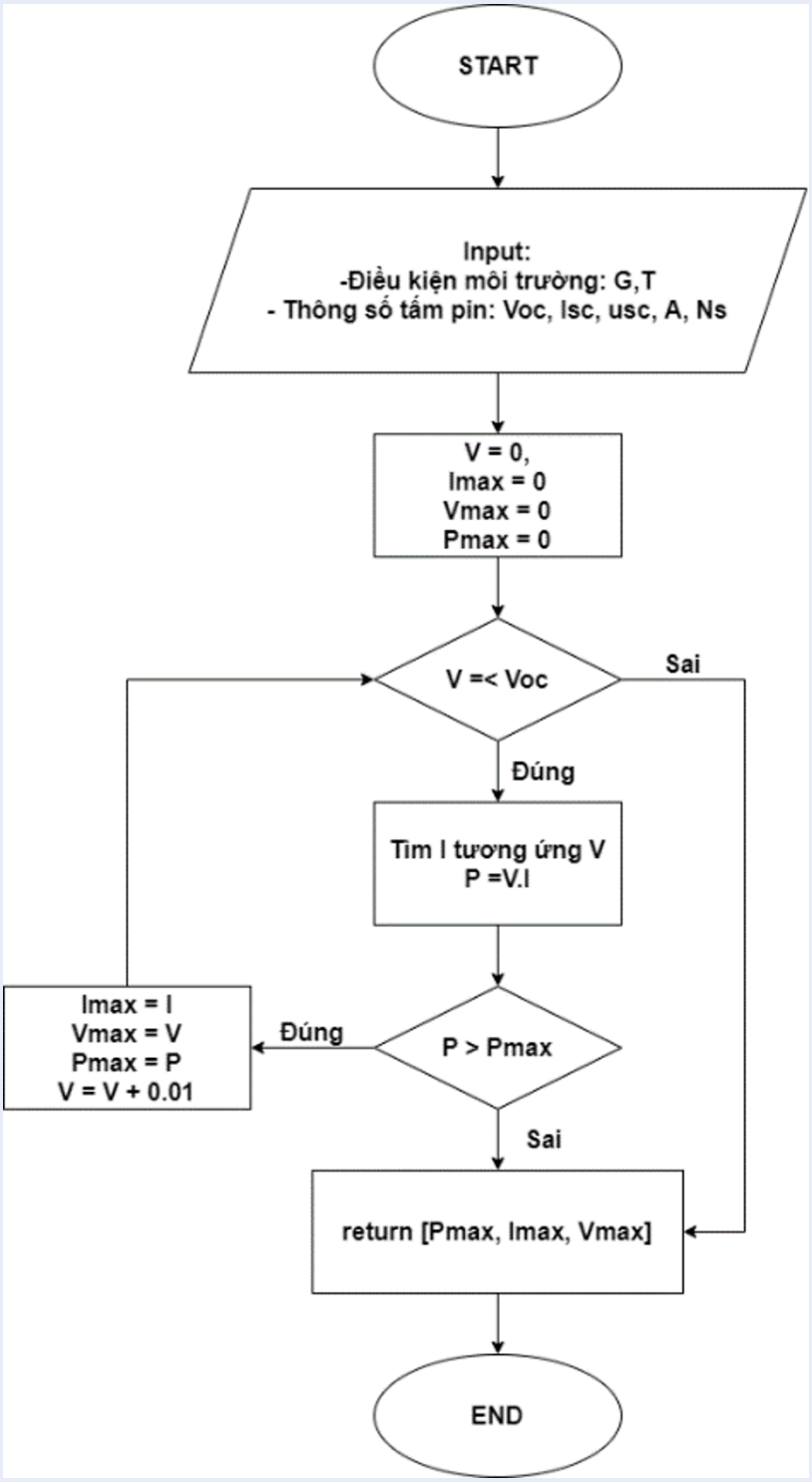
KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Lắp đặt mô hình hệ thống

