

TÍNH TOÁN VÀ CHẾ TẠO HỆ THỐNG TRACKING NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI THỤ ĐỘNG ỨNG DỤNG THIẾT KẾ CHO CÁC MÔ HÌNH NHÀ MÁY ĐIỆN MẶT TRỜI PASSIVE SOLAR TRACKING SYSTEM FOR DESIGNING ON-GRID SOLAR POWER PLANT PROJECTS

Tăng Huệ Hưng, Nguyễn Văn Hiếu

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên- ĐHQG TP.HCM

Ngày tòa soạn nhận bài 20/9/2016, ngày phản biện đánh giá 30/9/2016, ngày chấp nhận đăng 20/10/2016

TÓM TẮT

Phương pháp tracking là một trong số các giải pháp giúp nâng cao năng lượng thu được từ các hệ thống điện mặt trời được ứng dụng tại nhiều nước phát triển nhưng chưa được sử dụng rộng rãi tại Việt Nam. Trong công trình nghiên cứu này, tác giả tập trung vào việc thiết kế và chế tạo một hệ tracking năng lượng mặt trời theo phương pháp tracking thụ động dựa các dữ kiện như kinh vĩ độ và các tham số thời gian.

Tác giả đã tiến hành tổng hợp các phương pháp xác định chính xác vị trí góc mặt trời, từ đó chế tạo và xây dựng thuật toán điều khiển cho hệ tracking; đo thực nghiệm so sánh điện năng thu được của hệ thống điện mặt trời giữa hệ tracking chế tạo và hệ lắp cố định trong một số điều kiện thời tiết khác nhau. Từ đó phân tích đánh giá hiệu quả của giải pháp khi áp dụng tại Việt Nam. Các kết quả thực nghiệm cho thấy giải pháp có nhiều ưu điểm và kỳ vọng có thể giúp tăng trên 30% lượng điện năng thu được so với các hệ lắp cố định. Ngoài ra nhóm đã bước đầu xây dựng phần mềm giúp người sử dụng thiết kế tính toán cho các hệ thống điện mặt trời hòa lưới theo các khu vực khắp Việt Nam.

Với khả năng nâng cao hiệu quả thu điện đáng kể cho các hệ thống điện mặt trời, giải pháp tracking giúp giảm công suất thiết kế và chi phí đầu tư đồng thời tiết kiệm nguyên vật liệu và hoàn toàn phù hợp áp dụng tại Việt Nam. Đặc biệt, khi công nghệ phát triển, hiệu suất pin mặt trời càng nâng cao, hiệu quả giải pháp mang lại càng được phát huy.

Từ khóa: năng lượng mặt trời; tracking thụ động; hệ thống hòa lưới; góc mặt trời; kinh vĩ độ.

ABSTRACT

Solar tracking method is one of the methods to help improve the obtained energy for solar power system. It has been applied in many developed countries, but not yet widely used in Vietnam. In this study, the authors focused on design and manufacture of a solar tracking method based on latitude, longitude and time.

The authors synthesized methods for determining the exact angle of the sun, thus manufactured and built an algorithm for tracking system; experimentally measured and compared the obtained energy of solar power systems between tracking and fixed installation systems in different weather conditions. Then the effectiveness of solution was analyzed when it would be applied in Vietnam. The experimental results showed that the solution brought back advantages and helped increase 30% obtained energy compared to a non-tracking

system. In addition, software to help users calculate and design solar on-grid system based on location throughout Vietnam was developed.

With the ability to help improve efficiency for solar power systems, this tracking solution can help reduce total capacity of solar project, investment costs and save materials. It is very applicable in Vietnam. In particular, with developing technology, the higher efficiency the solar panel will have, the more meaningful contribution of the tracking solution will be promoted.

Keywords: solar energy; tracking; on-grid system; sun angle; solar panel; longitude; latitude.

