NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ HIỆU SUẤT HỆ THỐNG PIN MẶT TRỜI SỬ DỤNG CẤU TRÚC DC-DC MỚI TRÊN MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM

Nguyễn Đức Minh
Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
Trịnh Trọng Chưởng
Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
Đỗ Như Ý
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Email: minhnguyenduc.ies@gmail.com

TÓM TẮT

Để nâng cao hiệu suất hệ thống pin mặt trời, cần thiết nâng cao hiệu suất của mạch tăng áp DC-DC trong hệ thống. Các mạch tăng áp DC-DC truyền thống có nhược điểm là hiệu suất kém do phụ thuộc vào điều kiện thời tiết. Việc thiết kế một bộ biến đổi DC-DC có hiệu suất cao là nhu cầu cấp thiết. Bài báo tiến hành đánh giá hiệu quả của hệ thống pin mặt trời sư dụng cấu trúc mạch tăng áp DC-DC đã được nhóm tác giả nghiên cứu và đề xuất. Kết quả nghiên cứu khẳng định được hiệu quả của mạch DC-DC đã đề xuất có khả năng triển khai và áp dụng trong thực tế.

Từ khóa: *pin năng lượng mặt trời, mạch tăng áp DC-DC, tần số đóng cắt.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

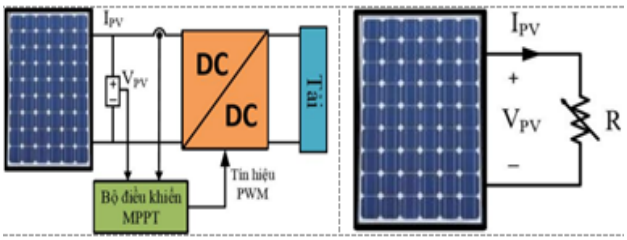
Hiệu suất của bộ biến đổi DC-DC trong hệ thống pin mặt trời (PV) không phải là hằng số mà phụ thuộc nhiều vào công suất truyền tải qua nó [1]. Công suất đầu ra của tấm pin mặt trời thay đổi tuỳ thuộc vào điều kiện thời tiết, trong khi công suất của bộ chuyển đổi được thiết kế với công suất lớn nhất của tấm pin. Ở các tấm pin mặt trời, công suất đầu ra không cố định, công suất đạt định mức ở khoảng thời gian gần trưa và công suất đầu ra nhỏ vào lúc sáng và chiều. Các mạch DC-DC truyền thống thường có hiệu suất đạt cực đại trong phạm vi 50%-60% công suất thiết kế và giảm nhanh nếu công suất qua nó càng nhỏ [2].

Để cải thiện hiệu suất của bộ biến đổi DC-DC, người ta thiết kế chúng có hiệu suất biến đổi cao, tỷ số biến đổi điện áp lớn và thích ứng nhanh với sự thay đổi của điều kiện môi trường cũng như sự biến động của tải [4]. Việc đánh giá hiệu quả của các cấu trúc mạch tăng áp DC-DC cần được tiến hành thử nghiệm trong thực tế để khẳng định hiệu quả của giải pháp đề xuất.

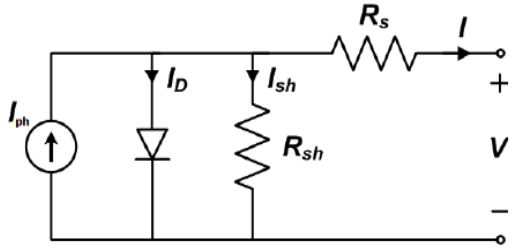
2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cấu trúc hệ thống nguồn pin mặt trời

Cấu trúc của việc chuyển đổi công suất phát từ các tấm pin mặt trời lên lưới điện thông qua hai cấp chuyển đổi: DC-DC và DC-AC. Cấu trúc cơ bản của một hệ pin mặt trời trực tiếp cấp cho tải mô tả trong Hình H.1 [3]



H.1. Sơ đồ khối hệ thống pin mặt trời



H.2. Mô hình toán của tế bào quang điện

Mạch tương đương của một tế bào PV được thể hiện trong Hình H.2, bao gồm một nguồn dòng (I_{ph}), một đi-ốt, một điện trở nối tiếp (R_S) và một điện trở sun (R_{sh}) [6].

