



HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VỀ CƠ KHÍ - ĐIỆN - TỰ ĐỘNG HÓA

(MEAE2021)



TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

KHÓA CƠ - ĐIỆN

## HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VỀ CƠ KHÍ - ĐIỆN - TỰ ĐỘNG HÓA

*National Conference on Mechanical, Electrical, Automation Engineering*

(MEAE2021)

### CÁC CHỦ ĐỀ CHÍNH CỦA HỘI NGHỊ

- Kỹ thuật Cơ khí, Cơ khí động lực;
- Kỹ thuật Điện, Điện tử, Điện công nghiệp;
- Năng lượng, Năng lượng tái tạo;
- Tự động hóa, Robot, Cơ điện tử;
- Công nghệ thông tin và trí tuệ nhân tạo;
- và những tiến bộ kỹ thuật trong các lĩnh vực kể trên.

## Nghiên cứu, thiết kế mạch tăng áp DC/DC trong bộ nghịch lưu hòa lưới của hệ thống pin mặt trời

Nguyễn Đức Minh <sup>1\*</sup>, Đỗ Như Ý <sup>2</sup>, Trịnh Trọng Chương <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Viện Khoa học Năng lượng, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam, email: [minhnguyenduc.ies@gmail.com](mailto:minhnguyenduc.ies@gmail.com)

<sup>2</sup> Trường Đại học Mỏ - Địa chất, email: [doanhuy.bumg@gmail.com](mailto:doanhuy.bumg@gmail.com)

<sup>3</sup> Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, email: [chunngatt@hanoi.edu.vn](mailto:chunngatt@hanoi.edu.vn)

### THÔNG TIN BÀI BÁO

### TÓM TẮT

#### Quá trình:

Nhận bài 15/04/2021

Chấp nhận 16/8/2021

Đăng online 19/12/2021

#### Từ khóa:

Hệ thống PV hòa lưới, Bộ biến đổi DC/DC, hệ số chu kỳ D, Theo dõi điểm phát công suất cực đại toàn cục GMPPT

Hiệu quả làm việc của bộ nghịch lưu trong hệ thống phát điện pin mặt trời hòa lưới phụ thuộc vào nhiều yếu tố từ khâu tăng áp, khâu điều chế đến khâu lọc đầu ra. Khâu tăng áp có vai trò đảm bảo biên độ điện áp đầu ra nằm trong phạm vi nhất định. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu, thiết kế chế tạo mạch tăng áp DC/DC, lựa chọn hệ số chu kỳ D (Duty cycle) có xét đến sự ảnh hưởng của cường độ bức xạ mặt trời. Kết quả thực nghiệm thấy rằng với cấu trúc mạch thiết kế và hệ số chu kỳ D đề xuất đã cải thiện được hiệu suất của mạch tăng áp, nâng cao hiệu quả làm việc cho bộ nghịch lưu và tỏ rõ khả năng ứng dụng trong thực tế.

© 2021 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

### 1. Mở đầu

Bộ biến đổi DC-DC tăng áp chế độ chuyển mạch có nền tảng bắt nguồn từ việc phát triển các bộ biến đổi tăng áp điều chế độ rộng xung (PWM). Các cấu trúc liên kết DC-DC tăng áp chuyển đổi các mức điện áp thấp thành các mức cao hơn bằng cách tạm thời lưu trữ năng lượng đầu vào sau đó giải phóng nó ở đầu ra với một mức điện áp cao hơn. Các lưu trữ như vậy có thể được thực hiện ở các bộ phận lưu trữ từ trường (cuộn cảm) hoặc các bộ phận lưu trữ điện trường (tụ điện) qua việc sử dụng các yếu tố chuyển mạch chủ động và thụ động (công tắc điện và di-ốt) ( Trong nhiều ứng dụng, chẳng hạn hệ thống PV hòa lưới E. Figueres, G. Garcerá, J. Sandía, F. González-Espín, and J. C. Rubio, 2009) và các hệ thống phát điện dùng năng lượng tái tạo, cần thiết phải sử dụng bộ chuyển đổi với hệ số tăng áp cao. Các bộ chuyển đổi tăng áp DC/DC khác nhau đã được trình bày trong các tài liệu (S. Deshpande and N. R. Bhasme, 2018); (S. Chen, L.