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm vừa qua, nhu cầu sử dụng năng lượng ngày càng cao và tác động trực tiếp đến sự phát triển kinh tế xã hội đến nhiều quốc gia trên thế giới trong đó có Việt Nam. Chi phí về năng lượng ngày càng tăng do các nguồn năng lượng hóa thạch bị khai thác quá mức và có xu hướng cạn kiệt trong tương lai không xa [1,2]. Năng lượng tái tạo (NLTT), trong đó nổi bật là năng lượng mặt trời (NLMT) là vô tận được nhiều nước phát triển khai thác, thay thế dần các nhà máy điện truyền thống [3].

Việt Nam có vị trí địa lý nằm hoàn toàn trong khu vực nhiệt đới. Phần đất liền có vĩ độ từ 8°27' - 23°23' Bắc, có tiềm năng rất lớn về NLTT nói chung và NLMT nói riêng. Theo Quy hoạch điện VII, cơ cấu nguồn điện NLTT sẽ chiếm 5.6% về công suất (trên tổng số 75 000MW) và 4.5% về lượng điện (trên tổng số 330 tỷ KWh) vào năm 2020. Đến năm 2030, công suất và sản lượng điện tăng gấp đôi (146 800MW và 695 tỷ KWh). Trong đó tỷ trọng NLTT tăng đáng kể với tỉ lệ tương ứng lần lượt là 9.4% và 6.0% [4].

Điều này cho thấy NLTT sẽ được chú trọng và phát triển mạnh trong thời gian tới, nhiều dự án nhà máy điện NLMT sẽ được triển khai. Vì vậy, việc nghiên cứu và ứng dụng các giải pháp nâng cao năng suất các hệ thống điện mặt trời (ĐMT) nhằm mục đích tiết kiệm chi phí đầu tư và tài nguyên vật liệu, tài nguyên đất đai,... là một vấn đề quan

trọng và cấp thiết. Trong đó giải pháp “solar tracking” cơ học giúp thu được lượng điện tối đa được ứng dụng thành công tại nhiều nơi trên thế giới. Một số nghiên cứu hệ về solar energy [5] và tracking tự động [6] đã được nhóm nghiên cứu và công bố.

Trong đề tài nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào việc thiết kế chế tạo một hệ solar tracking có thể lắp đặt các tấm solar panel công suất lớn bằng phương pháp “tracking thụ động” phù hợp với điều kiện vĩ độ thấp của nước ta. Từ đó đo đạc thực nghiệm và phân tích hiệu quả của giải pháp cả về kỹ thuật và kinh tế tạo cơ sở lý luận và thực tiễn cho các dự án và công trình NLMT trong tương lai.

2. HỆ THỐNG TRACKING THỤ ĐỘNG

2.1 Cơ sở lý thuyết

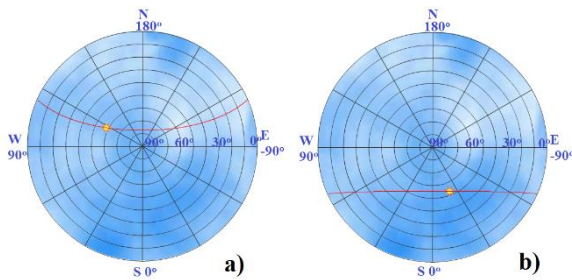
- *Phương pháp solar tracking*

Solar tracking là phương pháp điều khiển tấm solar panel luôn hướng vuông góc với mặt trời nhằm thu được năng lượng tối đa.

Có hai giải pháp chính về solar tracking: một là sử dụng cảm biến quang dò bức xạ mặt trời để xác định vị trí có bức xạ cực đại. Hai là sử dụng giải pháp tracking thụ động, giải pháp này đòi hỏi phải biết chính xác vị trí góc mặt trời (góc phương vị, cao độ) theo các thời điểm trong ngày, các mùa trong năm ứng với vị trí lắp đặt (kinh độ, vĩ độ) để điều khiển hệ tracking. Trong đề tài nghiên cứu này chúng tôi lựa chọn giải pháp

tracking thụ động phù hợp ứng cho dụng các hệ thống điện mặt trời hòa lưới.