Sử dụng định luật Kirchhoff cho nguồn dòng (I_{ph}), dòng điện qua *đi-ôt* (I_D) và dòng điện qua điện trở sun (I_{sh}), dòng điện đến tải (I) có thể được biểu diễn như sau [5]:

$$I = I_{ph} - I_D - I_{sh} \quad (1)$$

$$I_D = I_{rsc}\left(e^{\frac{V+R_sI}{AV_T}} - 1\right) \quad (2)$$

Như vậy, có thể xác định được dòng điện trên tải là:

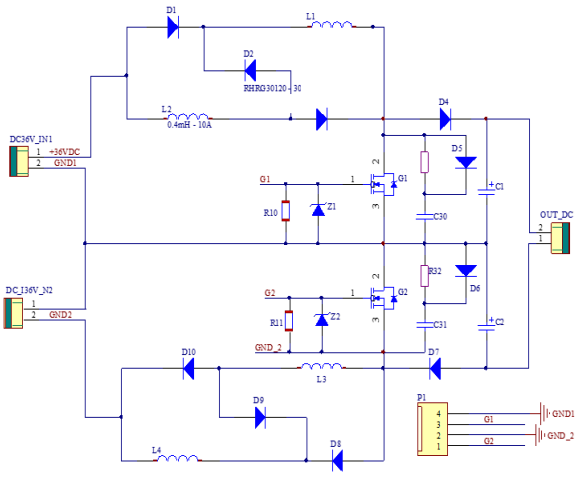
$$I = I_{ph} - I_{rsc}\left(e^{\frac{V+R_sI}{AV_T}} - 1\right) - \frac{V+R_sI}{R_{sh}} \quad (3)$$

Trong đó: I_{rsc} - dòng điện bão hòa ngược của đi-ôt; V - điện áp trên tải; A -hệ số lý tưởng của đi-ôt (tức là hệ số phát xạ); V_T - điện áp nhiệt (k.T/q); q - điện tích e=1,6x10^{-19} Cu lông; k - hằng số Boltzman, k = 1.38065x10^{-23} J/K; T - nhiệt độ tế bào (^{0}K).

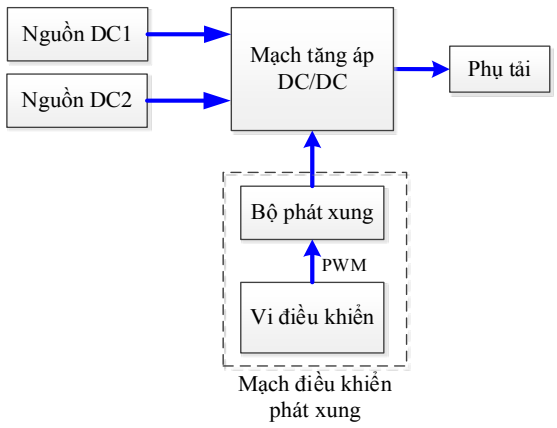
Trong cấu trúc trên, bộ biến đổi DC-DC thường được sử dụng để duy trì và khai thác tối ưu lượng công suất phát của pin mặt trời (MPPT-Maximum Power Point Tracking) trong điều kiện các thông số nguồn bức xạ mặt trời luôn thay đổi.

2.2. Cấu trúc mạch DC-DC mới trong hệ thống pin mặt trời PV

Để cải thiện hiệu suất của bộ biến đổi DC-DC, ta cần phải thiết kế bộ biến đổi DC-DC mới có hiệu suất cao thích ứng trong các điều kiện như đã phân tích ở trên. Nhóm nghiên cứu đề xuất cấu trúc mạch tăng áp DC-DC mới đưa ra trên Hình H.3.



