

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO BỘ ĐIỀU KHIỂN NẠP ACQUY MPPT TỪ NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Trần Văn Thịnh¹, Đỗ Đình Hưng¹, Ngô Văn Thường², Đinh Công Quý²*

**Tác giả liên hệ, Email: tvthinh.tran@gmail.com*

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 02/06/2025

Ngày phản biện đánh giá: 08/09/2025

Ngày bài báo được duyệt đăng: 15/10/2025

DOI: 10.59266/houjs.2025.730

Tóm tắt: Ngày nay khai thác năng lượng truyền thống ngày càng gặp khó khăn, nên việc sử dụng năng lượng mặt trời ngày càng trở nên phổ biến. Đối với các loại năng lượng tái tạo việc nâng cao hiệu suất thu năng lượng để biến thành điện là vấn đề cần thiết phải làm. Trong việc thu năng lượng từ mặt trời, thì điều khiển để có được điểm công suất cực đại của tấm pin mặt trời là rất quan trọng. Bài báo nghiên cứu chế tạo bộ điều khiển nạp acquy từ năng lượng mặt trời (NLMT) bằng giải pháp nạp tìm điểm công suất cực đại của pin mặt trời, đưa ra sơ đồ mạch điện và lưu đồ thuật toán điều khiển và sản phẩm.

Từ khóa: tìm điểm công suất cực đại (MPPT), nhiễu loạn và quan sát (P&O), Điều chế độ rộng xung (PWM: Pulse Width Modulation), Thuật toán điện áp không đổi (CVT) (Constant Voltage Tracking), Thuật toán điện dẫn gia tăng (INC) (Incremental Conductance)

I. Đặt vấn đề

Sử dụng năng lượng mặt trời (NLMT) đang ngày càng trở nên phổ biến trên toàn cầu, nhiều quốc gia đang đầu tư và thúc đẩy phát triển các nguồn năng lượng tái tạo để đáp ứng nhu cầu năng lượng và giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và phụ thuộc vào nguồn năng lượng hóa thạch. Trong các nguồn năng lượng tái tạo, năng lượng mặt trời được sử

dụng rộng rãi nhờ sự phát triển của công nghệ tấm pin năng lượng mặt trời (PV – Photovoltaics). Các hệ thống điện mặt trời có thể được lắp đặt trên mái nhà, trên mặt đất hoặc trên các hồ nước. Nhiều quốc gia như Trung Quốc, Mỹ, Ấn Độ, Nhật Bản và Đức... đã đầu tư lớn vào điện mặt trời và xây dựng các dự án điện mặt trời quy mô lớn. Việt Nam được đánh giá là quốc gia có điều kiện thiên nhiên tiềm năng cho phát triển điện mặt trời. Như vậy, vai trò

¹ Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Mỏ Hà Nội

² Trung tâm R&D, Công ty cổ phần Bóng đèn & Phích nước Rạng Đông

cung cấp điện của năng lượng mặt trời là tất yếu. Do đó, nghiên cứu về các vấn đề có liên quan đến năng lượng mặt trời, trong đó nạp acquy từ tấm pin NLMT là rất cần thiết.

II. Cơ bản về giải pháp nạp acquy từ NLMT

2.1. Hệ thống điện năng lượng mặt trời

Xét về phương diện khai thác, năng lượng mặt trời được thu nhận và biến đổi thành điện năng bởi các hệ thống ĐMT. Theo chế độ hoạt động các hệ thống ĐMT có thể phân ra thành 3 loại chính (hình 1) như sau (Thân Ngọc Hoàn, 2009, Nguyễn Văn Tân et al, 2014, Ali Reza Reisi et al, 2013):



Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống đèn LED năng lượng mặt trời: a) độc lập (không có lưới điện); b) song song với lưới điện (Hybrid) có lưu trữ, c. Nối lưới không lưu trữ

- Hệ độc lập (hình 1a): được sử dụng cho những khu vực không có điện lưới. Để hoạt động hệ độc lập cần có bộ lưu trữ điện vào ban ngày và phát điện vào ban đêm nhờ inverter DC/AC. Do sử dụng phần lớn điện năng từ bộ lưu trữ, do đó hiệu suất chuyển đổi của hệ độc lập thấp, kéo theo giá thành điện năng cao. Tuy nhiên hệ độc lập có thể mở rộng bằng cách kết nối lưới dự phòng và các nguồn tái tạo khác.

- Hệ hybrid (hình 1b): là hệ lai (hybrid) của hệ độc lập và nối lưới: Hệ thống vừa có bộ lưu trữ năng lượng vừa có bộ inverter DC/AC có thể hoạt động độc lập vừa có thể hòa lưới.

- Hệ nối lưới (hình 1c): hòa lưới điện theo nguyên tắc tiêu thụ và phát hai chiều lên lưới điện quốc gia. Hệ nối lưới được

thiết kế tự động ngắt khi mất nguồn lưới AC và do đó không cung cấp được điện dự phòng. Do kết nối đơn giản và chuyển đổi trực tiếp DC/AC, hệ nối lưới có giá thành điện năng của rẻ hơn các hệ ĐMT khác

Đối với một hệ thống NLMT quy mô nhỏ (hình 1a, b), cấu hình một hệ thống năng lượng mặt trời, có 4 khâu (thành phần) chính:

1. Tấm pin NLMT (pin PV) biến đổi ánh sáng mặt trời thành điện năng;
2. Điều khiển nạp acquy từ tấm pin NLMT và xả ra module LED ;
3. Inverter biến đổi từ điện một chiều acquy thành điện xoay chiều cấp cho tải
4. Acquy lưu trữ năng lượng;

