

Cải Tiến Hệ Thống Thiết Bị Điện Tử Công Suất Trong Công Nghiệp Không Biến Áp Truyền Thống

Dương Thùy Liên
 Khoa Điện-Điện tử viễn thông
 Trường Đại học Giao thông vận tải
 Thành phố Hồ Chí Minh
 Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
 lien.duong@ut.edu.vn

Trần Thanh Vũ
 Khoa Điện-Điện tử viễn thông
 Trường Đại học Giao thông vận tải
 Thành phố Hồ Chí Minh
 Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
 vu.tran@ut.edu.vn

Tóm tắt-Hầu hết các thiết bị điện công suất thông qua các tầng biến đổi công suất với giá trị điện áp khác nhau phù hợp với từng mục đích sử dụng của tải đặc thù. Việc thay đổi điện áp cho các tầng này cần thông qua các lõi biến áp điện từ có kích thước khá lớn tốn chi phí. Trong khi đó, sự kết nối với các tải công suất khác là không thể hoặc cần thêm một bộ thiết bị hòa đồng bộ. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất giải pháp kết nối các nguồn năng lượng nhỏ thành hệ thống DC với đề xuất mô hình máy biến áp DC. Để làm rõ tính khả thi của nghiên cứu, nhóm sử dụng phần mềm mô phỏng PSIM.

Từ khóa-Năng lượng tái tạo, kết nối lưới, bộ chuyển đổi điện áp.

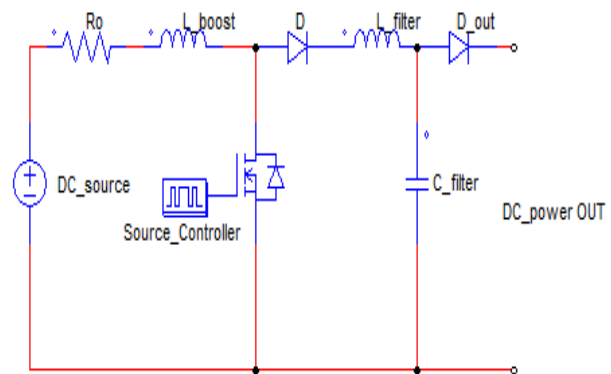
I. GIỚI THIỆU

Các phương pháp hòa đồng bộ kết nối các nguồn công suất nhằm tăng cường khả năng cung cấp năng lượng cho những nguồn phát với tải sử dụng nguồn AC truyền thống. Một sự mất cân bằng điện áp [1] hoặc mất đồng bộ pha [2] có thể gây ra một sự cố lớn cho hệ thống điện AC hai nguồn phát trở lên. Hậu quả cho việc không thành công trong quá trình hòa công suất phát của hai hệ thống có thể gây mất ổn định hệ thống lưới hiện hữu đang hoạt động [3] trong trường hợp nhẹ và hệ thống buộc phải sa thải phụ tải [4] hoặc có thể gây cháy nổ các thiết bị truyền tải hoặc cung cấp điện trong trường hợp nghiêm trọng hơn. Để tránh xảy ra các sự cố trên, một hệ thống hòa đồng bộ [5] và hệ thống điều khiển công suất phải xử lý đồng thời [6]. Điện tử công suất ngày càng phát triển mạnh mẽ trong thời gian qua, có thể thấy rằng các thiết bị điện hiện hữu trong các ứng dụng công nghiệp (biến tần, các máy móc tự động ...) và dân dụng (ti vi, tủ lạnh, máy điều hòa,...) hầu hết đã chuyển sang sử dụng nguồn DC thay cho hệ thống điện AC. Các nguồn cung cấp điện AC hiện hữu vẫn còn sử dụng cho các thiết bị này nhờ một mạch chỉnh lưu cơ bản không điều khiển lắp đặt bên trong mỗi thiết bị. Việc đặt nhiều mạch chỉnh lưu tiêu tốn rất nhiều công suất vô công tính trên cả hệ thống cung cấp điện.