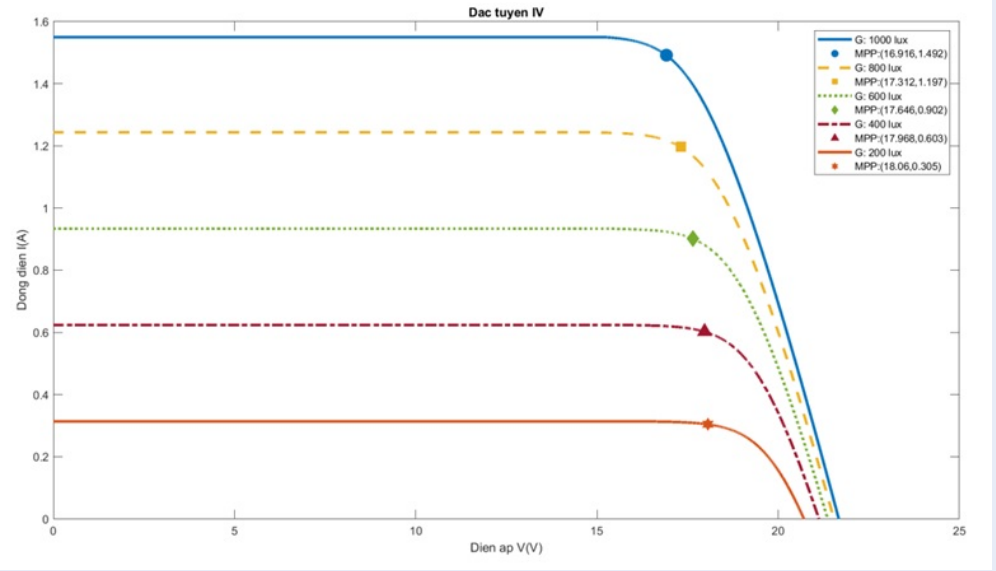
Hệ thống NLMT được lắp đặt tại Phòng Bộ môn Vật lý Điện tử (E303), Khoa Vật lý - Vật lý Kỹ thuật, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG TP.HCM. Máy chủ được đặt tại Phòng thí nghiệm Thiết kế Vi mạch (E305). Mô hình hệ thống NLMT được trình bày như trong Hình 19 với tải AC là một bộ máy rửa tay sát khuẩn tự động có công suất ở trạng thái chờ là 2 W và



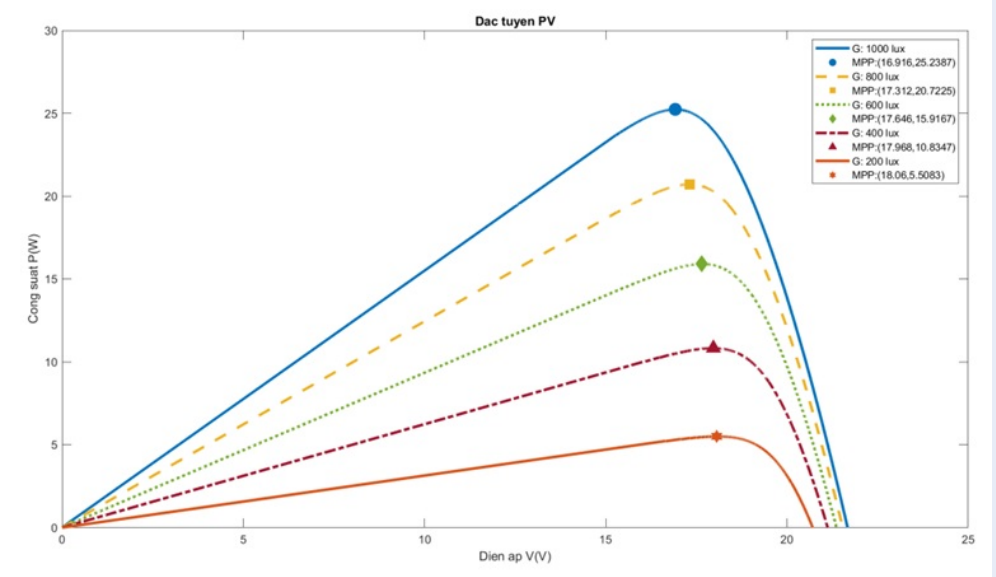
Hình 13: Thuật toán tìm I



Hình 14: Thuật toán tìm các giá trị MPP



Hình 15: Đặc tuyến IV và MPP(V,I)



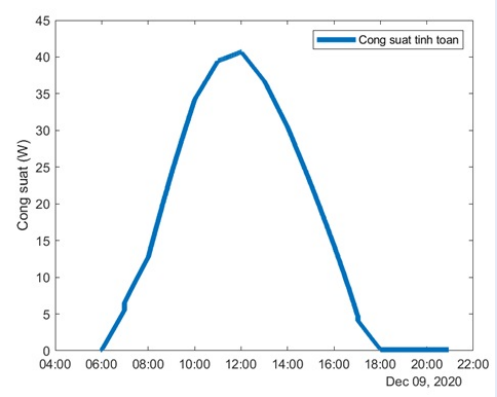
Hình 16: Đặc tuyến PV và MPP(V,P)

khi máy phun dung dịch sát khuẩn thì công suất tối đa là 5 W.