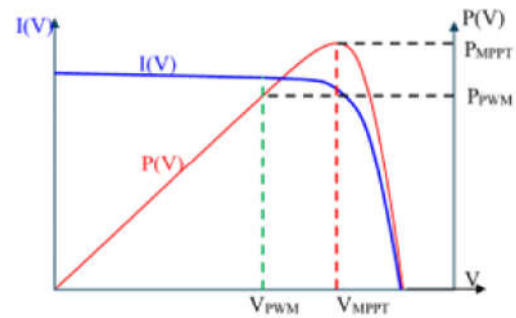
Trong 4 thành phần trên, bộ nạp, xả acquy đóng vai trò quan trọng nhất. Bộ

nạp xả là khâu nạp năng lượng vào acquy từ tấm pin NLMT cho đến khi acquy đầy tự ngắt nạp và xả năng lượng acquy ra tải cho đến khi dung lượng acquy giảm đến một mức nhất định (thường còn 20% dung lượng) thì dừng xả. Trong bài báo này, chỉ tập trung nghiên cứu bộ nạp xả từ pin NLMT vào acquy.

2.2. Các giải pháp nạp acquy

Hiện nay, để nạp acquy từ tấm pin NLMT an toàn có hai phương pháp nạp acquy từ tấm pin NLMT (Nguyễn Văn Tấn et al, 2014), Ali Reza Reisi et al, 2013), Chakarajamula Hussaian Basha, 2024) là: PWM (Pulse-width modulation) và MPPT (Maximum Power Point Tracking). Những công nghệ này chủ yếu được sử dụng trong ngành công nghiệp năng lượng mặt trời và cả hai công nghệ đều là lựa chọn tốt khi nạp cho acquy của một cách hiệu quả.

Để hiểu được sự khác biệt giữa hai phương pháp nạp này, hãy nhìn vào đường cong đặc tính công suất của tấm pin NLMT (hình 2 đường màu đỏ). Điểm lý tưởng để thu nhận công suất của tấm pin NLMT theo đường đặc tính là điểm có công suất cực đại (MPPT). Giá trị này thay đổi tùy thuộc vào điều kiện chiếu xạ trong ngày.



Hình 2 Đặc tính pin PV

Đối với bộ điều khiển MPPT dòng điện và điện áp tự động thay đổi sao cho điểm làm việc có công suất cực đại (điểm MPPT trên hình 2).

Trong trường hợp bộ điều khiển PWM, điện áp của pin PV phù hợp với acquy (bỏ qua tổn hao). Trong các bộ điều khiển như vậy, điện áp và dòng điện của hệ thống PV được xác định bởi một đường thẳng đứng trên đường cong $I(V)$. Nạp theo cách này sẽ không thu được năng lượng tối đa từ pin PV (điểm PWM trên hình 2)

Tóm lại, trước khi chọn bộ điều khiển nạp acquy PWM hay MPPT, tốt hơn hết nên kiểm tra địa điểm, điều kiện của dự án, các chức năng cần có và kinh phí dành cho công nghệ. Để dễ dàng hơn trong việc chọn loại bộ điều khiển nạp PWM hay MPPT, dưới đây tóm tắt so sánh giữa bộ điều khiển nạp PWM và bộ điều khiển nạp MPPT.

Bảng 1.1 So sánh bộ điều khiển nạp PWM và MPPT

Tiêu chí	Bộ điều khiển PWM	Bộ điều khiển MPPT
Điện áp solar panel	Điện áp solar panel và acquy nên phù hợp nhau	Điện áp solar panel có thể cao hơn điện áp acquy
Điện áp Acquy	Hoạt động ở điện áp acquy vì vậy nó hoạt động tốt ở nhiệt độ ấm và khi acquy gần như đầy	Hoạt động cao hơn điện áp acquy, vì vậy nó có thể hoạt động tốt hơn ở nhiệt độ lạnh và khi acquy yếu.
Kích thước Hệ thống	Thông thường được đề nghị để sử dụng trong các hệ thống công suất nhỏ hơn.	$\approx 150W - 250W$ trở lên để tận dụng lợi ích MPPT

Tiêu chí	Bộ điều khiển PWM	Bộ điều khiển MPPT
Hệ thống nối lưới hay không nối lưới	Phải sử dụng mô-đun PV không nối lưới (ví dụ $V_{mp} \approx 17 - 18$ V cho điện áp acquy danh nghĩa 12V)	Cho phép sử dụng Module PV nối lưới/ chi phí thấp hơn để giúp giảm chi phí tổng thể hệ thống PV.
Kích thước solar panel	Kích thước solar panel tính bằng Amps (dựa trên dòng điện được tạo ra khi tấm PV hoạt động ở điện áp acquy)	Solar panel có kích thước tính bằng công suất tấm pin W_p (dựa trên bộ điều khiển tối đa $I_{mpp} \times V_{mpp}$)
Giá cả	Giá thấp	Giá cao gấp 3-5 lần

3.3. Giải pháp điều khiển nạp MPPT

Có rất nhiều thuật toán được sử dụng cho bài toán điều khiển MPPT. Nhưng phổ biến nhất là 3 thuật toán (Thân Ngọc Hoàn 2009, Nguyễn Văn Tấn et al 2014, Ali Reza Reisi et al, 2013, Anmol Ratna Saxena 2014, Pawan D. 2013):