Ngoài ra, nguồn năng lượng tái tạo đang thu hút đông đảo người sử dụng và kể cả tại các nhà máy điện hiện đại [7]. Đa số trong các nguồn năng lượng tái tạo cung cấp năng lượng DC là năng lượng sơ cấp. Vì vậy, hệ thống nguồn phát điện sử dụng năng lượng tái tạo cần một hệ thống chuyển đổi AC phức tạp và gây ra một lượng tổn hao không nhỏ trong các thiết bị đóng cắt công suất [8].

Như vậy, việc xây dựng một hệ thống điện DC cung cấp cho các thiết bị điện trong hệ thống cung cấp điện hiện đại là cần thiết và có nhiều ưu điểm. Trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày giải pháp xây dựng hệ thống nguồn phát DC thay thế cho các nguồn phát AC cũ phù hợp hơn đối với hệ thống các thiết bị điện hiện đại đang ngày càng phát triển mạnh mẽ theo xu hướng DC. Nhóm sử dụng phần mềm PSIM để mô phỏng nhằm thể hiện rõ các quá trình biến đổi cho giải pháp đưa ra.

II. SƠ ĐỒ NGUYÊN LÝ NGUỒN PHÁT DC SƠ CẤP



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý nguồn DC Máy biến áp DC.

Sơ đồ nguyên lý của nguồn phát DC đề xuất trong nghiên cứu này được trình bày trong hình 1. Nguồn DC_source là một nguồn năng lượng DC sơ cấp (như năng lượng mặt trời, hệ năng lượng vi sinh...). Ro được xem là nội trở tương đương của nguồn năng lượng sơ cấp DC và hệ thống dây dẫn từ nguồn sơ cấp DC đến bộ biến đổi công suất. L_boost được thêm vào để cân bằng hệ thống nguồn sơ cấp DC với tải và

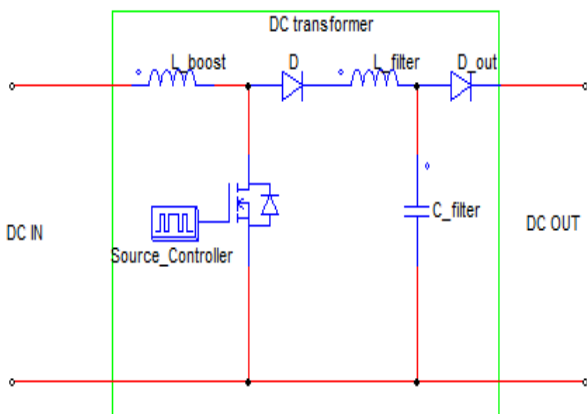
dùng để tích trữ năng lượng trong trường hợp cần điều chỉnh điện áp DC ở ngõ ra của bộ nguồn DC đề xuất. Khóa bán dẫn được lắp đặt để phối hợp nạp và xả cho cuộn kháng L_{boost} . Diode D được thêm vào để định hướng dòng công suất từ nguồn sang tải. Cuộn kháng lọc L_{filter} và tụ lọc C_{filter} phối hợp để lọc bỏ các hài bậc cao sinh ra do quá trình nạp xả và đóng ngắt khóa bán dẫn, đồng thời giảm ripple dòng điện trong mạch công suất. Sự phối hợp giữa kháng lọc L_{filter} và tụ lọc C_{filter} trên cũng có chức năng như một mạch lọc thông thấp bậc 2. Đầu ra cuối cùng của nguồn DC đề xuất là Diode định hướng dòng công suất D_{out} có tác dụng ngăn dòng ngược về từ các nguồn DC kết nối khác và định hướng dòng điện theo hướng từ nguồn DC sơ cấp sang phía tải kết nối.

Bộ điều khiển trong sơ đồ hình 1 dùng để điều khiển năng lượng từ nguồn DC sơ cấp thành nguồn DC thứ cấp để cấp năng lượng cho tải. Nguồn năng lượng DC thứ cấp có giá trị điện áp lớn hơn nguồn năng lượng DC sơ cấp.

Như vậy, với nguồn DC đề xuất như trên có thể xem hệ thống là một máy biến áp DC (DC transformer) và được mô tả lại như hình 2.

III. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG

A. Tỷ số biến áp



Hình 2. Máy biến áp DC.

Trong máy biến áp DC đề xuất trên bộ lọc của máy biến áp dùng để lọc thành phần hài bậc cao sinh ra từ quá trình đóng cắt và nạp xả cuộn kháng L_{boost} . Với hệ sơ đồ kết nối như hình 1, bộ lọc không có tổn hao về công suất và thành phần DC không bị tổn thất qua các linh kiện lọc về mặt lý thuyết. Trong thực tế, các linh kiện này không lý tưởng và vẫn bị tổn hao. Tuy nhiên, để phân tích nguyên lý, có thể xem là tổn hao không đáng kể so với các thành phần chính của hệ thống. Các diode cũng tạo nên tổn hao về công suất và điện áp một cách tương tự. Tuy nhiên, chúng cũng

không đáng kể so với các thành phần chính cần phân tích. Như vậy trong nghiên cứu này, không tiến hành khảo sát các thành phần tổn hao trong mạch nguyên lý. Vậy điện áp ngõ ra phía thứ cấp của máy biến áp được mô tả bởi phương trình sau:

$$V_{dc_out} = V_{dc_in} - V_{L_boost} - V_D - V_{D_filter} \quad (1)$$

Trong đó, V_{L_boost} là điện áp trên cuộn kháng boost của hệ thống được mô tả bởi phương trình:

$$V_{L_boost} = L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

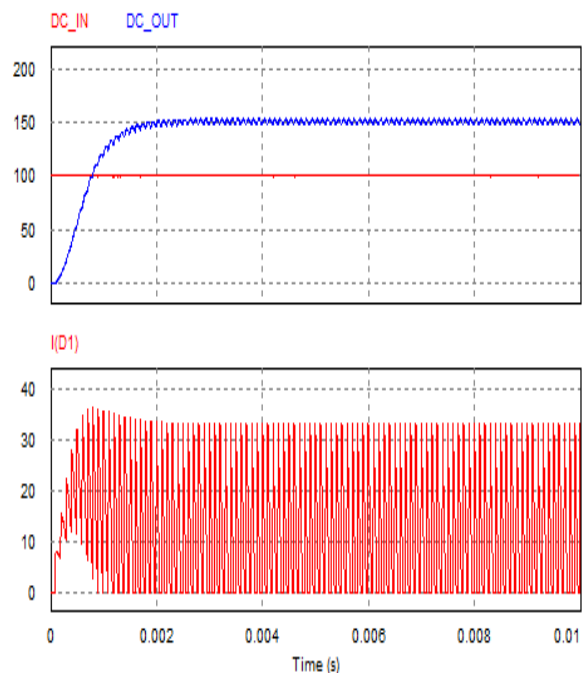
Từ phương trình (2), nếu bỏ qua các tổn hao điện áp trên các linh kiện như đã đề cập trên, có thể viết lại phương trình (1) như sau:

$$V_{dc_out} = V_{dc_in} - L \frac{di}{dt} \quad (3)$$

Dòng điện nguồn sơ cấp i lúc khóa bán dẫn giảm nên V_{L_boost} (điện áp trên cuộn kháng) có giá trị âm. Do đó, V_{dc_out} luôn có giá trị lớn hơn V_{dc_in} . Từ đó, ta có tỉ số biến áp n của hệ thống được mô tả như sau:

$$n = \frac{V_{dc_out}}{V_{dc_in}} = 1 + \frac{\Delta V}{V_{dc_in}} \quad (4)$$

Trong đó ΔV là điện áp trên kháng boost luôn có giá trị dương. V_{dc_in} là giá trị điện áp nguồn DC sơ cấp không đổi.