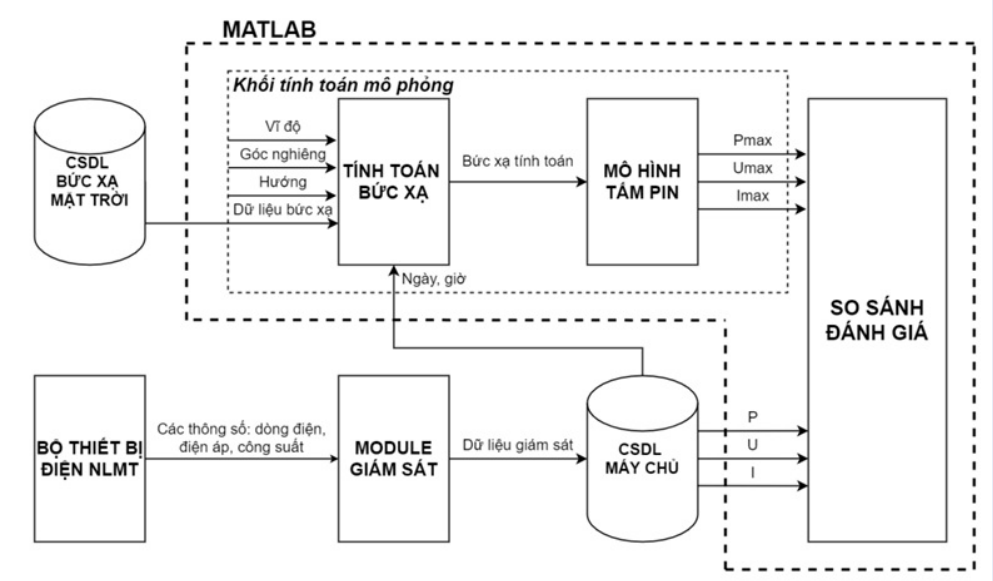
Kết quả thử nghiệm hoạt động của hệ thống

Hệ thống được kiểm tra hoạt động liên lục trong các ngày từ 8/12/2020 đến 12/12/2020. Hệ thống thu thập các thông số điện NLMT sau đó truyền lên máy chủ và lưu trữ vào các CSDL, đồng thời hiển thị dữ liệu lên ứng dụng di động. Trên ứng dụng di động cho phép người dùng chọn và hiển thị các thông số tức thời dưới dạng đồ thị như đã trình bày ở Hình 7. Hình 20 trình bày các thông số hoạt động của hệ thống trong ngày 12/12/2020 từ 6 giờ đến 18 giờ, gồm công suất dàn pin Hình 20 a, dòng điện dàn pin Hình 20 b, điện áp dàn pin Hình 20 c, điện áp ắc quy Hình 20 d, công suất tải Hình 20 e.

Hình 21 trình bày công suất dàn pin quang điện tạo ra trong các ngày từ 8/12/2020 đến 12/12/2020. Trong