- Thuật đoán điện áp không đổi (CVT),
- Thuật toán nhiễu loạn và quan sát (P&O),
- Thuật toán điện dẫn gia tăng (INC)

Điều khiển bám điểm công suất cực đại

Tấm pin NLMT có quan hệ phi tuyến $I(V)$ (hình 2), công suất ra của nó phụ thuộc chủ yếu vào tải. Do đó, khi tải nối trực tiếp vào PV làm hiệu suất hệ thống giảm. Thêm nữa, giá một tấm pin NLMT còn đắt nên việc tăng hiệu suất phát điện của acquy, kéo dài tuổi thọ của nó trở thành vấn đề chủ yếu. Công suất sinh ra do tấm PV phụ thuộc vào bức xạ mặt trời và nhiệt độ, vì thế để tăng hiệu suất của tấm pin NLMT cần có hệ thống điều khiển PV bám điểm công suất cực đại MPP (Maximum Power Point) nhằm tìm sự hoạt động tối ưu về điện áp của tấm PV để tăng hiệu suất của PV.

Để đạt được điều này phải có một giải thuật đổi theo điểm công suất cực đại của tấm PV.

Kỹ thuật tìm kiếm có thể gói gọn trong 3 bước sau (Thân Ngọc Hoàn 2009, Nguyễn Văn Tấn et al 2014):

1. Làm nhiễu loạn PV,
2. Quan sát đáp ứng của tấm pin NLMT,
3. Thực hiện thay đổi nối các tấm pin NLMT thích hợp.

Nhóm phương pháp này không sử dụng các thông số của tấm pin NLMT, tính toán ít nhưng cần các cảm biến đo điện áp và dòng điện của tấm pin NLMT. Nhược điểm cơ bản của phương pháp là cần một số lượng lớn động tác lặp để tìm điểm MPP.

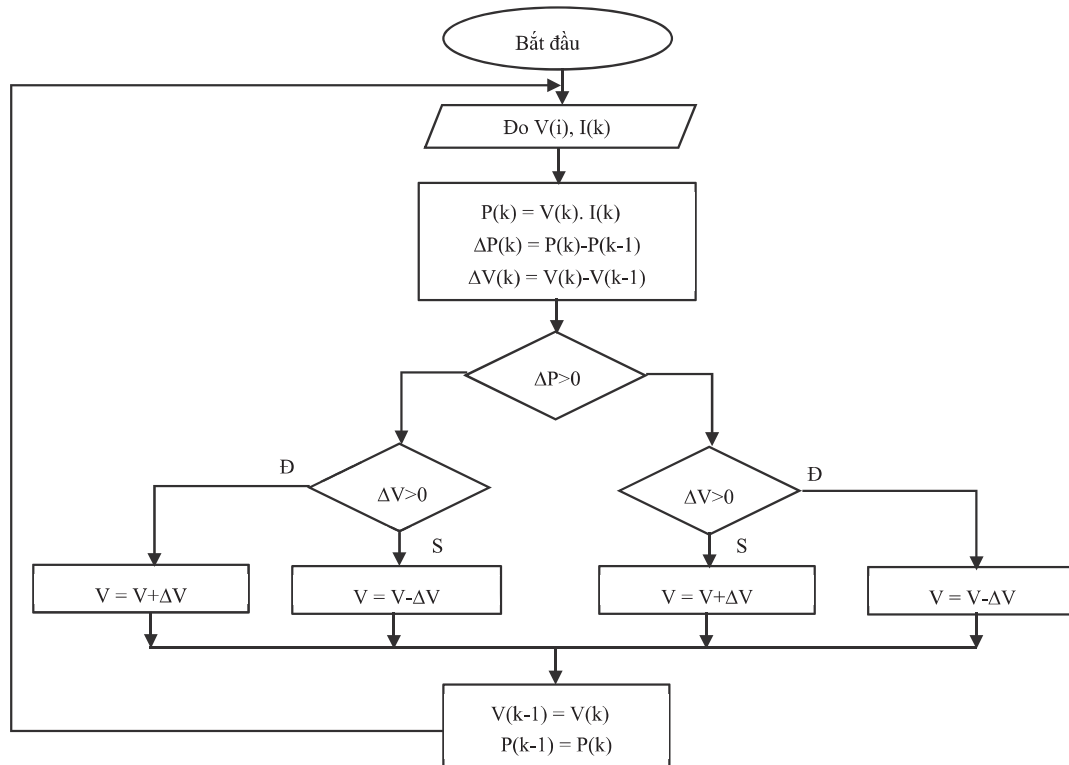
Trong các thuật toán điều khiển trên thuật toán nhiễu loạn và quan sát được sử dụng nhiều hơn. Bản chất của thuật toán như sau:

2.3.1. Thuật toán nhiễu loạn và quan sát (P&O)

P&O là một phương pháp tương đối đơn giản và được sử dụng thông dụng nhất. Thuật toán này xét sự tăng, giảm điện áp theo chu kỳ để tìm được điểm làm việc có công suất lớn nhất. Trong thuật toán này, một nhiễu loạn nhỏ được

đưa vào hệ thống (Thân Ngọc Hoàn 2009, Chakarajamula Hussaian Basha 2024, Harrag A. & Messalti S. 2019). Sự nhiễu loạn này khiến công suất của tấm pin NLMT thay đổi. Nếu sự biến thiên của điện áp làm công

suất tăng lên thì sự biến thiên tiếp theo sẽ giữ nguyên chiều hướng tăng hoặc giảm. Ngược lại, nếu sự biến thiên làm công suất giảm xuống thì sự biến thiên tiếp theo sẽ có chiều hướng thay đổi ngược lại.



