

BUILDING HARDWARE MODEL FOR SOLAR POWER STATION CONNECTED GRID, APPLIED AT OFFICES, SCHOOLS, ENTERPRISES IN LAO CAI CITY

Duong Quoc Hung^{1*}, Nguyen Huu Cong², Nguyen The Cuong², Le Dinh Son³

¹TNU - University of Technology, ²Thai Nguyen University,

³ASO Mechatronics joint stock company

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Received: 24/5/2021</p> <p>Revised: 28/5/2021</p> <p>Published: 31/5/2021</p>	<p>Lao Cai, a northwest mountainous province, has great potential for tourism development and mineral exploitation for socio-economic development. As a province bordering China, every year Lao Cai still has to buy electricity from abroad. Therefore, to reduce the load for domestic fossil power sources is gradually depleting and less dependent on electricity purchased from China. The construction of solar power stations in Lao Cai in particular and in Vietnam in general is essential and in line with the Government's policy. Currently, the distribution and installation of solar power stations is very popular. However, in Vietnam, most inverter and grid-connected controllers are imported from abroad. This article presents research results to create a solar power system with Vietnamese brand. The hardware models are installed and tested in 3 different locations in Lao Cai city with a total capacity of up to 20 KW.</p>
<p>KEYWORDS</p> <p>Solar power</p> <p>Inverter</p> <p>Grid Controller</p> <p>Microprocessor</p> <p>Automatic source switching</p>	

XÂY DỰNG MÔ HÌNH PHẦN CỨNG HỆ THỐNG ĐIỆN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI HÒA LƯỚI ỨNG DỤNG CHO CƠ QUAN CÔNG SỞ, TRƯỜNG HỌC, DOANH NGHIỆP TẠI THÀNH PHỐ LÀO CAI

Dương Quốc Hưng^{1*}, Nguyễn Hữu Công², Nguyễn Thế Cường², Lê Đình Sơn³

¹Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – ĐH Thái Nguyên,

²Đại học Thái Nguyên, ³Công ty cổ phần cơ điện tử ASO

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
<p>Ngày nhận bài: 24/5/2021</p> <p>Ngày hoàn thiện: 28/5/2021</p> <p>Ngày đăng: 31/5/2021</p>	<p>Lào Cai, một tỉnh miền núi phía Tây Bắc, có tiềm năng lớn về phát triển du lịch và khai thác khoáng sản để phát triển kinh tế xã hội. Là một tỉnh giáp với Trung Quốc, hàng năm Lào Cai vẫn phải mua điện từ nước bạn. Hơn nữa, do đặc thù dân cư còn thưa thớt, các cơ quan công sở của Lào Cai có không gian khá rộng, số giờ nắng vào mùa hè khá cao. Do vậy, để giảm tải cho nguồn điện hóa thạch trong nước đang dần cạn kiệt và ít lệ thuộc hơn vào nguồn điện mua từ Trung Quốc. Việc xây dựng các trạm điện năng lượng mặt trời tại Lào Cai nói riêng và ở Việt Nam nói chung là hết sức cần thiết, phù hợp với chủ trương của Chính phủ. Hiện nay, việc phân phối và lắp đặt các trạm điện năng lượng mặt trời không còn xa lạ. Tuy nhiên, ở Việt Nam phần lớn các bộ Inverter và hòa lưới đều được nhập từ nước ngoài. Việc sử dụng, bảo hành, bảo dưỡng các sản phẩm này còn lệ thuộc nhiều vào hãng. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu để tạo ra một hệ thống điện năng lượng mặt trời mang thương hiệu Việt. Sản phẩm có tính năng tương đương một số hàng nhập ngoại nhưng vẫn làm chủ được công nghệ và thiết bị. Kết quả mô hình phần cứng được lắp đặt thử nghiệm tại 3 địa điểm khác nhau tại thành phố Lào Cai với tổng công suất lên đến 20 KW.</p>
<p>TỪ KHÓA</p> <p>Năng lượng mặt trời</p> <p>Nghịch lưu</p> <p>Bộ hòa lưới</p> <p>Bộ vi xử lý</p> <p>Chuyển nguồn tự động</p>	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.4220>