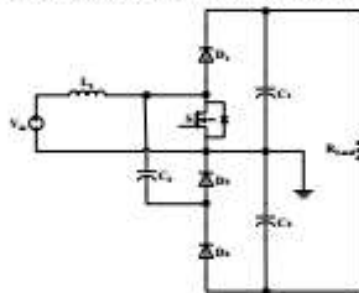
Zhou, Q. Luo, and B. Zhu, 2013). Tùy vào yêu cầu đặt ra sẽ sử dụng cấu trúc cách ly hoặc không cách ly (M. Forouzes, Y. P. Siwakoti, S. A. Gorji, F. Blaabjerg, and B. Lehman, 2017). Các bộ chuyển đổi sử dụng biến áp có thể thu được hệ số tăng áp cao bằng cách điều chỉnh tỷ số vòng dây và sử dụng các linh kiện có giá trị định mức thấp để giảm tổn thất dẫn. Tuy nhiên, các điện cảm rò gây ra gai điện áp cao trên các linh kiện công suất và thường đòi hỏi một mạch dập xung (snubber). Có thể sử dụng mạch dập xung kiểu điện trở - tụ điện - diode (RCD) hoặc mạch kẹp để giảm tổn thất năng lượng (M. Sahoo and S. Kumar K, 2014); (P. Marabeas, D. Coutellier, J. Yang, S. Choi, and V. G. Agelidis, 2011)

Hiệu suất của mạch tăng áp DC/DC hay hiệu quả làm việc cho bộ nghịch lưu phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như: cấu hình; thiết bị điện tử công suất; phương pháp điều khiển; kỹ thuật bám theo điểm công suất cực đại; điều kiện môi trường; công suất truyền tải qua bộ biến đổi;... Và các yếu tố này liên quan đến nhau, hợp thành để nâng cao

hiệu quả làm việc của bộ biến đổi. Tuy nhiên, một số vấn đề cần xem xét thêm, thứ nhất để thiết kế một bộ chuyển đổi nhỏ gọn, phải có cách để giảm thiểu hoặc loại bỏ các tổn thất chuyển mạch. Trong trường hợp này các kỹ thuật chuyển mạch mềm và cộng hưởng được áp dụng cho các bộ tăng áp cao; thứ hai là trong khoảng thời gian công suất đầu ra của tấm pin mặt trời (PV) rất thấp thì hiệu suất của bộ biến đổi DC/DC vẫn rất thấp và chưa có được một bộ số liệu đủ tin cậy trong một phạm vi đủ rộng của dải tần số điều chế để xác định mối quan hệ giữa tần số băm áp và độ rộng xung điều chế đến hiệu suất của bộ biến đổi DC/DC; thứ ba là việc xác định điểm công suất cực đại (MPPT) truyền thống rất khó để theo dõi khi có bóng che một phần do có nhiều điểm MPPT địa phương (A. Kumar, 2015); (P. Kumar, G. Jain, and D. K. Palwalia, 2015). Trong bài báo này, chúng tôi sẽ trình bày đề xuất cấu hình tăng áp DC/DC mới bằng cách sử dụng một cấu hình tăng áp sử dụng ít khóa bán dẫn, ít cuộn kháng và hệ số tăng áp cao hơn các cấu hình thông thường. Từ đó dẫn đến việc điều khiển dễ dàng hơn, ít tổn thất trên linh kiện, hiệu suất tăng, giảm kích thước và trọng lượng mạch, chi phí thấp. Bên cạnh đó, chúng tôi cũng tính toán lựa chọn hệ số chu kỳ D (Duty cycle) hợp lý có xét đến ảnh hưởng của cường độ bức xạ mặt trời. Kết quả thực nghiệm cho thấy: mạch đề xuất đã cải thiện được hiệu suất, nâng cao hiệu quả làm việc bộ nghịch lưu.