Hình 3. Lưu đồ thuật toán nhiễu loạn - quan sát

Lưu đồ thuật toán nhiễu loạn và quan sát được chi tiết như trong hình 3.

Khi điểm làm việc có công suất lớn nhất được xác định trên đường cong đặc tính P-V (hình 2) thì sự biến thiên điện áp sẽ dao động xung quanh điểm làm việc có công suất lớn nhất đó (điểm MPP) (Thân Ngọc Hoàn 2009, Karami N. (2017)). Để giữ cho sự thay đổi công suất nhỏ, kích thước nhiễu loạn được giữ ở mức rất nhỏ. Thuật toán được phát triển theo cách đặt điện áp tham chiếu của tấm pin NLMT tương ứng với điện áp đỉnh của mô-đun. Sau đó, bộ điều khiển PI hoạt động di chuyển điểm làm việc của tấm pin NLMT đến mức điện áp cụ

thể đó. Quan sát thấy rằng có một số tổn thất điện năng do sự nhiễu loạn này cũng như việc không theo dõi được năng lượng trong các điều kiện khí quyển thay đổi nhanh. Nhưng thuật toán này vẫn rất phổ biến và đơn giản (Thân Ngọc Hoàn 2009).

Trong thuật toán này, điện áp hoạt động của tấm pin NLMT bị nhiễu bởi một giá số nhỏ ΔV và kết quả làm thay đổi công suất ΔP .

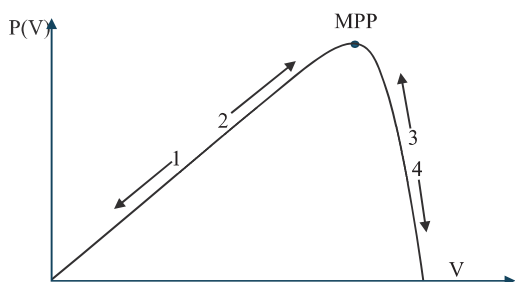
Hình 4 mô tả nguyên lý hoạt động của thuật toán P&O, từ đó có thể suy ra cách thức hoạt động của thuật toán như sau (Thân Ngọc Hoàn 2009, Anmol Ratna Saxena et al (2014):

- Nếu điểm hoạt động của hệ thống đang di chuyển theo hướng 1 ($\Delta P < 0$ và $\Delta V < 0$) thì cần tăng điện áp hoạt động lên để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.

- Nếu điểm hoạt động của hệ thống đang di chuyển theo hướng 2 ($\Delta P > 0$ và $\Delta V > 0$) thì cần tăng điện áp hoạt động lên để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.

- Nếu điểm hoạt động của hệ thống đang di chuyển theo hướng 3 ($\Delta P > 0$ và $\Delta V < 0$) thì cần giảm điện áp hoạt động để di chuyển điểm hoạt động tới điểm MPP.

- Nếu điểm hoạt động của hệ thống đang di chuyển theo hướng 4 ($\Delta P < 0$ và $\Delta V > 0$)



Hình 4. Cách xác định điểm công suất cực đại (MPP)

III. Phương pháp nghiên cứu

Đây là đề tài mang tính thực tiễn, nên chúng tôi đã giải quyết vấn đề theo cách tiếp cận và phương pháp sau:

3.1. Quan sát: Công ty có đội ngũ nghiên cứu thị trường (có phòng thị trường), các chuyên viên trong phòng này nghiên cứu nhu cầu thị trường, đề xuất với lãnh đạo công ty danh mục sản phẩm thương mại hóa. Chẳng hạn như xét thấy nhu cầu về hệ thống thiết bị sử dụng NLMT có nhiều dư địa thì tập trung nghiên cứu vấn đề này.

3.2. Điều tra: Từ nhiệm vụ được giao, để có các thiết kế phù hợp nhất về kỹ thuật, mỹ thuật, giá cả ... chúng tôi tiến hành điều tra là tìm hiểu, nghiên cứu, thu thập dữ liệu và đánh giá các khía cạnh của nội dung nghiên cứu.

3.3. Thực nghiệm: Tiến hành thực nghiệm các giải pháp nghiên cứu bằng mô phỏng, bằng lắp mạch mẫu thử nghiệm, chế tạo lô nhỏ, thử nghiệm theo các tiêu chuẩn quốc gia và quốc tế (với sự đầu tư bài bản của công ty nên chúng tôi có đủ năng lực để làm các thử nghiệm này). Chỉ khi hoàn toàn đáp ứng các chỉ tiêu, tiêu chuẩn quy định tiến hành sản xuất thương mại.

3.4. Phân tích tổng kết kinh nghiệm: Các nghiên cứu của chúng tôi đều được tổng hợp thành các báo cáo, tài liệu này là một dạng, các tài liệu tổng kết này dựa trên việc thu thập, học tập và tổng hợp từ các thành quả nghiên cứu trước đó để làm nền tảng cho nghiên cứu đang thực hiện.