* Corresponding author. Email: quochungtd@mut.edu.vn

1. Giới thiệu

Mặt trời là nguồn năng lượng lớn nhất mà con người có thể tận dụng được: Sạch, mạnh mẽ, dồi dào, đáng tin cậy, gần như vô tận và có ở khắp nơi dù ít hay nhiều. Việc khai thác năng lượng mặt trời gần như không có ảnh hưởng tiêu cực gì đến môi trường, giúp giảm tải cho nguồn năng lượng hóa thạch đang dần cạn kiệt. Nhận thấy tầm quan trọng của nguồn năng lượng này, trong những năm gần đây, các nhà khoa học trên thế giới đã không ngừng nghiên cứu để sản xuất ra các tấm PIN năng lượng mặt trời cho hiệu suất cao, tăng tuổi thọ, giảm kích thước và khối lượng [1]. Bên cạnh đó, việc nghiên cứu chế tạo ra các thiết bị nghịch lưu và hòa lưới từ nguồn năng lượng này cũng được triển khai. Một trong những công nghệ hiện đại hiện nay là bộ chuyển đổi đa chuỗi hai cấp. Bộ chuyển đổi này bao gồm một số tổ hợp tấm PIN được kết nối với các bộ chuyển đổi DC và từ đó kết nối tới một bộ chuyển đổi DC chung [2], [3]. Cấu trúc này có ưu điểm như theo dõi độc lập được công suất cực đại của từng tổ hợp cho đến toàn hệ thống. Cấu trúc này có thể đạt hiệu suất cao nhất lên đến 96% [4]. Các cơ chế chuyển đổi đa cấp cũng đã được đề cập trong các ứng dụng [5]. Cấu trúc đa cấp này tạo ra các dạng sóng điện áp chất lượng cao hoạt động ở tần số gần cơ bản [6]. Ở Việt nam, trong những năm gần đây, các dự án lắp đặt các hệ thống điện năng lượng mặt trời đã trở nên phổ biến. Một số các dự án lắp đặt thử nghiệm với công suất từ nhỏ đến lớn đã được triển khai tại một số tỉnh [7]-[10] thuộc các vùng miền khác nhau của Việt Nam. Các hệ thống phần lớn đều có tính năng hòa lưới, một số có thêm tính năng truyền thông về trung tâm [7], [8], hoặc có khả năng xoay theo hướng di chuyển của mặt trời [9]. Các hệ thống này, phần lớn các Inverter được nhập ngoại từ nước ngoài có giá thành cao, việc thay thế và sửa chữa phụ thuộc vào hãng hoặc dừng lại ở việc sản xuất thử nghiệm mô hình để sử dụng điện cục bộ, không hòa lưới.

Khoa học kỹ thuật phát triển, thúc đẩy các nhà khoa học trong nước tạo ra một hệ thống năng lượng mặt trời mang thương hiệu Việt dựa trên việc giải mã thiết bị, kế thừa và phát triển một số sản phẩm thương mại của các hãng sản xuất năng lượng mặt trời danh tiếng trên thế giới. Bài báo này trình bày một kết quả của nghiên cứu, chế thử nhằm tạo ra một mô hình hệ thống năng lượng mặt trời, với các thiết bị chính được thiết kế, chế tạo và lắp đặt tại Việt Nam. Điều này giúp chúng ta làm chủ được công nghệ và thiết bị. Sản phẩm là 3 mô hình được lắp đặt thử nghiệm tại thành phố Lào Cai với tổng công suất 25 kW hứa hẹn đem lại hiệu quả cao và có thể tiến tới sản xuất thương mại.

2. Xây dựng mô hình

2.1. Lựa chọn địa điểm lắp đặt và tấm PIN năng lượng mặt trời

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả lựa chọn loại PIN Poly của hãng Canadian Sola.

- Tổng công suất thiết kế cho 3 địa điểm lắp đặt là: 25 kWh.

- Công suất của một tấm Pin là 0.415 kW.

- Số lượng tấm Pin: $25/0.415 = 60.24$ tấm.

Để đảm bảo công suất tính toán lớn hơn công suất thiết kế, nhóm tác giả lựa chọn lên thành 64 tấm Pin, mỗi tấm có công suất 0.415 kW.

Căn cứ vào các tiêu chí sau để lựa chọn địa điểm lắp đặt:

- Vị trí địa lý thuận lợi: Mặt bằng rộng, địa hình cao, số giờ nắng nhiều;

- Phục vụ được nhiều nhất cho lợi ích chung của nhân dân;

- Phòng điều khiển trung tâm (Bao gồm các thiết bị phần cứng và phần mềm điều khiển giám sát SCADA) cần được đặt tại cơ quan của đơn vị chủ quản là Sở Khoa học và công nghệ, để thuận lợi cho việc vận hành, theo dõi và đánh giá.