## 2. Mạch tăng áp DC/DC đề xuất

### 2.1. Cấu hình mạch tăng áp DC/DC đề xuất

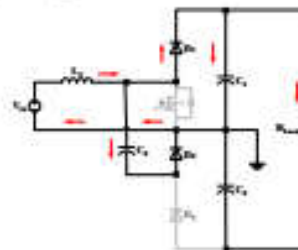


Hình 1. Cấu hình mạch tăng áp DC/DC đề xuất

Hình 1 mô tả cấu hình mạch tăng áp DC/DC đề xuất, bao gồm một nguồn cung cấp DC với điện áp nguồn Pin quang điện ( $V_{dc}$ ), một khóa bán dẫn chuyển mạch (S), ba diode ( $D_1, D_2, D_3$ ), một cuộn cảm ( $L$ ), ba tụ điện ( $C_1, C_2, C_3$ ). Đầu ra ra được nối với tải trở ( $R_{load}$ ). Giá trị điện áp đầu ra  $V_o$  tăng cao nhờ hoạt động của khóa bán dẫn S và khả năng tích trữ năng lượng của cuộn dây L và tụ điện  $C_3$  làm cho điện áp trên tụ  $C_1$  và  $C_2$  cao hơn điện áp nguồn cấp. Phương pháp điều khiển dựa trên phương pháp điều chế độ rộng xung PWM.

### 2.2. Phân tích mạch

Cấu hình tăng áp này hoạt động dựa trên hai trạng thái đóng mở khóa bán dẫn S.



Hình 2a. Trạng thái 1

Trạng thái 1 (hình 2): trong khoảng thời gian  $t = T - T_{ON}$  khóa S mở, lúc này năng lượng trên nguồn và năng lượng trên cuộn kháng L sẽ được nạp qua các tụ  $C_1$  và  $C_2$  thông qua các diode  $D_1$  và  $D_2$ . Điện áp trên tụ được xác định theo công thức (1):

$$U_{C1} = U_{C2} = U_{dc} \frac{T}{T - T_{ON}} \quad (1)$$

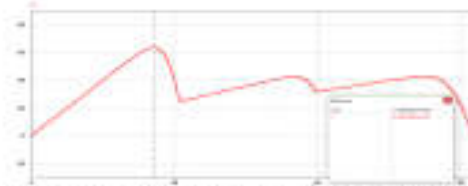
Ở đây:  $U_{C1}, U_{C2}, U_{C3}$  là điện áp trên tụ  $C_1, C_2, C_3$ ;  $U_{dc}$  là điện áp nguồn; T là chu kỳ chuyển mạch;  $T_{ON}$  là thời gian đóng khóa bán dẫn S

Trạng thái 2 (hình 2b): trong thời gian  $T_{ON}$ , khóa S đóng. Lúc đó năng lượng từ nguồn DC sẽ tích trữ vào cuộn kháng L. Trong trạng thái này khóa S và  $D_2$  đóng nên điện áp từ tụ  $C_3$  sẽ nạp qua tụ  $C_2$ . Điện áp trên tụ  $C_2$  có giá trị bằng điện áp trên tụ  $C_3$ .