IV. Kết quả nghiên cứu

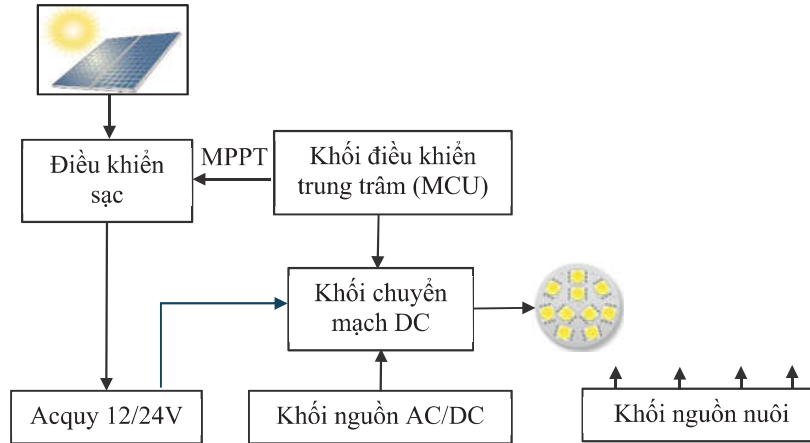
4.1. Sơ đồ động lực lựa chọn

Bộ điều khiển nạp acquy theo nguyên lý MPPT có sơ đồ khối như hình 5. Sơ đồ khối hình 5 có thể nêu tóm tắt như sau:

- Khối điều khiển sạc: điều khiển công suất sạc thông qua tín hiệu điều khiển từ khối xử lý trung tâm.

- Khối xử lý trung tâm (MCU): là nơi tính toán, xử lý dữ liệu và điều khiển các ngoại vi bao gồm điều khiển sạc MPPT, các bảo vệ, điều khiển xả

- Khối chuyển mạch DC: được cấp nguồn động lực từ acquy hay nguồn AC/DC và nhận tín hiệu từ khối điều khiển, xuất lệnh điều khiển công suất ra tải.



Hình 5. Sơ đồ khối mạch điều khiển nạp acquy theo nguyên lý MPPT

Lựa chọn sơ đồ động lực

Cấu hình cho hệ thống chiếu sáng LED bằng NLMT nạp theo nguyên lý MPPT bao gồm ba bộ biến đổi: một bộ biến đổi BUCK dùng để sạc năng lượng từ tấm PV cho acquy, một bộ biến đổi tăng áp cho acquy để xả cho tải và một bộ điều chỉnh điện áp (hay dòng điện) tải. Một hệ thống như vậy đòi hỏi một sơ đồ điều khiển phối hợp cho ba bộ biến đổi có thể sẽ phức tạp. Ngoài ra, chi phí của bộ biến đổi có thể ảnh hưởng chi phí của toàn bộ hệ thống. Một cấu trúc đơn giản cho hệ thống NLMT độc lập bao gồm một module PV, một bộ acquy (AQ) và bộ biến đổi hai chiều nạp, xả (bộ xả không nghiên cứu chi tiết trong bài báo này) liên quan, là sự kết hợp của bộ biến đổi BUCK và Boost như trên hình 6. Các thiết bị chính để hoạt động hiệu quả là bộ biến đổi BUCK-Boost hai chiều sử dụng vi điều khiển và bộ acquy.

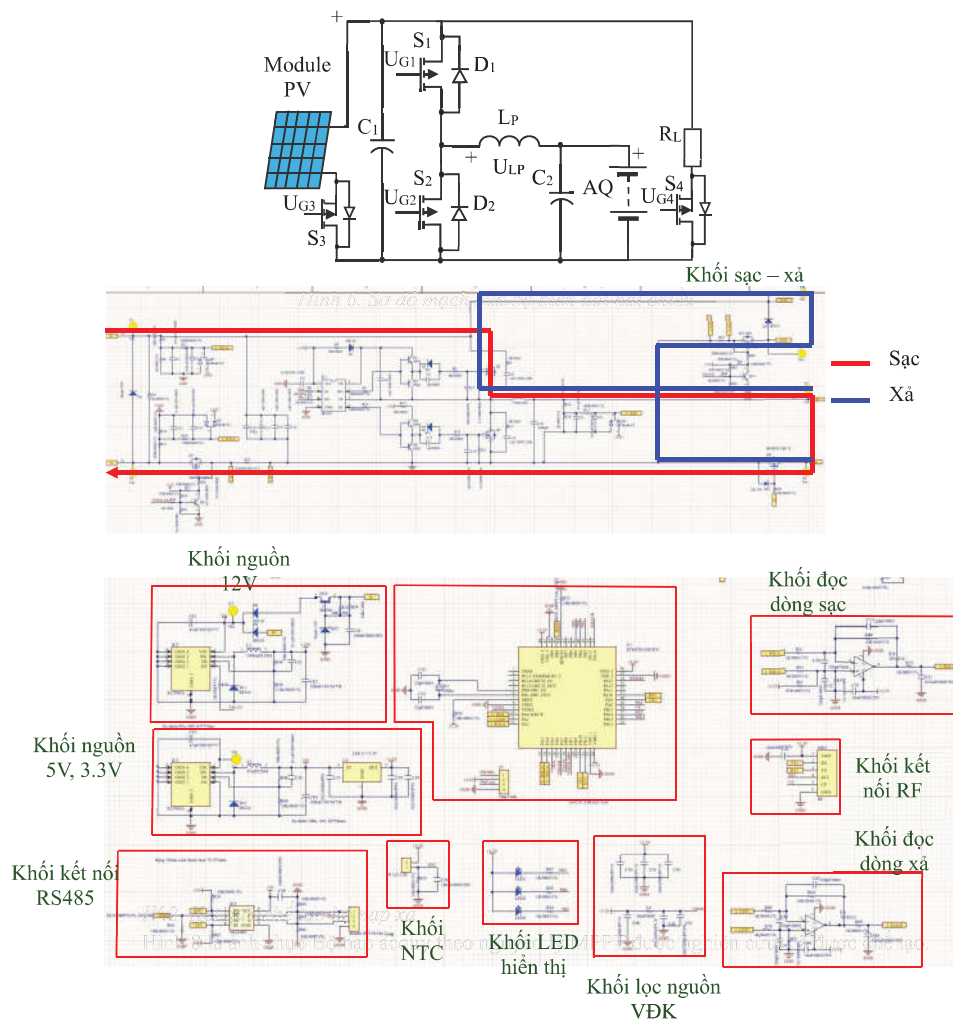
- Khối nguồn nuôi: là nơi cung cấp năng lượng cho toàn bộ hệ thống hoạt động.