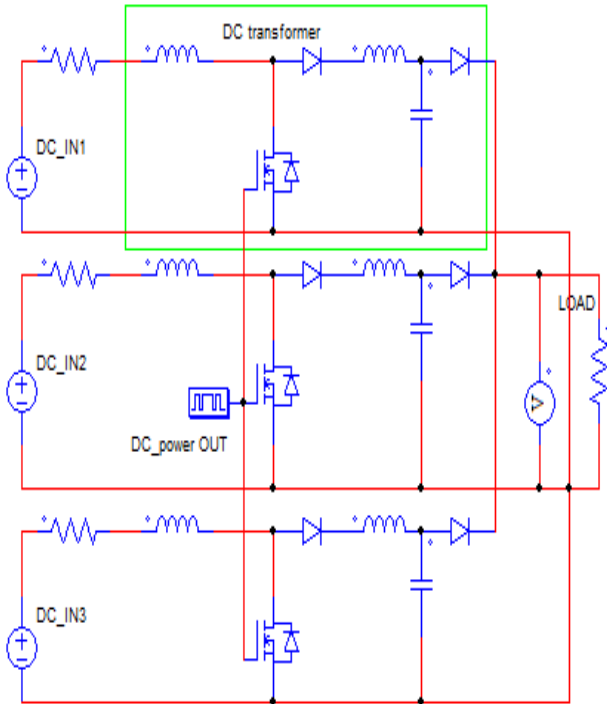
Hình 3. Điện áp và dòng điện của máy biến áp DC hoạt động độc lập.

Như vậy giá trị tỉ số biến áp DC phụ thuộc vào dòng điện làm việc của nguồn sơ cấp DC hay nói cách khác, sự phụ thuộc vào dòng làm việc của tải. Điều

chỉnh tỉ số biến áp DC cần có bộ điều khiển nguồn Source_controller theo dòng làm việc của tải.

Trong hình 3 có thể thấy rõ tỉ số biến áp với hệ số $n = 1.5$ và dòng điện làm việc của nguồn DC sơ cấp với điện áp đầu vào là 100 Vdc, áp đầu ra biến áp DC thu được 150 Vdc. Dòng điện i biến thiên nhờ khóa bán dẫn đóng cắt ở tần số 20 kHz.

B. Nguồn DC kết nối



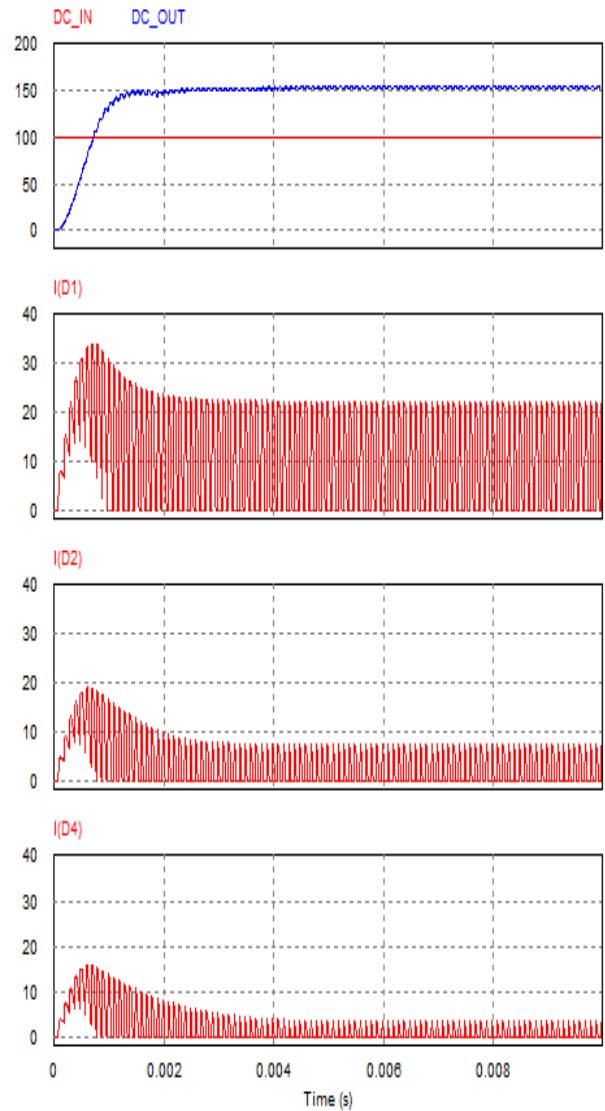
Hình 4. Sơ đồ nguyên lý kết nối các nguồn DC sơ cấp thông qua máy biến áp DC.