Tại nước ta, các công trình lắp đặt pin mặt trời dân dụng được khuyến cáo lắp đặt nghiêng theo hướng chính Nam (cao Bắc, thấp Nam), góc nghiêng tùy vào vĩ độ khu vực lắp đặt (12-15°) để thu được lượng điện tối ưu. Điều này không thực sự chính xác, nó chỉ có thể giảm độ chênh lệch về lượng điện thu được giữa các mùa.



Hình 1. Chuyển động mặt trời so với vị trí mặt đất tại khu vực TP HCM[2]

a) Ngày 21/6

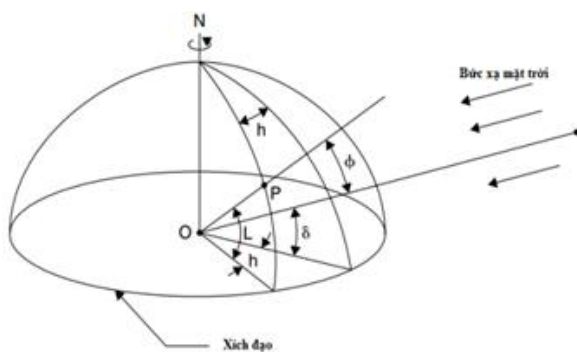
b) Ngày 22/12

• Góc mặt trời[3]

Các phương trình tính góc mặt trời

- Góc lệch theo ngày thứ N trong năm được tính:

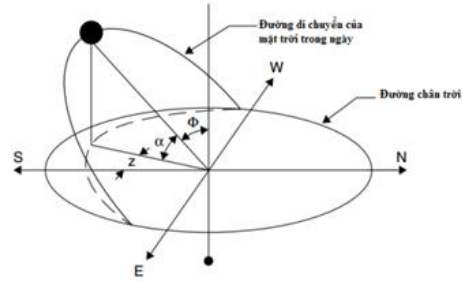
$$\delta = 23.45 \sin\left[\frac{360}{365} (284 + N)\right] \quad (1)$$



Hình 2. Các tham số tính góc mặt trời

- Góc giờ h được tính theo giờ mặt trời AST (apparent solar time)

$$h = (AST-12)15 \quad (2)$$



Hình 3. Góc phương vị và góc cao độ

- Góc cao độ (α) và góc phương vị (z) được tính với L là vĩ độ khu vực.

$$\sin(\alpha) = \sin(L)\sin(\delta) + \cos(L)\cos(\delta)\cos(h) \quad (3)$$

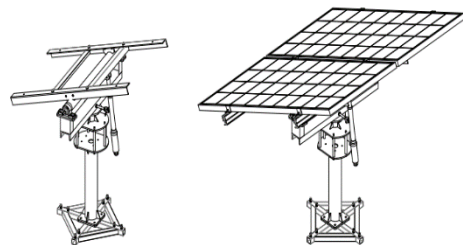
$$\sin(z) = \frac{\cos(\delta)\sin(h)}{\cos(\alpha)} \quad (4)$$

Dựa vào α và z, ta cần xử lý và chuyển đổi giá trị của chúng thành giá trị tương ứng phù hợp để điều khiển chuyển động của hai trục tracking.

Các hướng chuyển động của mặt trời vào các mùa khác nhau có sự chênh lệch rất lớn. Vào mùa hè, hướng di chuyển mặt trời phần lớn lệch hẳn về hướng Bắc. Còn vào các tháng cuối năm, đường chuyển động mặt trời lệch hoàn toàn hướng nam so với đường đông – tây. Tại các thời điểm mùa xuân và thu, theo đường di chuyển quanh trục đông tây, mặt trời đi qua đỉnh đầu.

