

BỘ BIẾN ĐỔI LIÊN KẾT GIỮA CÁC LƯỚI ĐIỆN MỘT CHIỀU VÀ XOAY CHIỀU TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN CÔNG SUẤT SIÊU NHỎ

THE INTERLINKING CONVERTER BETWEEN DC AND AC NETWORKS IN MICROGRID

Nguyễn Thế Vĩnh^{1,*}, Đỗ Xuân Hiệp²,
Vũ Thái Giang³, Nguyễn Thị Tuyết⁴

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.78>

TÓM TẮT

Hiện nay, thực hiện ý tưởng về hệ thống điện siêu nhỏ lai trong hệ thống điện được sự quan tâm lớn của các nhà nghiên cứu gần đây. Bộ biến đổi liên kết được xem xét có chức năng chuyển đổi và quản lý năng lượng phù hợp giữa hai lưới điện siêu nhỏ AC và DC. Để sử dụng tối ưu năng lượng từ các nguồn năng lượng tái tạo trong hệ thống điện siêu nhỏ nối lưới điện nhằm tăng tính linh hoạt, ổn định toàn hệ thống điện. Trong bài báo này trình bày cấu trúc bộ biến đổi tích hợp dạng hai chiều DC/DC/AC độc lập hoặc nối lưới. Trong bộ biến đổi này sử dụng các khóa điện tử hai chiều trong các bộ biến đổi dạng cơ bản Flyback, Boost và cầu H. Kết quả mô phỏng Orcad được trình bày để xác nhận công việc đề xuất.

Từ khóa: Bộ DC/DC hai chiều, bộ DC/AC hai chiều, năng lượng tái tạo, ắc quy, hệ thống điện lai.

ABSTRACT

Currently, implementing the idea of a hybrid micro-grid system in the power system has received great attention from recent researchers. The interlinking converter under consideration has suitable power management and conversion functions between the two AC and DC micro-grids. To make optimal use of energy from renewable energy sources in the grid-connected micro-grid system to increase the flexibility and stability of the entire power system. In this paper, the structure of an independent or grid connected DC/DC/AC bidirectional integrated converter is presented. In this converter bidirectional power switches are used in the basic form converters Flyback, Boost and H-bridge. Orcad simulation results are presented to confirm the proposed work.

Keywords: Bidirectional DC/DC, bidirectional DC/AC, renewable energy, battery, hybrid power system.

¹Viện Quốc tế Pháp ngữ, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Trường Cao đẳng Cơ điện và Thủy lợi

³Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

⁴Trường Cao đẳng Công nghệ và Kinh tế Công nghiệp

*Email: vinhtn1278@vnu.edu.vn

Ngày nhận bài: 05/10/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/12/2022

Ngày chấp nhận đăng: 23/12/2022

1. GIỚI THIỆU

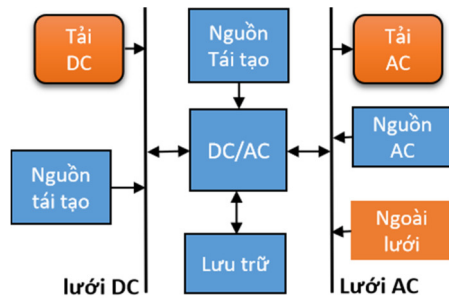
Ngày nay, hệ thống điện siêu nhỏ (Microgrid) được nghiên cứu nhiều cho hệ thống phân phối điện áp thấp với

các nguồn năng lượng tái tạo hoặc phân tán phi truyền thống (PV, gió, pin nhiên liệu, tua-bin siêu nhỏ,...), các thành phần lưu trữ năng lượng và tải linh hoạt. Một lưới như vậy có thể hoạt động độc lập (được gọi là chế độ hoạt động độc lập) hoặc đồng bộ hóa với lưới điện (được gọi là chế độ kết nối lưới). Từ quan điểm vận hành, tất cả các nguồn năng lượng có công suất siêu nhỏ và bộ lưu trữ phải được tích hợp bằng cách sử dụng bộ chuyển đổi điện tử công suất nhằm đảm bảo vấn đề cân bằng công suất và đảm bảo chất lượng điện năng. Do đó, cấu trúc liên kết, mô hình hóa và điều khiển bộ chuyển đổi điện tử công suất có ý nghĩa rất quan trọng đối với hoạt động, vận hành linh hoạt của lưới điện. Ngoài ra, vấn đề thiết kế bộ biến đổi công suất cũng rất quan trọng nhằm đạt được hiệu quả kinh tế và kỹ thuật [1-4].