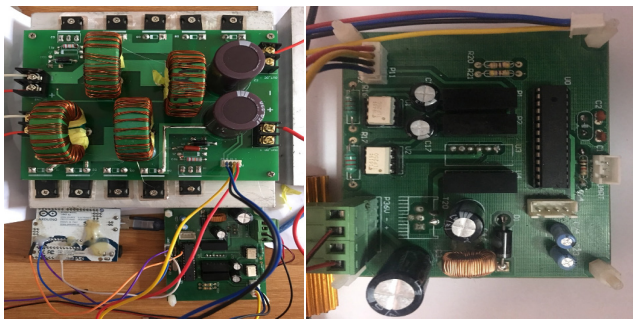
H.3. Cấu trúc mạch tăng áp DC-DC đề xuất



H.4. Sơ đồ khối thực nghiệm bộ biến đổi tăng áp DC-DC

Cấu trúc mới này gồm các tầng ghép song song với nhau (nguồn dương và nguồn âm). Mỗi tầng sử dụng 1 Mosfet, 6 đi-ôt chỉnh lưu. Hai điện trở sun R10 và R11 được dùng trong mạch để phản hồi tín hiệu dòng điện.

Khi có dòng điện I chạy qua điện trở sun sẽ tạo ra một điện áp rơi trên đó. Tín hiệu điện áp này được đưa về để đo dòng điện trong mạch. Với cấu trúc này chúng ta có thể dễ dàng tích hợp bộ chuyển đổi vào tấm pin khi hầu hết các linh kiện có cùng giá trị điện áp làm việc. Về bản chất, đây là 2 mạch boost DC-DC nối tầng ghép song song với nhau (tạo thuận lợi khi ghép nối tiếp nhiều tấm pin mặt trời có các cấp điện áp ra khác nhau). Cấu trúc mạch DC-DC mới đề xuất sử dụng cho hệ thống pin mặt trời có sơ đồ khối mô tả trên H.4 và được chế tạo để đánh giá thử nghiệm, đưa ra trên H.5.

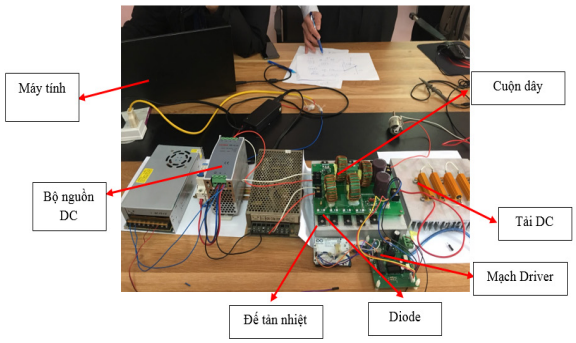


H.5. Mạch DC-DC chế tạo theo cấu trúc mới

2.3. Thực nghiệm

Hệ thống nguồn pin năng lượng mặt trời thử nghiệm với phụ tải sử dụng được cấp cho động cơ bơm nước của hệ thống tưới nông nghiệp. Sơ đồ bao gồm: khối nguồn, bộ phát xung, vi điều khiển, phụ tải và mạch tăng áp DC-DC, mạch điều khiển phát xung. Mô hình thiết bị thử nghiệm được chế tạo theo các module độc lập để thuận lợi cho các

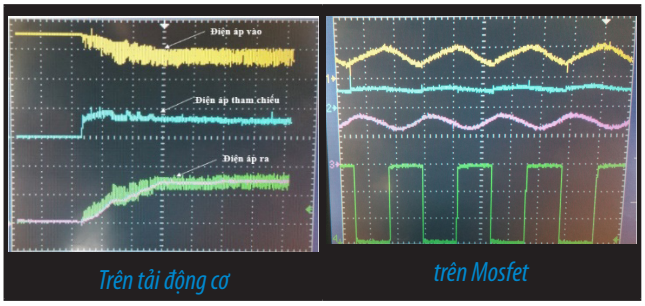
quá trình lắp đặt. Mô hình kết nối thực nghiệm và mô hình thực nghiệm tại thực tế đưa ra trên Hình H.6.



H.6. Mô hình thực nghiệm đánh giá hiệu suất hệ thống nguồn pin mặt trời dựa trên cấu trúc mạch tăng áp DC-DC mới đề xuất

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả đo sóng điện áp vào - ra trên máy hiện sóng đầu ra (tải) và đầu ra của cổng G Mosfet trình bày trên Hình H.7.