2.2 Thiết kế chế tạo

• Thiết kế mô phỏng hệ cơ khí

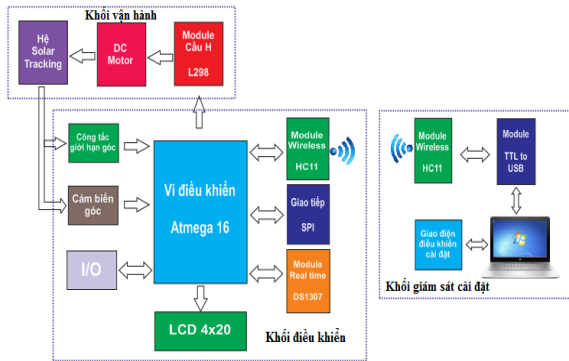


Hình 4. Mô phỏng thiết kế hệ cơ khí

Hệ được thiết kế mô phỏng trên phần mềm SolidWorks bao gồm:

- + Trục đứng: điều khiển xoay chiều đông tây
- + Trục ngang: điều khiển góc nghiêng panel

• Nguyên lý điều khiển



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý điều khiển

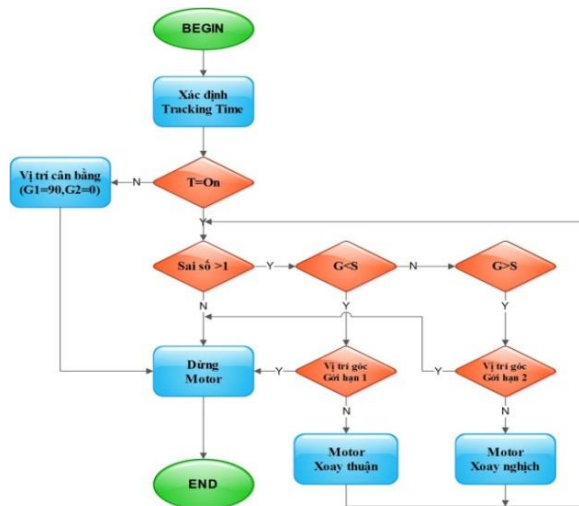
Gồm 3 khối chính:

- + Khối điều khiển: mạch điều khiển trung tâm, xử lý mọi hoạt động hệ tracking.
- + Khối vận hành: mạch công suất cho động cơ, nhận tín hiệu vị trí trực trả về cho mạch điều khiển.
- + Khối giám sát cài đặt: cài đặt các tham số ban đầu, giám sát và điều khiển hệ tracking qua giao tiếp không dây.

• Thuật toán điều khiển tracking

Nguyên lý điều khiển chính:

- Tính toán được vị trí mặt trời
- Xác định vị trí trực xoay
- Điều khiển động cơ thu hẹp độ lệch giữa vị trí trực và vị trí góc mặt trời



Hình 6. Giải thuật tracking thụ động

• Hệ tracking hoàn thành

Các thông số của hệ:

- + Kích thước: 90x110x120 cm
- + Khả năng lắp đặt: 2m² solar panel
- + Sai số vị trí trực và góc mặt trời: ~1°
- *Trục đứng:
 - Giới hạn góc quay: 0-180°
 - Tốc độ: 6°/phút
- * Trục ngang:
 - Giới hạn góc quay: -45°- 45°
 - Tốc độ trung bình: 1°/s