Hoạt động của mạch được giải thích

khái quát như sau

Các phần tử chính của sơ đồ hình 6 bao gồm: Module PV, tụ điện bus DC (C_1), hai mosfet công suất (S_1 và S_2), một cuộn cảm lọc (L_p), một tụ điện đầu ra (C_2) và acquy. Điốt D_1 và D_2 là các điốt song song ngược ở bên trong của MOSFET công suất S_1 và S_2 . Nếu năng lượng cung cấp từ nguồn NLMT đủ (trời đủ nắng), mạch sẽ hoạt động ở chế độ sạc (S_3 dẫn) để lưu trữ năng lượng vào acquy. Khi không đủ công suất (trời bị mây che, hay về đêm), mạch sẽ hoạt động ở chế độ xả (S_4 dẫn) để cung cấp năng lượng cần thiết cho tải. Do đó, mạch điện hai chiều đề xuất có thể cung cấp điện ổn định và đáng tin cậy cho tải.

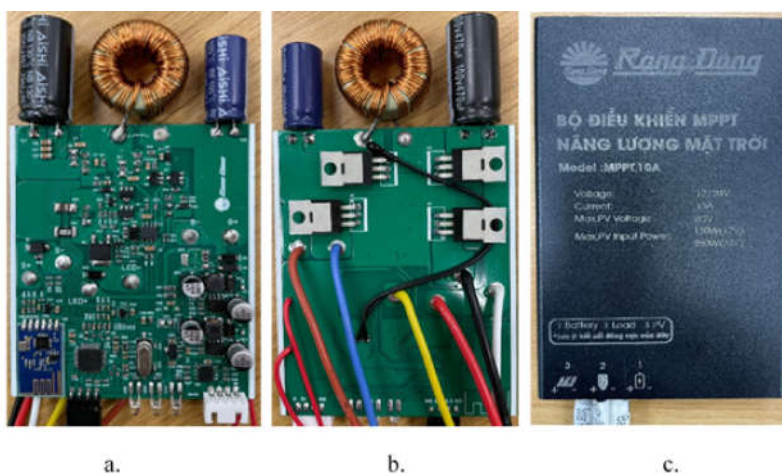
Sơ đồ mạch phân cứng bộ nạp xả acquy từ NLMT được lựa chọn trong bài báo để chế tạo bộ nạp acquy từ NLMT, được cho như vẽ trên hình 7.



Hình7. Sơ đồ mạch phần cứng điều khiển nạp acquy MPPT

4.2. Kết quả chế tạo bộ nạp xả

Hình 8 là ảnh chụp Bộ nạp acquy theo nguyên lý MPPT được nghiên cứu, đã được chế tạo.



Hình 8. Mạch điều khiển nạp acquy theo nguyên lý MPPT:

a, b) Mạch in, c) Bộ điều khiển hoàn chỉnh

4.3. Kết quả thử nghiệm

Các thử nghiệm đối với bộ nạp xả theo đã thực hiện bám theo tiêu chuẩn IEC 62509 Ac quy charge controllers for photovoltaic systems – Performance and

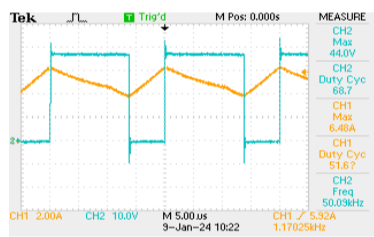
functioning bao gồm các thử nghiệm [IEC62509]

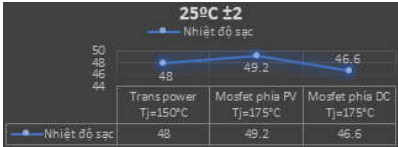
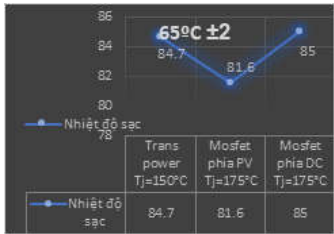
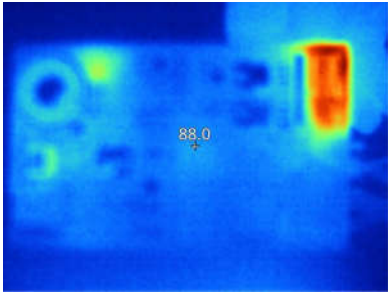
Kết quả thử nghiệm bộ nạp acquy MPPT10A do Rạng Đông chế tạo được thể hiện dưới bảng sau:

Bảng 1. Kết quả thử nghiệm bộ nạp acquy MPPT10A

Thông số	Bộ sạc MPPT10A	
	Chế độ nạp	Chế độ xả
Điện áp Acquy (V)	13.5	12.4
Dòng điện Acquy (A)	9	5.33
Công suất Acquy (W)	121.5	66.1
Điện áp tấm pin PV (V)	31.5	--
Dòng điện tấm pin PV (A)	4	--
Công suất tấm pin PV (W)	126	--
Điện áp tải (V)	--	1.85
Dòng điện tải (A)	--	34
Công suất tải (W)	--	62.9
Hiệu suất (%)	96.4%	95%