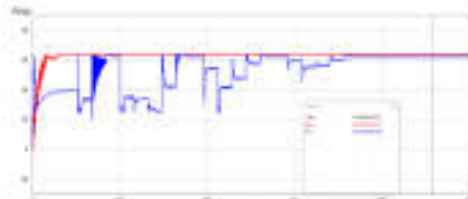


Hình 11. Kết quả mô phỏng dò điểm MPPT với giải thuật P&O và GA 800-400-200 W/m<sup>2</sup>

**Trường hợp 3:** Các tấm pin có mức bức xạ lần lượt là 1000-200-300 W/m<sup>2</sup> (điểm cực đại toàn cục nằm bên trái)



Hình 12. Đặc tuyến P-V của hệ thống pin quang điện 1000-200-300 W/m<sup>2</sup>



Hình 13. Kết quả mô phỏng dò MPPT với giải thuật P&O, GA 1000-200-300 W/m<sup>2</sup>

Hình 12 thể hiện đặc tuyến P-V của hệ thống với mức bức xạ lần lượt trên các module là 1000-200-300W/m<sup>2</sup>. Đặc tuyến có 3 đỉnh công suất cực đại nhưng đỉnh có công suất lớn nhất là 63,62W nằm ở phía bên trái. Hình 13 thể hiện điểm công suất mà giải thuật P&O và GA dò được chạy trên cấu hình tăng áp đề xuất. Qua hình 13 nhận thấy: cả 2 giải thuật đều dò ra điểm có công suất cực đại. Trong trường hợp này do điểm bức xạ nằm phía bên trái, bên cạnh đó hệ số D lúc khởi động nằm gần điểm này nên vô tình giải thuật P&O dò ra được. Nhưng trong thực tế đa số các đỉnh có công suất cực đại thường nằm bên phải hoặc ở giữa, nên sử dụng giải thuật P&O để dò điểm công suất cực đại trong hệ

thống PV làm việc trong điều kiện có bóng che từng phần không hiệu quả bằng giải thuật GA.

#### 4. Kết luận

Bài báo đã đề xuất một cấu hình tăng áp DC/DC giúp giảm số linh kiện bán dẫn, hệ số nhân áp cao, hiệu suất cao so với cấu hình truyền thống đã được nghiên cứu trước đó. Cấu hình có cấu trúc đơn giản nên dễ dàng kiểm tra hư hỏng và xác suất hư hỏng trên các linh kiện thấp. Ngoài ra, bài báo cũng trình bày phương pháp điều chế độ rộng xung, kết quả phân tích mạch và tính toán, lựa chọn linh kiện cho cấu hình tăng áp DC/DC đề xuất và áp dụng giải thuật dò điểm công suất cực đại trên cấu hình đề xuất. Trên cơ sở lý thuyết đã được trình bày, mô phỏng và thực nghiệm đã được tiến hành để chứng minh khả năng hoạt động của mạch. Từ kết quả mô phỏng và thực nghiệm đã kiểm chứng được một số ưu điểm của mạch tăng áp DC/DC đề xuất

#### Đóng góp của các tác giả

Tác giả Nguyễn Đức Minh phụ trách lên ý tưởng và đề xuất cấu hình mạch DC-DC tăng áp, làm thực nghiệm.

Tác giả Đỗ Như Ý phụ trách xây dựng kịch bản nghiên cứu và phối hợp với tác giả Nguyễn Đức Minh để làm thực nghiệm.

Tác giả Trịnh Trọng Chương phụ trách xây dựng thuật toán, lập trình và kiểm tra tính chính xác của nội dung và kết quả bài báo.

#### Tài liệu tham khảo

- E. Figueres, G. Garcera, J. Sandia, F. González-Espín, and J. C. Rubio, (2009). Sensitivity study of the dynamics of three-phase photovoltaic inverters with an LCL grid filter. *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 56, no. 3, pp. 706-717.
- S. Deshpande and N. R. Bhasme, (2018). A review of topologies of inverter for grid connected PV systems. *2017 Innov. Power Adv. Comput. Technol. i-PACT 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 1-6.
- M. Forouzes, Y. P. Siwakoti, S. A. Gorji, F. Blaabjerg, and B. Lehman, (2017). Step-Up DC-DC converters: A comprehensive review of voltage-boosting techniques, topologies, and