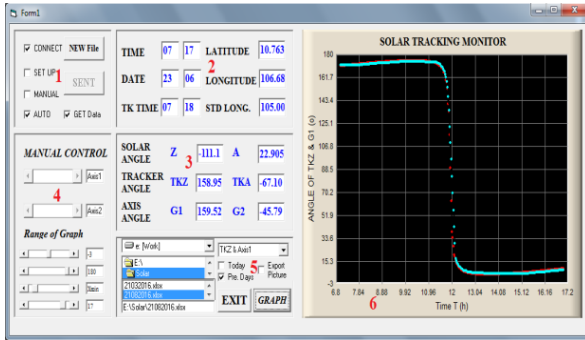
Hình 7. Hệ tracking hoàn thành thực tế

• Giám sát điều khiển từ máy tính

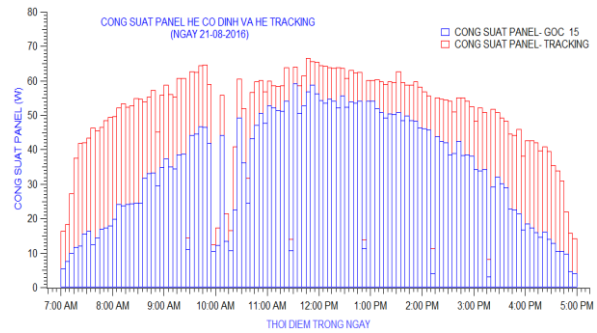
Hệ tracking có thể được điều khiển và giám sát từ máy tính qua giao tiếp không dây theo chuẩn UART (truyền thông nối tiếp không đồng bộ).

Giao diện điều khiển có có năng

- Cài đặt các tham số ban đầu: thời gian, kinh vĩ độ, thời gian hoạt động,...
- Điều khiển manual
- Giám sát và thu thập dữ liệu
- Xuất lưu dữ liệu định dạng excel



Hình 8. Giao diện điều khiển giám sát



Hình 9. Công suất ngõ ra panel hệ cố định và hệ tracking ngày 21/08.2016

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

3.1 Hiệu quả kỹ thuật

Để xác định được hiệu quả của giải pháp, chúng tôi đã thiết lập hai hệ điện mặt trời có cấu hình giống nhau, đo thực nghiệm so sánh trong cùng vị trí và thời gian trong một số điều kiện thời tiết khác nhau (năng lượng bức xạ).

+ Hệ 1: lắp cố định tấm panel góc nghiêng 15° theo hướng chính nam

+ Hệ 2: lắp trên hệ tracking thụ động

Địa điểm khảo sát: khu dân cư Vĩnh Lộc B, huyện Bình Chánh, TP HCM.

Cấu hình mỗi hệ gồm:

- Solar panel: 80Wp
- Bộ điều khiển sạc: MPPT 12V-20A
- Ắc quy: 12V-18Ah

Bảng 1. Kết quả đo khảo sát về năng lượng

Năng lượng bức xạ	Ngày	Điện năng thu được (KWh)		Chênh lệch (%)
		Cố định	Tracking	
Thấp	19/8/16	0.16	0.22	37.5
Trung bình	24/7/16	0.27	0.34	25.9
Cao	21/8/16	0.34	0.46	35.3

3.2 Năng lượng tiêu thụ của hệ tracking

Bảng 2. Kết quả đo khảo sát về năng lượng tiêu thụ của hệ tracking

Thiết bị	Chu kỳ xoay (phút)	Công suất TB(W)	Thời gian hoạt động	Năng lượng tiêu thụ/ngày (Wh)
ĐC1	30.5	0.88	61 phút	0.90
ĐC2	1.5	1.53	3 phút	0.08
Mạch điện		0.73	12 giờ	8.76

Năng lượng tiêu thụ lớn nhất của hệ tracking: 9.74 Wh/ngày.

Điện lượng tiêu thụ tính riêng phần truyền động: 0.98Wh/ngày.

3.3 Phân tích và thảo luận

Hệ tracking thụ động có thể điều khiển tracking góc mặt trời với độ chính xác rất cao và không bị ảnh hưởng bởi các yếu tố bên ngoài.

Năng lượng tiêu hao của hệ rất bé so với năng lượng thu được chênh lệch nhiều hơn, chiếm 0.8-1.6%.

Trong các điều kiện thời tiết khác nhau, giải pháp tracking luôn thu được lượng điện lớn hơn rất nhiều so với các hệ lắp cố định từ 25.9% - 37.5%. Vì thế giải pháp kỳ vọng đạt

hiệu quả về năng lượng trên 30% so với lắp cố định.