Sau khi khảo sát, nhóm tác giả đã lựa chọn được địa điểm và công suất lắp đặt như bảng 1. Các tấm PIN được lắp đặt áp mái bằng các thanh ray đỡ trên các mái tôn (hình 1).

Bảng 1. Địa điểm và tính toán số lượng tấm Pin

Số TT	Tên sản phẩm ứng dụng	Địa điểm	Số lượng tấm Pin	Công suất tính toán
1.	Hệ thống điện năng lượng mặt trời hòa lưới số 1 có công suất 10kW không lưu trữ + Phòng điều khiển trung tâm và phần mềm điều khiển giám sát từ xa.	Trung tâm Ứng dụng Khoa học Công nghệ Lào Cai.	25	$P = 25 * 0.415 = 10.375kW$
2.	Hệ thống điện năng lượng mặt trời hòa lưới số 2 có công suất 10kW không lưu trữ.	Bệnh viện đa khoa tỉnh Lào Cai.	25	$P = 25 * 0.415 = 10.375kW$
3.	Hệ thống điện năng lượng mặt trời hòa lưới số 3 có công suất 5kW có lưu trữ.	Nhà máy nước Cốc San - Công ty Cổ phần cấp nước Lào Cai.	14	$P = 14 * 0.415 = 5.81kW$
Tổng			64	26.56kW



Hình 1. Tấm PIN được lắp đặt áp mái trên các mái tôn bằng các thanh ray đỡ

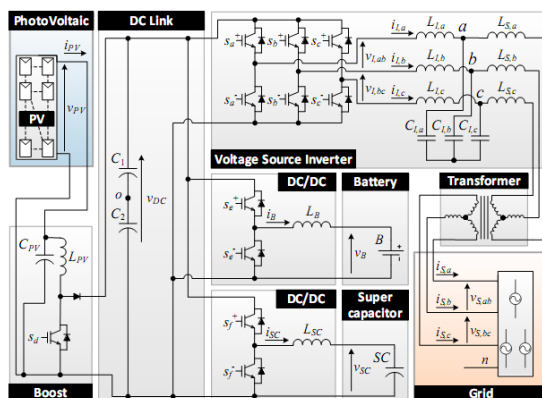
2.2. Hệ thống nối lưới có sử dụng Acquy lưu trữ

Hệ thống nối lưới có sử dụng Acquy được trình bày như hình 2; Sơ đồ mạch động lực của bộ Inverter và hòa lưới được trình bày như hình 3.



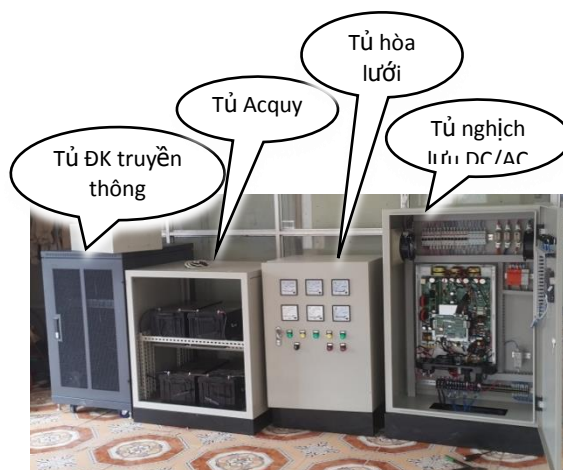
Hình 2. Sơ đồ nguyên lý làm việc của hệ thống NLMT có lưu trữ

- Hệ thống điện năng lượng mặt trời hòa lưới có dự trữ sẽ bao gồm các thiết bị sau:
- Tấm pin năng lượng mặt trời (Poto Voltaic) và bộ khuếch đại điện áp DC (Boost);
 - Khối nguồn một chiều (DC link);
 - Bộ chuyển đổi điện và hòa lưới (Voltage Source Inverter);
 - Acquy và khối nạp Acquy;
 - Đồng hồ đo điện;
 - Acquy để lưu trữ điện;
 - Tủ điều khiển truyền thông;
 - Bộ chuyển nguồn tự động (ATS);
 - Các thiết bị đầu cuối và phần mềm SCADA.