Từ phân tích trên, việc kết nối nguồn DC trở nên đơn giản hơn bằng cách kết nối các biến áp DC được đề xuất trong nghiên cứu này. Việc kết nối không cần quá trình đồng bộ hóa, đồng bộ pha cũng như không cần bằng nhau về điện áp như các nguồn AC truyền thống. Cùng điện áp ngõ ra như trường hợp đã trình bày trong mục A, có 03 nguồn DC sơ cấp kết nối với nhau và có giá trị khác nhau: 100 Vdc, 60 Vdc và 50 Vdc. Tỉ số biến áp của các nguồn khác nhau cho ta kết quả phân chia phụ tải có dòng điện qua 03 nguồn (hình 5). Như vậy, việc có thể điều chỉnh được tỉ số biến áp DC cũng như điều chỉnh được công suất phát của từng nguồn một cách dễ dàng, cho thấy khả năng ứng dụng thực tế linh hoạt đối với các ứng dụng ngày nay.

IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã phân tích được một đề xuất mới cho biến áp DC dùng trong các nguồn năng lượng tái tạo hiện đại có khả năng ứng dụng thực tế cao của mô hình đề xuất. Qua đó, nghiên cứu cũng đã chỉ ra tính ưu việt khi kết nối các nguồn DC sơ cấp với nhau thông qua

biến áp DC. Các phương pháp đề xuất được sử dụng phần mềm PSIM để kiểm nghiệm mô hình cho kết quả như mong muốn.



Hình 5. Điện áp và dòng điện của máy biến áp DC hoạt động kết nối.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] L. Shang, W. Zhu, Z. Li, “A control method of PV grid-connected inverter under grid voltage unbalanced drops”, in 2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC), 09-11 June 2018, Shenyang, China, IEEE, 2018.

[2] Z. Hai-long, Z. Guo-yi, “A time synchronization method of power grid based on TD — LTE frame synchronization”, in 2017 IEEE Power & Energy Society General Meeting, 16-20 July 2017, Chicago, IL, USA, IEEE, 2017.

[3] B. Phan, H. Nguyen , P. Le , H. Nguyen , N. Le, “Transient Stability of Low Voltage Micro Grid”, in 2019 International Conference on System Science and

- Engineering (ICSSE), 20-21 July 2019, Dong Hoi, Vietnam, IEEE, 2019.
- [4] Z. Jianjun, S. Dongyu, Z. Dong, G. Yang, “Load Shedding Control Strategy for Power System Based on the System Frequency and Voltage Stability (Apr 2018)”, in 2018 China International Conference on Electricity Distribution (CICED), 17-19 September 2018, Tianjin, China, IEEE, 2018.
- [5] K. E. Okedu, “Improving grid frequency dynamics of synchronous generators considering wind energy penetration grid dynamics and operation”, in 2017 IEEE International Electric Machines and Drives Conference (IEMDC), 21-24 May 2017, Miami, FL, USA, IEEE, 2017.
- [6] T.V. Tran, T. W. Chun, H. H. Lee, H. G. Kim, E. C. Nho, “Control for grid-connected and stand-alone operations of three-phase grid-connected inverter”, in 2012 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 11-14 November 2012, Nagasaki, Japan, IEEE, 2012.
- [7] M. A. Usova, V. I. Velkin, “Possibility to use renewable energy sources for increasing the reliability of the responsible energy consumers on the enterprise”, in 2018 17th International Ural Conference on AC Electric Drives (ACED), 26-30 March 2018, Ekaterinburg, Russia, IEEE, 2018.
- [8] C. Wei, Z. M. Fadlullah, N. Kato, I. Stojmenovic, “On Optimally Reducing Power Loss in Micro-grids With Power Storage Devices”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol.32, issue 7, pp. 1361 – 1370, 2014. DOI: 10.1109/JSAC.2014.2332077.