4. THIẾT KẾ PHÂN TÍCH DỰ ÁN ĐIỆN MẶT TRỜI HÒA LƯỚI

4.1 Cơ sở thiết kế

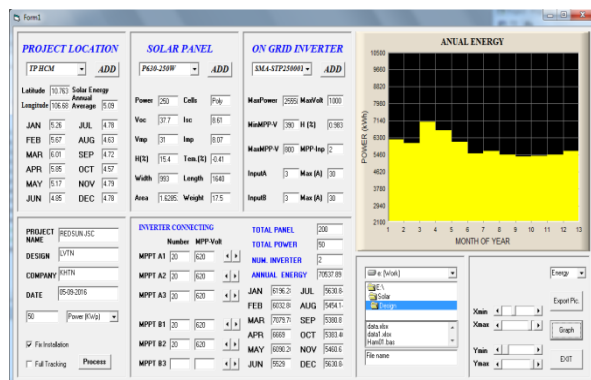
Năng lượng bức xạ mặt trời: dữ liệu sử dụng gồm các số liệu về vị trí kinh vĩ độ, cường độ bức xạ trung bình các tháng,... của 38 khu vực tỉnh khắp Việt Nam.

Thông số kỹ thuật pin mặt trời: các thông số kỹ thuật của tấm pin mặt trời: công suất, điện áp hở mạch, dòng ngắn mạch, điện áp và dòng tại điểm đạt công suất cực đại.[4] Phần mềm thiết kế sử dụng chủ yếu các model pin mặt trời công ty Mặt Trời Đỏ.

Thông số kỹ thuật thiết bị hòa lưới: các thông số quan trọng trong việc thiết kế tính toán của thiết bị hòa lưới là: công suất, số ngõ MPPT(Maximum power point tracking-dò điểm công suất cực đại) độc lập, số input trên mỗi ngõ, dây điện áp MPPT và dòng giới hạn trên mỗi ngõ,...Phần mềm sử dụng các thông số thiết bị hòa lưới hãng SMA.[5]

Giải pháp lắp đặt: ứng dụng từ kết quả nghiên cứu, giả thuyết giải pháp tracking giúp tăng năng suất 30% so với lắp cố định.

4.2 Phần mềm thiết kế hệ thống điện mặt trời

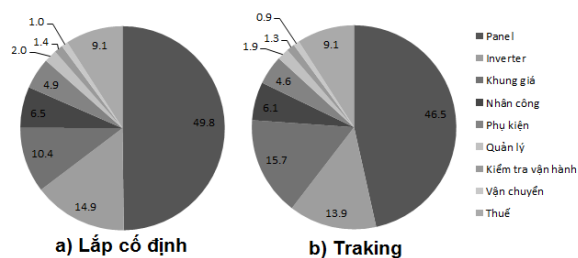


Hình 10. Giao diện phần mềm thiết kế hệ thống điện mặt trời hòa lưới-Solar design

Từ các dữ liệu, phần mềm sẽ tính toán ra cầu hình cho hệ thống, phương thức kết nối panel với thiết bị hòa lưới, năng lượng thu được trung bình các tháng, v.v... Người dùng có thể phân tích kết quả từ đồ thị biểu diễn bức xạ mặt trời và sản lượng điện thu được trung bình các tháng, xuất file thiết kế định dạng word.doc.

4.3 Hiệu quả kinh tế cho hệ thống 50 KWp

Sử dụng kết quả tính toán từ phần mềm, khối lượng thiết bị vật tư chính được công ty CPNL Mặt Trời Đỏ lập dự toán chi tiết. Theo đó, hiện tại chi phí cho hệ thống 50KWp lắp khung giá cố định là 1.505 tỷ đồng. Chi phí lắp đặt cho tracking dao động trong khoảng 200-250USD/KWp.



Hình 11. Cơ cấu tỉ lệ về giá thành hệ 50KWp lắp cố định và tracking

Kết quả tính toán cho thấy để thu được cùng sản lượng điện, giải pháp tracking dù có hạng mục khung giá lắp đặt cao hơn 60-100% so với lắp cố định nhưng nhờ giảm được 30% tổng công suất thiết kế nên cuối cùng có thể giảm được khoảng 17% tổng chi phí đầu tư so với việc lắp cố định.