Hình 3. Sơ đồ mạch động lực của bộ Inverter và hòa lưới

Hình 4 trình bày cấu hình phần cứng thiết bị điều khiển của trạm năng lượng mặt trời công suất 5kW hòa lưới có lưu trữ.



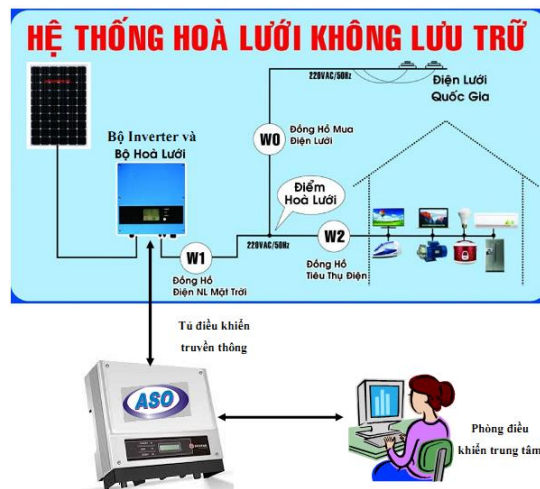
Hình 4. Cấu hình phần cứng thiết bị điều khiển tại trạm 5 kW có lưu trữ

Nguyên tắc hoạt động của hệ thống: Khi khởi động Acquy được ưu tiên nạp đầy từ pin mặt trời. Khi acquy đầy hệ thống sẽ chuyển qua hòa lưới, giúp giảm lượng điện tiêu thụ. Khi mất điện, bộ chuyển mạch (ATS) sẽ chuyển qua nguồn điện được dự trữ trong acquy, khi đó toàn bộ hệ pin mặt trời được chuyển qua sạc cho acquy. Khi có điện lưới trở lại thì hệ thống sẽ chuyển qua nạp acquy và hòa lưới bình thường.

2.3. Hệ thống nối lưới không sử dụng Acquy lưu trữ

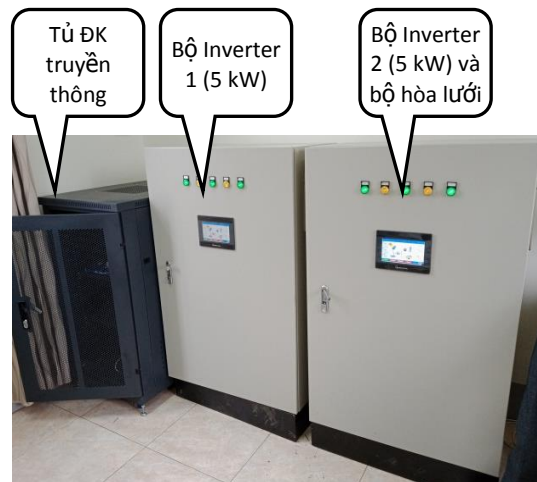
Hệ thống nối lưới không sử dụng Acquy được trình bày như hình 5, chúng bao gồm các thiết bị sau:

- Tấm pin năng lượng mặt trời (Poto Voltaic) và bộ khuếch đại điện áp DC (Boost);
- Khối nguồn một chiều (DC link);
- Bộ chuyển đổi điện và hòa lưới (Voltage Source Inverter);
- Đồng hồ đo điện;
- Tủ điều khiển truyền thông;
- Các thiết bị đầu cuối và phần mềm SCADA.



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý làm việc của hệ thống NLMT không lưu trữ

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã lắp đặt thử nghiệm 2 hệ thống hòa lưới không lưu trữ, mỗi hệ thống có công suất 10 KW. Do Bộ nghịch lưu DC/AC của hệ thống công suất 10 KW có công suất gấp 2 lần bộ 5 KW, do đó kích thước của phần thiết bị công suất cũng lớn lên. Khi triển khai, nhóm tác giả buộc phải chia đôi phần thiết bị công suất. Một phần 5 KW nằm ở vỏ tủ bộ nghịch lưu DC/AC, phần còn lại chuyển sang lắp chung với vỏ tủ của bộ điều khiển hòa lưới nhằm tận dụng không gian của tủ này. Hình 6 trình bày cấu hình phần cứng thiết bị điều khiển của trạm năng lượng mặt trời công suất 10 kW hòa lưới không lưu trữ.