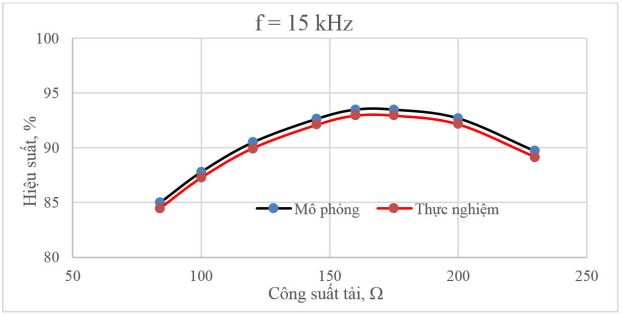


H.7. Sóng điện áp vào - ra

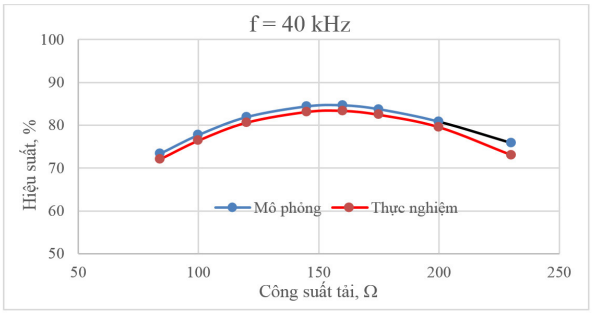
Từ kết quả đo thực thế nhận thấy rằng:

- Điện áp ra trên tải khá bằng phẳng, không bị nhiễu bởi sóng hài và có chất lượng tốt;
- Mosfet hoạt động ở hai chế độ đóng và mở, điện áp trên cực của Mosfet có dạng xung và biên độ ổn định.

Chúng tôi tiến hành khảo sát hiệu suất của bộ biến đổi trong hai trường hợp là: thay đổi tần số đóng cắt f và thay đổi hệ số chu kỳ D. Các kết quả thực nghiệm được so sánh với các kết quả mô phỏng ứng với các điều kiện tương đương nhau. Đánh giá hiệu suất thực nghiệm và mô phỏng của hệ thống với cấu hình đề xuất với điện áp đầu vào V_{in} = 72V, hệ số D = 0,55 được trình bày ở các Hình H.8 và H.9 khi cho thay đổi tần số đóng cắt mạch.



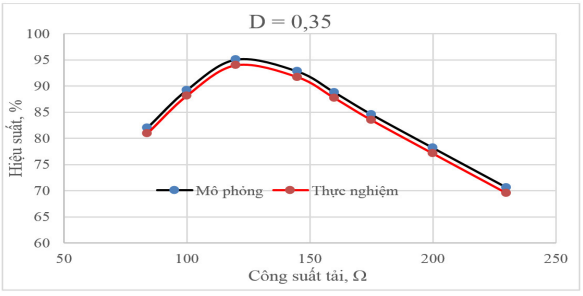
H.8. Kết quả mô phỏng và thực nghiệm hiệu suất ở tần số đóng cắt 15 kHz



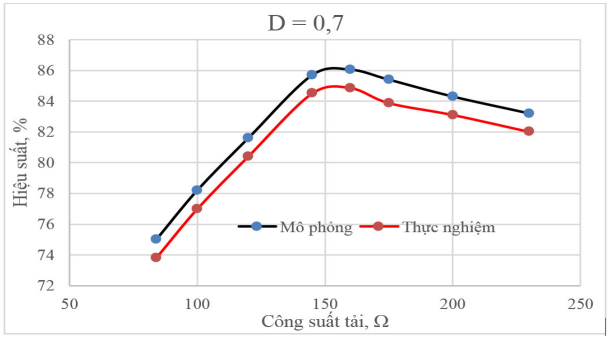
H.9. Kết quả mô phỏng và thực nghiệm hiệu suất ở tần số đóng cắt 40 kHz

Nhận thấy rằng: Kết quả của mô hình mô phỏng và thực nghiệm khá tương đồng nhau, hiệu suất thực nghiệm cao nhất của bộ biến đổi là 93,6% ở tần số chuyển mạch f = 15kHz. Ở các tần số đóng cắt cao hơn, hiệu suất của mạch tăng áp giảm dần do tổn thất đóng cắt tăng bởi hiệu ứng Jun và hiệu suất thấp nhất ở tần số f=40kHZ khoảng 72%, với kết quả này cho thấy rằng mạch tăng áp DC-DC mới có hiệu suất lớn hơn các mạch tăng áp truyền thống (có hiệu suất từ 40-60%) như đã phân tích ở trên.