Hình 17: Công suất tính toán của dàn pin trong ngày 09/12/2020

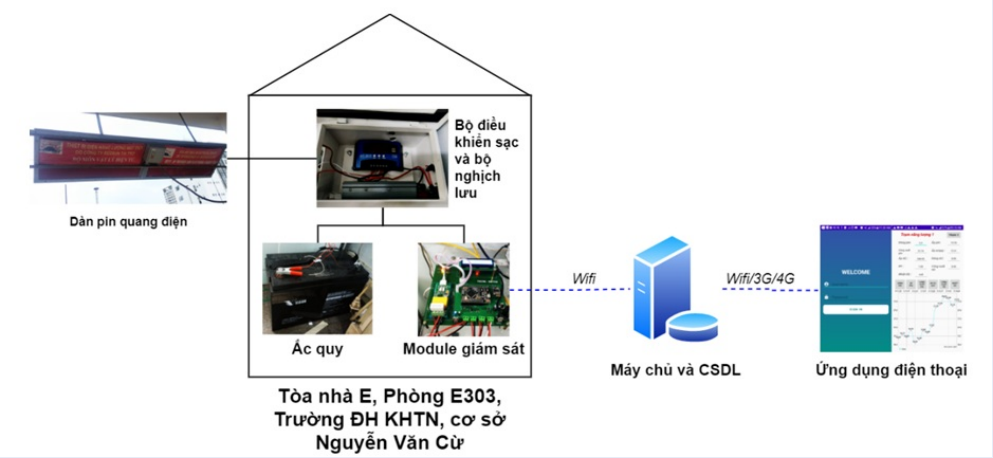


Hình 18: Sơ đồ khối so sánh đánh giá hệ thống

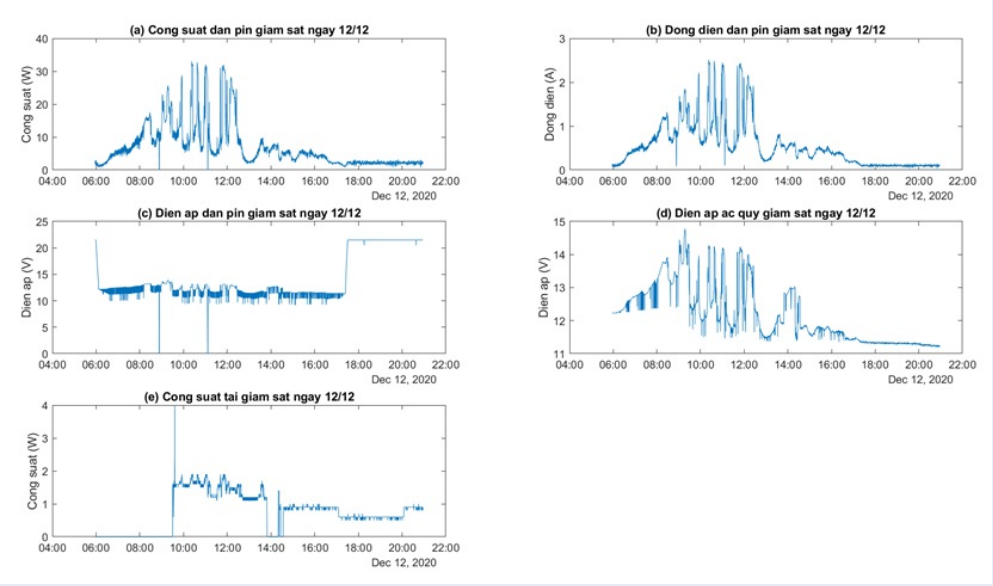
đó cho thấy công suất dàn pin quang điện tạo ra có sự chênh lệch giữa các ngày. Sự chênh lệch này có thể do nhiều yếu tố ảnh hưởng đến lượng bức xạ mặt trời tại thời điểm khảo sát. Các dữ liệu được thu thập như trong Hình 20 và Hình 21 là cơ sở cho việc nhận định, đánh giá hiệu quả hoạt động của hệ thống NLMT.

Đánh giá hoạt động của hệ thống

Từ kết quả tính toán mô phỏng và kết quả thu thập được của hệ thống giám sát cho thấy rằng công suất dàn pin phụ thuộc lượng bức xạ mặt trời chiếu lên dàn pin tại các thời điểm. Đại lượng này thay đổi theo các thời gian khác nhau tại cùng một địa điểm. Do đó để đánh giá hoạt động của hệ thống, kết quả tính toán mô phỏng được sử dụng để làm chuẩn so sánh với kết quả thu thập được của hệ thống giám sát. Giá trị công suất thực tế P và công suất tính toán Pmax từ ngày 08/12/2020 đến ngày 12/12/2020 được trình bày trong Hình 22 a, Hình 23 a , Hình 24 a , Hình 25 a , Hình 26 a. Kết quả so sánh đánh giá thông qua tỉ lệ P/Pmax được trình bày ở Hình 22 b, Hình 23 b, Hình 24 b, Hình 25 b, Hình 26 b. Tỉ lệ trung bình giữa công suất thực tế P và công suất tính toán Pmax tại các thời điểm được trình bày trong Bảng 2. Theo đó, thời gian hệ thống hoạt động là từ 6 giờ đến 18 giờ do tỉ lệ trung bình sau 18 giờ đều bằng 0. Tỉ lệ giữa công suất tính toán và công suất thực tế cao nhất trong khoảng từ 6 - 10 giờ với giá trị trung bình theo giờ trong các



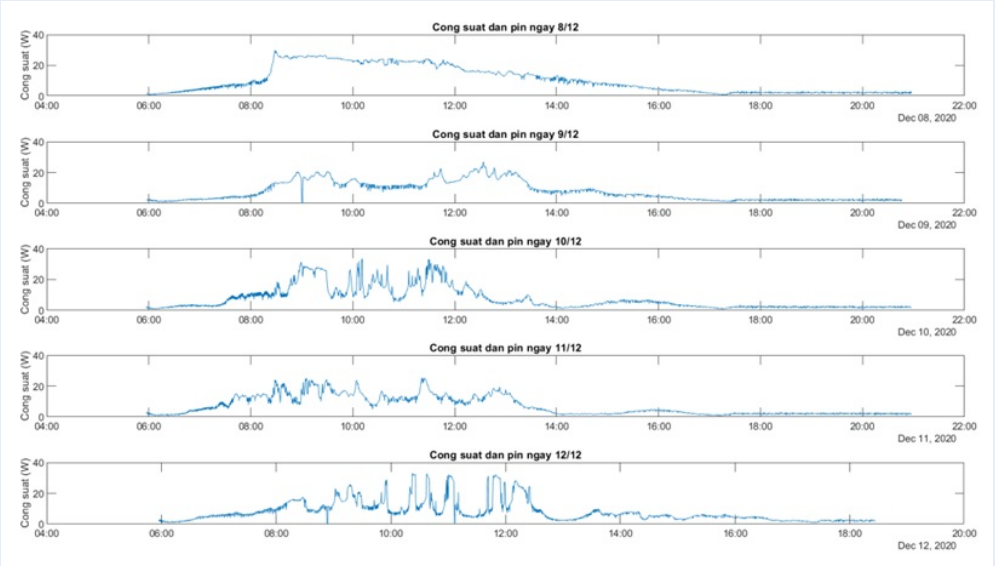
Hình 19: Kết nối các thành phần trong hệ thống NLMT