Hình 6. Cấu hình phần cứng thiết bị điều khiển tại trạm 10 kW không lưu trữ

Trong quá trình làm việc, điện năng thu được từ tấm pin mặt trời là điện 1 chiều, đi qua bộ Inverter và hòa lưới với chức năng đổi từ điện DC – AC cùng pha và tần số sẽ tự hòa chung vào với điện lưới quốc gia. Khi công suất hòa lưới bằng công suất tải thì tải tiêu thụ điện năng sẽ lấy hoàn toàn từ pin mặt trời. Còn khi công suất tải tiêu thụ lớn hơn công suất hòa lưới thì tải sẽ lấy thêm lưới bù vào.

Dù hệ thống có hay không dự trữ, tại mỗi tủ Inverter đều có gắn một màn hình HMI để cài đặt các thông số điều khiển và theo dõi các thông số vận hành, các cảnh báo sự cố của hệ thống (hình 7). Toàn bộ các thông số vận hành, báo cáo tình trạng thiết bị và thống kê năng lượng vận hành, thông qua tủ điều khiển truyền thông tại tất cả các trạm được giao tiếp với trung tâm điều khiển của thành phố thông qua mạng viễn thông 4G (hình 8).



Hình 7. Giao diện HMI của hệ thống điện mặt trời 5 kW hòa lưới có lưu trữ



Hình 8. Giao diện SCADA thể hiện thông số của một trạm tại phòng điều khiển trung tâm

3. Kết quả thực nghiệm

Hệ thống được hoàn thành lắp đặt và chạy thử nghiệm bắt đầu từ tháng 01/2021. Sau khi lắp đặt, các hệ thống chạy ổn định, không xảy ra lỗi. Tuy nhiên, do thời điểm lắp đặt vào mùa đông, nên số giờ nắng rất ít.

Theo lũy kế từ phần mềm trên HMI sau 3 tháng (hình 9), ta có thể thống kê được tổng công suất phát ra tại các trạm như trong bảng 2.



Hình 9. Một ví dụ về tổng công suất phát sau 3 tháng của hệ thống điện mặt trời 5 kW hòa lưới có lưu trữ

Bảng 2. Tổng công suất phát của 3 mô hình được theo dõi trong 3 tháng

Số TT	Tên sản phẩm ứng dụng, công suất lắp đặt	Công suất phát trong 3 tháng
1.	Hệ thống điện năng lượng mặt trời hòa lưới số 1 có công suất 10kW không lưu trữ	1786kWh
2.	Hệ thống điện năng lượng mặt trời hòa lưới số 2 có công suất 10kW không lưu trữ.	1526kWh
3.	Hệ thống điện năng lượng mặt trời hòa lưới số 3 có công suất 5kW có lưu trữ.	999kWh

Bảng 3. Đánh giá hiệu suất sau 3 tháng thử nghiệm

Số TT	Tên sản phẩm ứng dụng, công suất lắp đặt	Hiệu suất
1.	Hệ thống điện năng lượng mặt trời hòa lưới số 1 có công suất 10kW không lưu trữ	$(1786\text{kWh}/450\text{h}/10\text{kW}) \times 100\% = 40\%$
2.	Hệ thống điện năng lượng mặt trời hòa lưới số 2 có công suất 10kW không lưu trữ.	$(1526\text{kWh}/450\text{h}/10\text{kW}) \times 100\% = 34\% \text{ kWh}$
3.	Hệ thống điện năng lượng mặt trời hòa lưới số 3 có công suất 5kW có lưu trữ.	$999\text{kWh}/450\text{h}/5\text{kW}) \times 100\% = 44\% \text{ kWh kWh}$

Nếu giả thiết, số giờ nắng trung bình mỗi ngày là 5 h. Một tháng có số giờ nắng là 150 h; Ba tháng có số giờ nắng là 450 h. Như vậy, ta có thể tính được hiệu suất của tấm PIN như trong bảng 3. Có thể thấy, hệ thống 5 kW hòa lưới có lưu trữ, mặc dù công suất lắp đặt chỉ bằng 50% công suất tại các địa điểm còn lại, tuy nhiên do đây là hệ thống có lưu trữ, nên khi không có nắng, năng lượng được nghịch lưu từ Ac quy và vẫn có thể sử dụng được. Công suất phát vẫn khá cao.