Lưới điện siêu nhỏ lai có nghĩa là sự cùng tồn tại của cả lưới điện siêu nhỏ AC và DC để kết hợp các ưu điểm của cả hai hệ thống. Về vấn đề này, có một sự cần thiết tuyệt đối của một bộ chuyển đổi liên kết để làm cầu nối giữa lưới điện xoay chiều và lưới điện một chiều. Công việc chính của bộ chuyển đổi liên kết này là chuyển đổi năng lượng hai chiều, kiểm soát việc truyền tải điện năng giữa cả hai lưới, chia sẻ, điều chỉnh năng lượng đáp ứng nguồn và tải trong lưới điện siêu nhỏ hỗn hợp, đồng thời điều chỉnh điện áp lưới điện một chiều và tần số nối lưới [5]. Nhiệm vụ của bộ biến đổi liên kết quan trọng hơn trong chế độ vận hành trên các đảo và các vùng không có lưới điện hoạt động như một đường dây truyền tải vô hạn để phân phối hoặc hấp thụ bất kỳ lượng điện năng nào [6]. Các chiến lược kiểm soát và quản lý năng lượng khác nhau đã được báo cáo trong tài liệu từ thập kỷ trước và nghiên cứu tiến bộ đang diễn ra để kiểm soát nguồn năng lượng phối hợp. Kiến trúc khác nhau có thể có của lưới điện siêu nhỏ lai và các cấu trúc liên kết và cấu hình bộ biến đổi khác nhau của bộ biến đổi liên kết được xem xét trong [7-8].

Trong bài báo này, một hệ thống lưới điện siêu nhỏ lai được hiển thị trong hình 1, bao gồm một lưới điện siêu nhỏ DC và AC được liên kết với nhau bằng bộ biến đổi liên kết DC/AC hai chiều. Cả lưới điện siêu nhỏ DC và AC đều bao gồm nhiều nguồn khác nhau như năng lượng tái tạo (PV, gió,...), bộ máy phát điện diesel, bộ lưu trữ năng lượng cùng

với tải AC và DC. Lưới điện được kết nối với lưới điện xoay chiều nhỏ thông qua cầu dao như minh họa trong Hình 1 là ngoài mô hình ngoài lưới, cung cấp khả năng vận hành lưới điện siêu nhỏ lại dưới dạng độc lập nếu mở cầu dao hoặc dưới dạng được nối lưới nếu đóng cầu dao.



Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống điện siêu nhỏ

2. BỘ BIẾN ĐỔI LIÊN KẾT

Hình 2 mô tả bộ biến đổi để xuất liên kết giữa lưới DC và AC, bên cạnh đó còn thực hiện chức năng liên kết với nguồn tái tạo và hệ thống lưu trữ trong hệ thống tại đầu VDC của bộ biến đổi dạng DC/DC sử dụng dạng bộ biến đổi Flyback. Trong bộ biến đổi gồm hai bộ khóa công suất hai chiều nối đầu vào lưới DC là S2, S3. Và S4, S5 liên kết giữa hai đầu của lưới DC và bộ biến đổi cầu H cơ bản nối với lưới AC cách ly bằng máy biến áp TR2. Điốt D và tụ Cac được nối giữa nút chuyển mạch của bộ DC/DC Flyback với cầu H [9-11] với giải pháp cầu H như một mạch đệm cho khóa công suất S1. Cuộn cảm Lac và tụ Cac trong mạch thực hiện chức năng lọc nhằm nâng cao chất lượng điện vào và ra trong quá trình chuyển đổi của cầu H. Năng lượng của các đầu VDC, các lưới DC và AC được chuyển đổi theo hai chiều và được phân tích cụ thể tại chế độ hoạt động và mục 3 của bài báo như sau:

Chế độ 1: Năng lượng từ cổng VDC cung cấp cho đường dây DC (có nguồn năng lượng tái tạo và tải DC) và AC (nguồn và tải AC). Bộ biến đổi thực hiện theo nguyên lý mạch DC/DC dạng Flyback, khóa hai chiều S2 có điốt nối song song dẫn dòng, S3 khóa công suất là việc và mạch cầu H một pha liên kết với AC và tải AC trên lưới mô tả như hình 3a. Cầu H giống như một mạch đệm cho bộ DC/DC Flyback tại nút chuyển mạch khóa S1 với mục tiêu để tiêu thụ năng lượng dôi dãi của cuộn dây N1 máy biến áp TR1. Mạch cầu H nối với lưới AC bằng máy biến áp TR1.