5. KẾT LUẬN

Giải pháp tracking thụ động có nhiều ưu điểm nổi bật so với một số phương pháp khác. Năng lượng sử dụng cho điều khiển tracking chỉ chiếm khoảng 1% lượng điện thu được nhiều hơn. Giải pháp kỳ vọng giúp tăng hơn 30% năng suất thu điện các hệ thống điện mặt trời so với việc lắp cố định các tấm solar panel. Với thời điểm hiện tại,

giải pháp có thể giúp tiết kiệm 17% chi phí đầu tư ban đầu cho các hệ thống điện mặt trời quy mô lớn.

Phần mềm thiết kế cho các dự án điện mặt trời với cơ sở dữ liệu đặc thù cho các khu vực Việt Nam sẽ giúp cho người sử dụng thiết kế cấu hình cho một hệ thống hòa lưới và ước lượng sản lượng điện theo phương pháp lắp đặt một cách nhanh chóng góp phần phổ biến việc sử dụng năng lượng mặt trời, đạt được các mục tiêu quốc gia. Tuy nhiên cần cập nhật đầy đủ hơn các dữ liệu và tạo thêm chức năng phân tích tác động đến môi trường và hiệu quả kinh tế, thời gian thu hồi vốn dựa trên chi phí đầu tư, giá mua điện, v.v... để có thể tạo thành một sản phẩm hoàn chỉnh.

Các yếu tố về điều kiện thời tiết, bức xạ mặt trời là bất định, cũng như sự khác biệt về vị trí địa lý là nguyên nhân khách quan dẫn đến kết quả thực nghiệm và tính toán

mang tính ước lượng và kì vọng áp dụng cho một phạm vi khu vực riêng. Cần phải mở rộng phạm vi khu vực đo thực nghiệm đồng thời thực hiện liên tục xuyên suốt thời gian dài để có kết quả chính xác hơn. Tuy nhiên các kết quả nghiên cứu ban đầu cho thấy giải pháp mang lại hiệu quả rất lớn về kinh tế và kỹ thuật. Với sự phát triển công nghệ, hiệu suất pin mặt trời ngày càng được cải thiện thì giá trị giải pháp mang lại sẽ càng được nâng cao trong tương lai không xa.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Công ty CPNL Mặt Trời Đỏ đã hỗ trợ một số thiết bị, dụng cụ và giúp dự toán đánh giá chi phí về các hạng mục cho hệ thống điện mặt trời hòa lưới trong quá trình thực hiện nghiên cứu đề tài. Phần khảo sát và đo được thực hiện tại BM VLĐT (Trường ĐHKHTN-ĐHQG Tp.HCM)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Seteris A. Kalogirou, *Solar energy engineering: processes and systems*, 2009.
- [2] www.pveducation.org và www.sma.com.de/en/
- [3] Hans-Güther Wagemann, Heinz Eschrich, *Photovoltaik*, 2010. (Dịch giả Dương Minh Trí, *Quang điện*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, năm 2013).
- [4] Quyết định Phê duyệt Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia giai đoạn 2011-2020 có xét đến năm 2030 (Quy hoạch điện VII), Số 1208/QĐ-TTg, ngày 21-07-2011.
- [5] Nguyễn Hùng Minh, Luận văn Thạc sỹ: *Tính chất, mô phỏng chế tạo và ứng dụng của tấm Pin mặt trời CdS/CdTe* (Trường ĐHSPKT Tp.HCM, 2010, CBHD: TS. Nguyễn Văn Hiếu)
- [6] Nguyễn Phan Anh Quốc, Luận văn Thạc sỹ: *Hệ tracking năng lượng mặt trời tự động* (Trường ĐHSPKT Tp.HCM, 2011, CBHD: TS. Nguyễn Văn Hiếu)

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Tăng Huệ Hưng

Trường ĐH Khoa học Tự nhiên TP HCM

Email: hung.dt.1902@gmail.com