Đối với việc đánh giá thực nghiệm đo được ở các mức tải khác nhau dưới các hệ số chu kỳ (D) khác nhau được thể hiện ở các Hình H.10 và H.11 Với tần số chuyển mạch f = 15kHz, điện áp đầu vào Vin = 72V.



H.10. Kết quả mô phỏng và thực nghiệm hiệu suất khi D = 0,35



H.11. Kết quả mô phỏng và thực nghiệm hiệu suất khi D = 0,7

Kết quả hiệu suất giữa mô phỏng và thực nghiệm có sự chênh lệch là do tổn thất năng lượng trên các linh kiện, đặc biệt là điện trở nối tiếp tụ điện ESR mà trên phần mềm mô phỏng không thể mô tả chính xác được (không có thiết bị hỗ trợ nên không xác định được chính xác điện trở nối tiếp tụ điện ESR). Hiệu suất thực nghiệm cao nhất đo được là 94,0% ở hệ số D = 0.35 và thấp nhất khoảng 74% ở hệ số chu kỳ D=0,7.

4. KẾT LUẬN

Qua các kết quả nghiên cứu đánh giá khi thay đổi tần số đóng cắt và thay đổi hệ số chu kỳ D=0,7 thấy rằng:

- Hiệu suất của mạch cao nhất đạt được 94% và thấp nhất đạt 72%;
- Kết quả thực nghiệm cũng chứng minh: mạch tăng áp DC-DC có hiệu suất cao hơn nhiều so với hiệu suất của các mạch DC-DC truyền thống;
- Việc nâng cao hiệu suất của mạch tăng áp DC-DC đưa đến nâng cao được hiệu quả của hệ thống nguồn pin năng lượng mặt trời❒

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. R. Ramaprabha and B. L. Mathur (2012), A Comprehensive Review and Analysis of Solar Photovoltaic Array Configurations under Partial Shaded Conditions, International Journal of Photoenergy, Volume 2012, Article ID 120214, doi:10.1155/2012/120214.
2. F. Belhachat and C. Larbes (2014), Modeling, analysis and comparison of solar photovoltaic array configurations under partial shading conditions, Solar Energy 120 (2015) 399–418.
3. Xuan Cuong Ngo, Nhu Y Do (2022), The impact of electrical energy consumption on the payback period of a rooftop grid-connected photovoltaic system: A case study from Vietnam. International Journal of Renewable Energy Development. 2022.
4. Xuan Cuong Ngo, Nhu Y Do (2022), A Comprehensive Assessment of a Rooftop Grid-Connected Photovoltaic System: A Case Study for Central Vietnam. International Energy Journal. 2022.
5. Trương Việt Anh, Bùi Văn Hiền, Dương Thanh Long, Lương Xuân Trường (2020) , Đánh giá tác động của hiện tượng bóng che lên đặc tính làm việc của các cấu hình kết nối pin mặt trời, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Số 45A, 2020, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh.
6. Lê Thị Minh Châu, Trần Anh Tuấn, Trịnh Tuấn Anh, Lê Đức Tùng, Dương Minh Quân (2021), Nghiên cứu thiết kế bộ tăng áp DC-DC ứng dụng cho hệ thống pin năng lượng mặt trời, JST: Engineering and Technology for Sustainable Development Volume 31, Issue 3, July 2021, 083-08.

RESEARCH AND EVALUATING THE EFFICIENCY OF THE SOLAR BATTERY SYSTEM USING NEW DC-DC STRUCTURE ON EXPERIMENTAL MODEL

Nguyen Duc Minh, Trinh Trong Chuong, Do Nhu Y

ABSTRACT

To improve the efficiency of the solar battery system, it is necessary to improve the efficiency of the DC-DC booster circuit in the system. The traditional DC-DC booster circuits have the disadvantage of poor performance, depending on the weather conditions. The article evaluates the efficiency of the solar cell system using the proposed DC-DC booster circuit, demonstrates the advantages of this circuit, which is capable of development and applied in practice.

Keywords: *solar battery, DC-DC booster circuit, switching frequency*

Ngày nhận bài: *25/4/2022*;
Ngày gửi phản biện: *28/4/2022*;
Ngày nhận phản biện: *18/5/2022*;
Ngày chấp nhận đăng: *28/5/2022*.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: *Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.*