4. Kết luận

Hệ thống điện năng lượng mặt trời được lắp đặt thử nghiệm tại thành phố Lào Cai được nghiên cứu, sản xuất thử nghiệm dựa trên việc giải mã thiết bị, kế thừa và phát triển một số sản phẩm thương mại của các hãng sản xuất năng lượng mặt trời của nước ngoài, do đó hoàn toàn làm chủ được công nghệ và thiết bị. Các phần mềm HMI được viết bằng ngôn ngữ tiếng Việt thuận tiện cho người Việt sử dụng.

Sau khi lắp đặt thử nghiệm, dạng điện áp đầu ra đảm bảo đủ điều kiện hòa lưới. Mặc dù lắp đặt và theo dõi vào mùa đông, tuy nhiên hệ thống vẫn phát công suất và đạt hiệu suất $30 \div 40\%$.

Nhóm tác giả sẽ tiếp tục theo dõi, đặc biệt vào những tháng đỉnh nắng của mùa hè (tháng 6 – 8) để xác định hiệu suất cực đại của hệ thống, từ đó tiếp tục nghiên cứu, cải tiến nhằm tạo ra sản phẩm có thể sản xuất và thương mại hàng loạt.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Ủy ban nhân dân tỉnh Lào Cai, thông qua đề tài nghiên cứu khoa học cấp tỉnh, tên đề tài: “Nghiên cứu thiết kế chế tạo hệ thống điện năng lượng mặt trời hòa lưới ứng dụng phù hợp cho cơ quan công sở, trường học, doanh nghiệp tại thành phố Lào Cai”, cùng với sự tài trợ về nhân lực và thiết bị máy móc của Công ty Cổ phần cơ điện tử ASO.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] F. Filho, Y. Cao, and L. M. Tolbert “11-level Cascaded H-bridge Grid-tied Inverter Interface with Solar Panels,” *IEEE Trans*, June 2010, pp. 968-972.
- [2] A. J. Morrison, “Global Demand Projections for Renewable Energy Resources,” *IEEE Canada Electrical Power Conference*, 25-26 Oct. 2007, pp. 537-542.
- [3] J. Rodriguez, S. Bernet, B. Wu, J. O. Pontt, and S. Kouro, “Multilevel Voltage -Source-Converter Topologies for Industrial Medium Voltage Drives,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 54, no. 6, pp. 2930-2945, Dec. 2007.
- [4] L. M. Tolbert and F. Z. Peng, “Multilevel Converters as a Utility Interface for Renewable Energy Systems,” *IEEE Power Engineering Society Summer Meeting*, Seattle, Washington, July 15-20, 2000, pp. 1271- 1274.
- [5] S. Khomfoi and L. M. Tolbert, *Multilevel Power Converters*, Power Electronics Handbook, 2nd Edition Elsevier, 2007, ISBN 978-0-12- 088479-7, Chapter 17, pp.451-482.
- [6] S. Busquets-Monge, J. Rocabert, P. Rodriguez, S. Alepuz, and J. Bordonau, “Multilevel Diode clamped Converter for Photovoltaic Generators with Independent Voltage Control of Each Solar Array,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 55, pp. 2713-2723, July 2008,.
- [7] T. S. Tran, *Research, design, and install a small-scale solar cell power station model with grid connection*, Provincial science and technology research project, Da Nang, 2014.
- [8] Vietnam Energy Online, “Application situation of solar power projects in Hanoi”, 2017. [Online]. Available: <http://nangluongvietnam.vn/news/vn/dien-hat-nhan-nang-luong-tai-ao/tinh-hinh-ung-dung-cac-du-an-dien-mat-troi-tai-ha-noi.html>. [Accessed Apr. 29, 2021].
- [9] M. P. Vu, “Research on upgrading the model of a combined power station using solar energy and grid power at the Vietnam Academy of Science and Technology”, 2015. [Online]. Available: <http://kvcn.cinet.vn/articledetail.aspx?articleid=1204&sitepageid=418>. [Accessed Apr. 29, 2021].
- [10] DAT, “3 kW grid-tied solar power system for households,” 2018. [Online]. Available: <http://www.dattech.com.vn/ung-dung/he-thong-dien-mat-troi-hoa-luoi-3-kw-lap-dat-cho-ho-gia-dinh.html>. [Accessed Apr. 29, 2021].