Bảng 2. Một số thông số thử nghiệm chính của bộ nạp MPPT với tải là đèn LED

STT	Chỉ tiêu	Điều kiện và kết quả thử nghiệm
1	Thông số phối hợp với tải tiêu chuẩn, min, max. Xác định điện áp hở tải Đánh giá với yêu cầu TK.	- Thông số tải theo định mức. - Nhiệt độ môi trường 25°C - Nhiệt độ trong không gian chứa bộ điều khiển khi đèn hoạt động tại điều kiện nhiệt độ tiêu chuẩn. - Nhiệt độ trong không gian chứa bộ điều khiển khi đèn hoạt động tại điều kiện nhiệt độ max.
2	Khảo sát thông số phối hợp đánh giá khả năng khởi động và làm việc với tải dưới mức min, trên mức max (điện áp Vout). Xác định mức tải min, max bộ điều khiển có thể làm việc trong thời gian ngắn (15-30 phút) có tắt bật mà không hỏng.	- Điện áp Vin_max, nom, min theo yêu cầu kỹ thuật. - Nhiệt độ trong không gian chứa bộ điều khiển khi đèn hoạt động tại điều kiện nhiệt độ max.
3	Thông số phối hợp với tải tiêu chuẩn, min, max. Xác định mức điện áp min, max bộ điều khiển có thể làm việc trong thời gian ngắn (15-30 phút) có tắt bật mà không hỏng.	- Nhiệt độ trong không gian chứa bộ điều khiển khi đèn hoạt động tại điều kiện nhiệt độ max.
4	Thử nghiệm dạng sóng các thông số cơ bản như dòng áp MOSFET, Diode,... với tải tiêu chuẩn, min, max. Lấy các giá trị cơ bản RMS, peak, tần số. Đánh giá với yêu cầu thiết kế, giá trị min max của linh kiện, đánh giá mức độ an toàn.	Dạng sóng trên cuộn cảm 70uH: 

STT	Chỉ tiêu	Điều kiện và kết quả thử nghiệm																		
	Xác định thời gian khởi động và khả năng khởi động Dạng sóng trên cuộn dây, mosfet Boost: các thông số của mosfet: $V_{ds} = 85V$, $I_D = 120A$	- Nhiệt độ 25°C - Nhiệt độ trong không gian chứa bộ điều khiển khi đèn hoạt động tại điều kiện nhiệt độ tiêu chuẩn: 25°C - Dạng sóng khi hoạt động ổn định và khi khởi động																		
5	Thử nghiệm nhiệt độ linh kiện các linh kiện cơ bản như Diode cầu, MOSFET, IC, Diode, cuộn dây ... với tải max ở các chế độ nạp và xả. Đánh giá với yêu cầu thiết kế, giá trị min max của linh kiện, đánh giá mức độ an toàn.	 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">25°C ± 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Trans power Tj=15°C</td> <td>Mosfet phía PV Tj=17.5°C</td> <td>Mosfet phía DC Tj=17.5°C</td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>49.2</td> <td>46.6</td> </tr> </tbody> </table> - Công suất tải lớn nhất: 120W - Dòng sạc lớn nhất: 15A - Nhiệt độ môi trường ngoài hộp Pin: 25°C - Nhiệt độ trong không gian chứa bộ điều khiển khi đèn hoạt động: 30°C  <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">65°C ± 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Trans power Tj=15°C</td> <td>Mosfet phía PV Tj=17.5°C</td> <td>Mosfet phía DC Tj=17.5°C</td> </tr> <tr> <td>84.7</td> <td>81.6</td> <td>85</td> </tr> </tbody> </table> - Dòng sạc lớn nhất: 15A - Nhiệt độ môi trường ngoài hộp Pin: 25°C - Nhiệt độ trong không gian chứa bộ điều khiển khi đèn hoạt động: 52.5°C - Nhiệt độ trong không gian chứa mạch PCB đã đổ keo IP: 80°C	25°C ± 2			Trans power Tj=15°C	Mosfet phía PV Tj=17.5°C	Mosfet phía DC Tj=17.5°C	48	49.2	46.6	65°C ± 2			Trans power Tj=15°C	Mosfet phía PV Tj=17.5°C	Mosfet phía DC Tj=17.5°C	84.7	81.6	85
25°C ± 2																				
Trans power Tj=15°C	Mosfet phía PV Tj=17.5°C	Mosfet phía DC Tj=17.5°C																		
48	49.2	46.6																		
65°C ± 2																				
Trans power Tj=15°C	Mosfet phía PV Tj=17.5°C	Mosfet phía DC Tj=17.5°C																		
84.7	81.6	85																		
6	Thử nghiệm nhiệt: chụp ảnh nhiệt Đánh giá phân bố nhiệt, đánh giá mức độ an toàn. Ảnh phân bố nhiệt:	 - Dòng sạc lớn nhất: 15A - Nhiệt độ: 88°C																		
7	Nhiệt độ hoạt động lớn nhất khi bộ điều khiển bảo vệ quá nhiệt: 95°C Đánh giá với yêu cầu thiết kế: Bảo vệ ngắt tức thì.	- Dòng sạc lớn nhất: 15A - Nhiệt độ: 90°C																		
8	Thông số quang điện với tải tiêu chuẩn, min, max (điện áp Vout). Đánh giá với yêu cầu thiết kế.	- Tải định mức theo thiết kế - Nhiệt độ 25°C hoặc theo yêu cầu đặc biệt																		