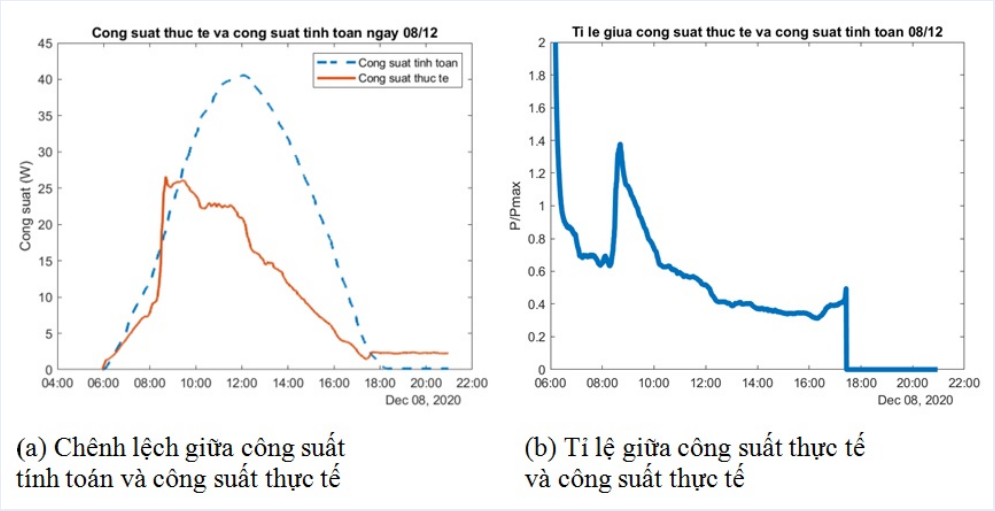
Hình 20: Các thông số hoạt động hệ thống ngày 12/12/2020

ngày trung bình đạt khoảng 0,8. Trong khoảng thời gian còn lại cho thấy rằng lượng công suất dàn pin tạo ra không ổn định, thay đổi thất thường và tỉ lệ P/Pmax chỉ đạt khoảng 0,5 hay thấp hơn. Đồng thời, tỉ lệ giữa công suất thực tế và công suất tính toán của hệ thống cũng không cao, chỉ đạt trung bình khoảng 0,584 trong các ngày khảo sát. Ngoài ra, tỉ lệ P/Pmax thấp và gần bằng nhau tại các thời điểm từ 14 giờ đến 17 giờ trong các ngày, đây có thể xem xét khả năng dàn pin NLMT bị ảnh hưởng bởi các vật che chắn do vị trí lắp đặt.

Bên cạnh đó, từ mô hình tấm pin và các dữ liệu thu thập được giúp chúng ta có cái nhìn tổng quan về trạng thái hoạt động của tấm pin thông qua việc so sánh điện áp, dòng điện hoạt động với các điểm MPP được tính toán từ mô hình. Hình 27 cho thấy các điểm hoạt động của tấm pin (màu xanh) chưa gần sát với đường nối các điểm MPP được tính toán (màu đỏ). Các điểm hoạt động này có giá trị điện áp trong khoảng từ 10 - 22 V, tập trung nhiều ở vùng 10 - 14 V. Một số điểm hoạt động ở mức điện áp từ 14 - 19 V nhưng có dòng điện rất thấp, các điểm nằm ở vùng điện áp lớn hơn 20 V xem như hở mạch do V gần bằng



Hình 21: Công suất dàn pin trong các ngày từ 8/12 – 12/12/2020

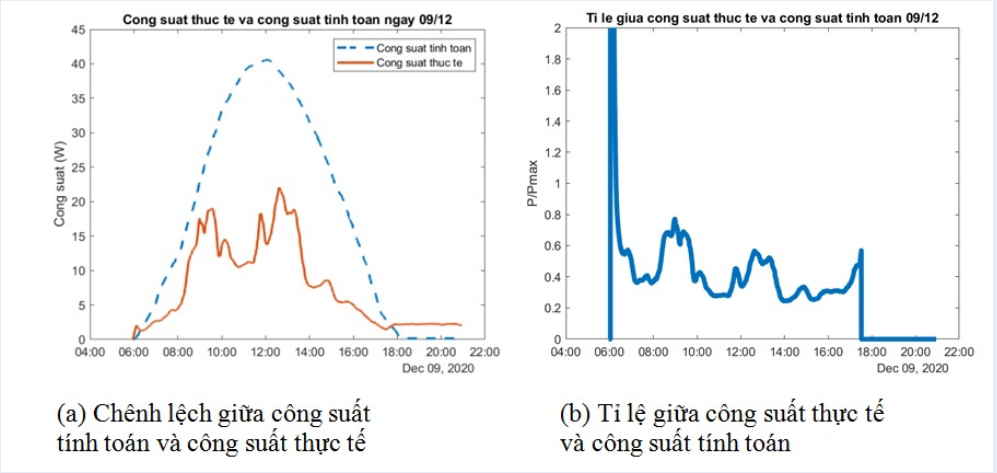


Hình 22: Công suất thực tế và công suất tính toán ngày 08/12/2020

Voc và I gần bằng 0. Bên cạnh đó các điểm MPP tính toán nằm trong vùng điện áp 16 - 18 V. Điều này cho thấy hệ thống NLMT hoạt động chưa đạt ở điểm công suất cao thấp. Đây cũng là nền tảng cho khả năng ứng dụng máy học vào việc nhận định và đánh giá tình trạng hoạt động của tấm pin quang điện.