STT	Chỉ tiêu	Điều kiện và kết quả thử nghiệm
9	Đo nhiễu điện từ theo tiêu chuẩn EN 55015; CISPR 15 Radio disturbances < 30MHz EN 55015 : 2006 + A1 : 2007 Radio disturbances 0.15 to 300MHz Đánh giá với yêu cầu thiết kế.	- Thử nghiệm với sản phẩm hoàn chỉnh - Tải định mức theo thiết kế - Nhiệt độ 25°C hoặc theo yêu cầu đặc biệt
10	Xác định mức điện áp cách điện giữa đầu vào và ra, đầu vào với vỏ nối đất của bộ điều khiển đối với các mạch cách ly. Đánh giá với yêu cầu thiết kế.	- Thử nghiệm với bộ điều khiển hoàn chỉnh - Nhiệt độ 25°C hoặc theo yêu cầu đặc biệt
Các kết quả thử nghiệm như trong bảng 2, của thiết bị hình 8, hoàn toàn đạt các yêu cầu đặt ra (với giới hạn về độ dài bài viết nên chúng tôi không thể đưa ra đây được)		

V. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã một lần nữa chứng minh rằng, bộ nạp ac quy MPPT từ NLMT có hiệu suất thu năng lượng mặt trời đạt cao tới 96,5%.

Sản phẩm nghiên cứu có mục đích đưa thành sản phẩm vào thương mại, do đó tiết kiệm chi phí, tăng độ tin cậy là rất cần thiết. Mạch động lực bộ nạp xả là mạch buck – boost đồng bộ giúp giảm số lượng linh kiện, tăng độ tin cậy phù hợp mục đích này.

Với mục đích làm chủ công nghệ nói chung và công nghệ NLMT nói riêng, các kết quả nghiên cứu chứng tỏ rằng chuyên gia trong nước có thể làm chủ được công nghệ phức tạp, trong đó có công nghệ nạp ac quy từ NLMT.

Hiệu quả kinh tế thể hiện ở chỗ là nội địa hóa các sản phẩm nạp ac quy từ NLMT sẽ giảm chi phí mua sắm, giảm giá thành công xưởng và giá thành sản phẩm.

Tài liệu tham khảo:

[1]. Thân Ngọc Hoàn (2009). *Năng lượng điện Mặt trời và những phương pháp nâng cao chất lượng và hiệu suất*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 18.

[2]. Nguyễn Văn Tấn, Dương Minh Quân, Trần Anh Tuấn, Phạm Văn Kiên, Lê Hồng Lâm, Hà Hải Long (2018). *So sánh các loại thuật toán bắt điểm công suất cực đại bằng phương pháp mô phỏng và thực nghiệm*; Tạp chí Khoa học và công nghệ đại học Đà Nẵng, số 11 (132), quyển 2.

[3]. Anmol Ratna Saxena, Shyam Manohar Gupta (2014). *Performance Analysis of P&O and Incremental Conductance MPPT Algorithms Under Rapidly Changing Weather Conditions*, Journal of Electrical Systems, 10-3.

[4]. Ali Reza Reisi, Mohammad Hassan Moradi, Shahriar Jamasb (2013), *Classification and comparison of maximum power point tracking techniques for photovoltaic system: A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 19, pp 433–443.],

[5]. Chakarajamula Hussaian Basha, Madhu Palati, C. Dhanamjayulu, SM Muyeen & Prashanth Venkatarreddy (2024). *A novel on design and implementation of hybrid MPPT controllers for solar PV systems under various partial shading conditions*. Nature portfolio, Scientific Reports, Published by Springer Nature, Online ISSN: 2045-2322. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-49278-9>

- [6]. Harrag A. & Messalti S. (2019). *PSO-based SMC variable step size P&O MPPT controller for PV systems under fast changing atmospheric conditions. Int. J. Numer. Modell. Electr. Netw. Devices Fields* 32(5), e2603.
- [7]. Karami N., Moubayed N. & Outbib R. (2017). *General review and classification of different MPPT Techniques. Renew. Sustain. Energy Rev.* 68 1–18.
- [8]. Pawan D. Kale, D.S. Chaudhari (2013). “*A Review on Maximum Power Point Tracking (MPPT) Controlling Methods for A Photovoltaic System*”. *International Journal of Emerging Science and Engineering (IJESE)*, ISSN: 2319-6378, Volume 1, Issue 5, March.

RESEARCH ON MANUFACTURING MPPT BATTERY CHARGING CONTROLLER FROM SOLAR ENERGY

Tran Van Think³, Do Đình Hung³, Ngo Van Thuong⁴, Dinh Cong Quy⁴

Abstract: *Nowadays, the exploitation of traditional energy is increasingly difficult, so the use of solar energy is becoming increasingly popular. For renewable energy, improving the efficiency of energy collection to convert into electricity is a necessary issue. In collecting energy from the sun, controlling the solar panel to reach its maximum power point is crucial. The article examines the manufacture of a battery charging controller from solar energy (NLMT) utilizing a charging solution to determine the maximum power point of the solar panel and provides a circuit diagram and a flow chart of the control algorithm.*

Keywords: *maximum power point tracker (MPPT), perturb-and-Observe (P&O), pulse width modulation, constant voltage tracking, incremental conductance*

³ Faculty of Electric and Electronic Engineering, Hanoi Open University

⁴ R&D Center- Rang Dong Light Source & Vacuum Flask Joint Stock Company