KẾT LUẬN

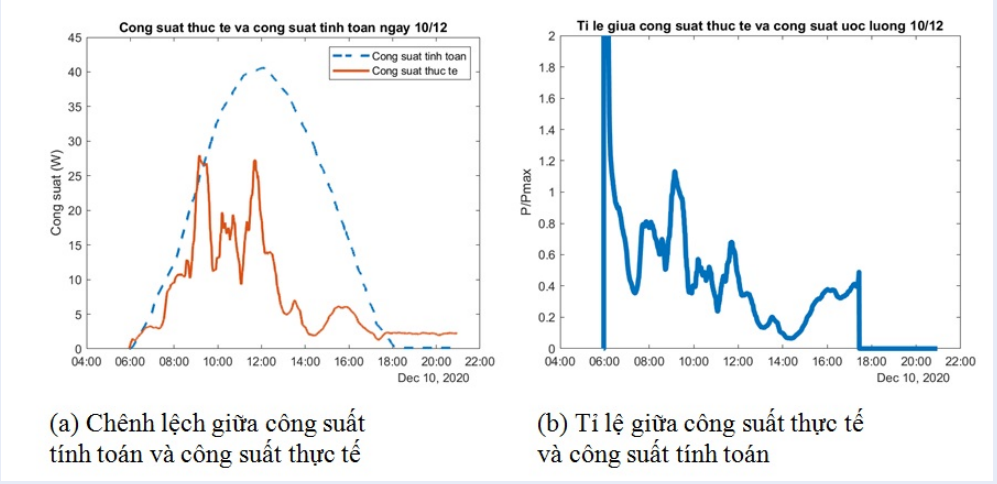
Hệ thống IoT giám sát thông số điện mặt trời đã được thiết kế bao gồm các thành phần như: module giám sát thu thập thông số điện mặt trời, máy chủ lưu trữ dữ liệu và thực hiện trung chuyển dữ liệu giữa module giám sát và ứng dụng di động. Hệ thống này cho phép người sử dụng có thể giám sát từ xa các thông số điện mặt trời thông qua ứng dụng di động theo thời gian thực. Bên cạnh đó đã xây dựng thành công bộ cơ sở dữ liệu lưu trữ các thông số hoạt động của hệ thống điện mặt trời trên máy chủ. Từ bộ cơ sở dữ liệu này kết hợp với việc tính toán mô phỏng về bức xạ mặt trời và mô hình tấm pin để đưa ra công suất tính toán tại một thời điểm và làm cơ sở để đánh giá hoạt động của hệ thống. Việc đánh giá dựa trên việc



(a) Chênh lệch giữa công suất tính toán và công suất thực tế

(b) Tỉ lệ giữa công suất thực tế và công suất tính toán

Hình 23: Công suất thực tế và công suất tính toán ngày 09/12/2020



(a) Chênh lệch giữa công suất tính toán và công suất thực tế

(b) Tỉ lệ giữa công suất thực tế và công suất tính toán

Hình 24: Công suất thực tế và công suất tính toán ngày 10/12/2020

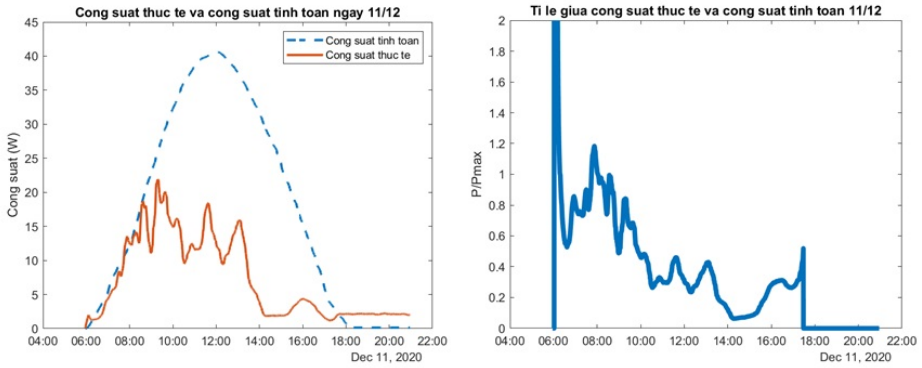
so sánh tỉ lệ công suất thực tế P và công suất tính toán Pmax đưa ra một cái nhìn tổng quan về hiệu quả hoạt động của hệ thống với các điều kiện gần với lý thuyết. Tuy nhiên, mô hình hệ thống này vẫn chưa phân biệt được nguyên nhân trạng thái ất thường của dàn pin quang điện cũng như đưa ra các nhận định theo thời gian thực. Với số lượng dữ liệu thu thập liên tục, lớn dần theo từng ngày và mối liên hệ giữa các thông số, hướng phát triển các thuật toán ứng dụng AI, máy học vào giải quyết vấn đề trên là rất tiềm năng.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM trong khuôn khổ Đề tài mã số T2020-32.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

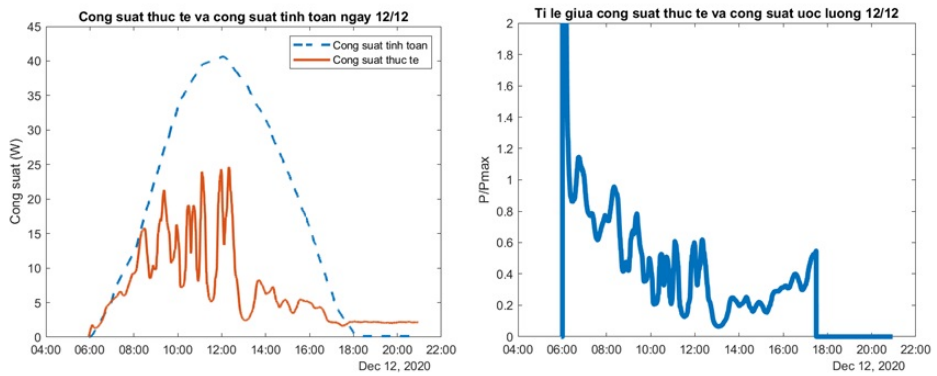
IoT (Internet of Things): Internet vạn vật
NLMT: Năng lượng mặt trời
CSDL: Cơ sở dữ liệu
DC (Direct Current): Điện một chiều
AC (Alternative Current): Điện xoay chiều
CT (Current Transformer): Biến dòng
LCD (Liquid Crystal Display): Màn hình tinh thể lỏng
STC (Standard Testing Condition): Điều kiện thí nghiệm tiêu chuẩn
MPP(Max Power Point): Điểm làm việc công suất lớn nhất
MPPT(Max Power Point Tracking): Thuật toán dò điểm công suất lớn nhất
AI (*Artificial intelligence*): *Trí tuệ nhân tạo*



(a) Chênh lệch giữa công suất tính toán và công suất thực tế

(b) Tỉ lệ giữa công suất thực tế và công suất tính toán

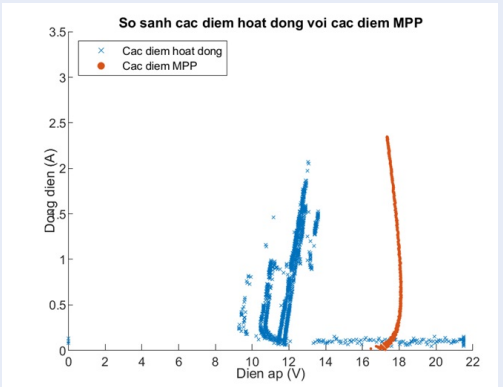
Hình 25: Công suất thực tế và công suất tính toán ngày 11/12/2020



(a) Chênh lệch giữa công suất tính toán và công suất thực tế

(b) Tỉ lệ giữa công suất thực tế và công suất tính toán

Hình 26: Công suất thực tế và công suất tính toán ngày 12/12/2020



Hình 27: So sánh các điểm hoạt động với các điểm MPP

Bảng 2: Tỉ lệ trung bình giữa công suất thực tế và công suất tính toán

Ngày Giờ	08/12	09/12	10/12	11/12	12/12	Trung bình theo giờ
6	2,58	1,13	2,49	1,16	1,46	1,76
7	0,82	0,50	0,62	0,73	0,90	0,71
8	0,69	0,39	0,60	0,90	0,70	0,66
9	0,74	0,47	0,71	0,93	0,71	0,71
10	1,13	0,68	0,85	0,76	0,58	0,8
11	0,75	0,44	0,52	0,49	0,37	0,51
12	0,58	0,28	0,45	0,36	0,35	0,4
13	0,45	0,42	0,37	0,32	0,41	0,39
14	0,39	0,44	0,12	0,10	0,18	0,25
15	0,35	0,28	0,27	0,14	0,19	0,25
16	0,35	0,31	0,36	0,29	0,21	0,30
17	0,19	0,34	0,16	0,24	0,34	0,25
Trung bình theo ngày	0,75	0,47	0,63	0,54	0,53	0,584

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả cam kết không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

- Nguyễn Phước Hoàng Khang: thiết kế và thực hiện module giám sát, tính toán và mô phỏng tấm pin quang điện, xây dựng các CSDL và các thuật toán chức năng, thiết kế và lập trình ứng dụng điện thoại, kết nối các thiết bị thành phần trong hệ thống NLMT.
- Nguyễn Chí Nhân: xây dựng máy chủ và CSDL, hỗ trợ kết nối các thiết bị thành phần trong hệ thống NLMT, phân tích và đánh giá dữ liệu thu thập được.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ITU, Recommendation ITU-T Y.2060, 06/2012;.
2. Research of Lopez. An Introduction to the Internet of Things (IoT). 2013;.
3. Lee I, Lee K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. Business Horizons. 2015;58:431–440. Available from: https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008.
4. Padraig Scully. IoT Analytics. [Online]. 2018;Available from: https://iot-analytics.com/top-10-iot-segments-2018-real-iot-projects/.
5. Tập đoàn Điện lực Việt Nam. [Online]. (2021, Jan.);Available from: https://www.evn.com.vn/d6/news/Dien-mat-troi-mai-nha-phat-trien-bung-no-tong-cong-suat-lap-dat-da-len-toi-gan-9300-MWp-66-142-27205.aspx.
6. Abarna M, Janani M, Preethika K Dr. Lavanya Dhanesh. Solar Panel Monitoring System Using Smart Phone Technology, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering. 2019;8(3):560–566.
7. Yadav I, Sarswat SKMS. Real Time Monitoring of Solar PV Parameter Using IoT. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). 2019;p. 267–271. Available from: https://doi.org/10.35940/ijitee.A1054.1191S19.
8. Remya M, Aravind H, Ullas R, Nirmala V. Designing a Wireless Solar Power Monitor for Wireless Sensor Network Applications. in 2018 IEEE 8th International Advance Computing Conference (IACC). 2018;p. 79–84. Available from: https://doi.org/10.1109/IADCC.2018.8692105.
9. Đào Nam Thái. Thử nghiệm thiết bị điều khiển và giám sát dòng điện thông qua mạng GSM, Luận văn Thạc sỹ ngành: Kỹ thuật điện tử; Mã số: 60 52 70. Hà Nội, 2012;.
10. Redsun Energy. Pin Poly RS-P618-25W. [Online];Available from: https://redsun.com.vn/san-pham/pin-poly-rs-p618-23-26w-77.html.
11. Allegro MicroSystem, Inc., ACS712 - Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor, 2006;.
12. Joint Research Centre, European Commission. (2019, Oct.) PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM. [Online];Available from: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#DR.
13. Đặng Đình Thống, Liên LD. Cơ sở Năng lượng mới và tái tạo. Hà Nội: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2006;.
14. Habbati B, Ramdani Y, Moulay F. A detailed modeling of photovoltaic module using MATLAB. NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics. 2014;3. Available from: https://doi.org/10.1016/j.nrjag.2014.04.001.

Science & Technology Development Journal – Natural Sciences, 5(3):1482-1499

Open Access Full Text Article

Research Article

Solar power monitoring system based on IoT technology

Nguyen Phuoc Hoang Khang[1,2,*], Nguyen Chi Nhan[1,2]

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

ABSTRACT

This paper presented the design of a solar power monitoring system based on Internet of Things (IoT) technology. The system would gather the electrical characteristics of the solar system such as current, voltage and power at both DC and AC side then send them to the server by a monitoring module. The server contained databases and feature algorithms to perform the data transferring between the monitoring module and the mobile application. The mobile application was designed with features including: sign-up, sign-in, display and graph of solar parameters. The operation of the monitoring system was checked with data collected from December 8^{th}, 2020 to December 12^{th}, 2020. Beside that, the performance of the solar system was also analyzed in MATLAB by comparing the actual power the photovoltaic panels created (P) with the theoretical simulating power (Pmax) at the same moment. The average hour ratio between the gathered and the calculated had the maximum of 0.8 in the period of time from 6:00 to 10:00 and the average value of 0.58 in all the checked data. On the other hand, a common of having low ratios of P and Pmax from 14:00 to 17:00 in all of the obsered days would suggest some obstacle or shading problems at the installed location. These data collection and calculation models could be used as a basis to apply for further research of classification in the performance of the photovoltaic panels.

Key words: solar power system, Internet of things, solar power monitoring

[1]*Integrated Circuits Design Laboratory, University of Science, VNU-HCM, Vietnam*

[2]*Faculty of Physics and Engineering Physics, University of Science, VNU-HCM, Vietnam*

Correspondence

Nguyen Phuoc Hoang Khang, Integrated Circuits Design Laboratory, University of Science, VNU-HCM, Vietnam

Faculty of Physics and Engineering Physics, University of Science, VNU-HCM, Vietnam

Email: nphkhang@hcmus.edu.vn

History

- Received: 17-5-2021
- Accepted: 29-7-2021
- Published: 19-8-2021

DOI : 10.32508/stdjns.v5i3.1070

Check for updates

Copyright

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

VNU-HCM Press

Cite this article : Khang N P H, Nhan N C. **Solar power monitoring system based on IoT technology**. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.;* 5(3):1482-1499.