Chế độ 2: Lưới AC được cung cấp năng lượng từ cổng VDC và lưới DC. Bộ chuyển đổi thực hiện từ VDC theo nguyên lý mạch DC/DC Boost liên kết với cầu H. Năng lượng từ lưới DC cung cấp cho lưới AC bằng cầu H thông qua khóa điện tử hai chiều (S4) khóa công suất làm việc và (S5) Điốt mắc song song dẫn dòng như hình 3b.

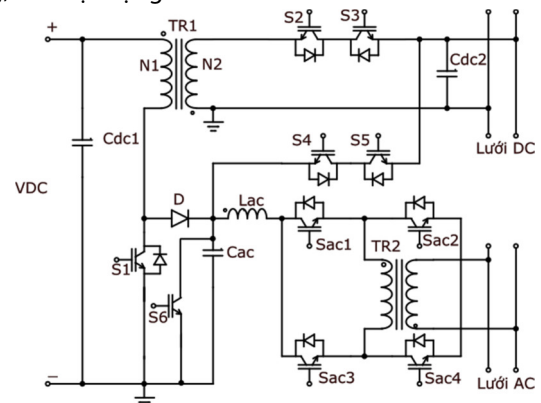
Chế độ 3: Năng lượng từ VDC đến lưới AC như hình 3c. Qua trình chuyển đổi năng lượng được kết hợp các bộ biến đổi DC/DC/AC từ tăng áp như bộ Boost. Lúc này điện áp trên khóa S1 bằng điện áp đầu vào của bộ cầu H.

Chế độ 4: Năng lượng cấp từ lưới DC đến lưới AC thông qua bộ khóa hai chiều (S4) làm việc và (S5) điốt dẫn dòng

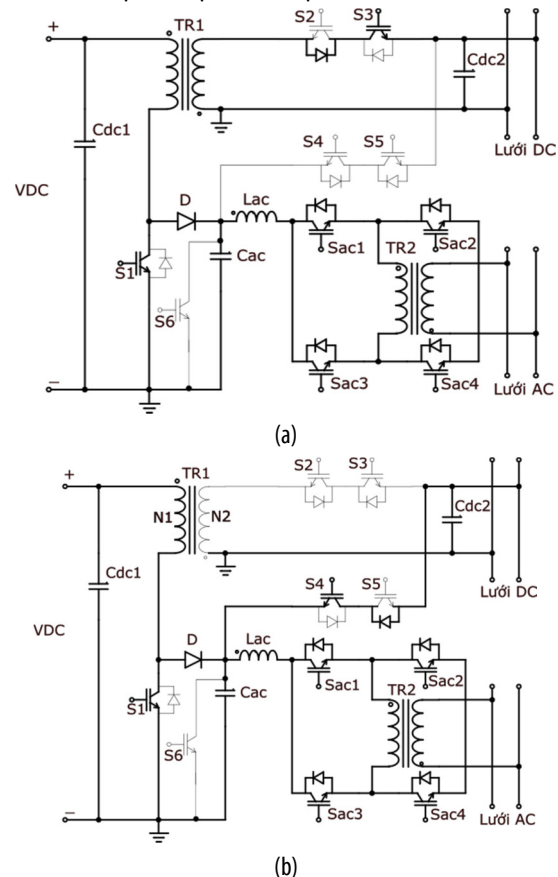
nếu hình 3d. Trường hợp này nguồn năng lượng từ lưới DC không tạo ra năng lượng, bộ lưu trữ ở mức giới hạn công suất không cung cấp năng lượng (công suất bộ lưu trữ nhỏ hơn công suất tải AC).

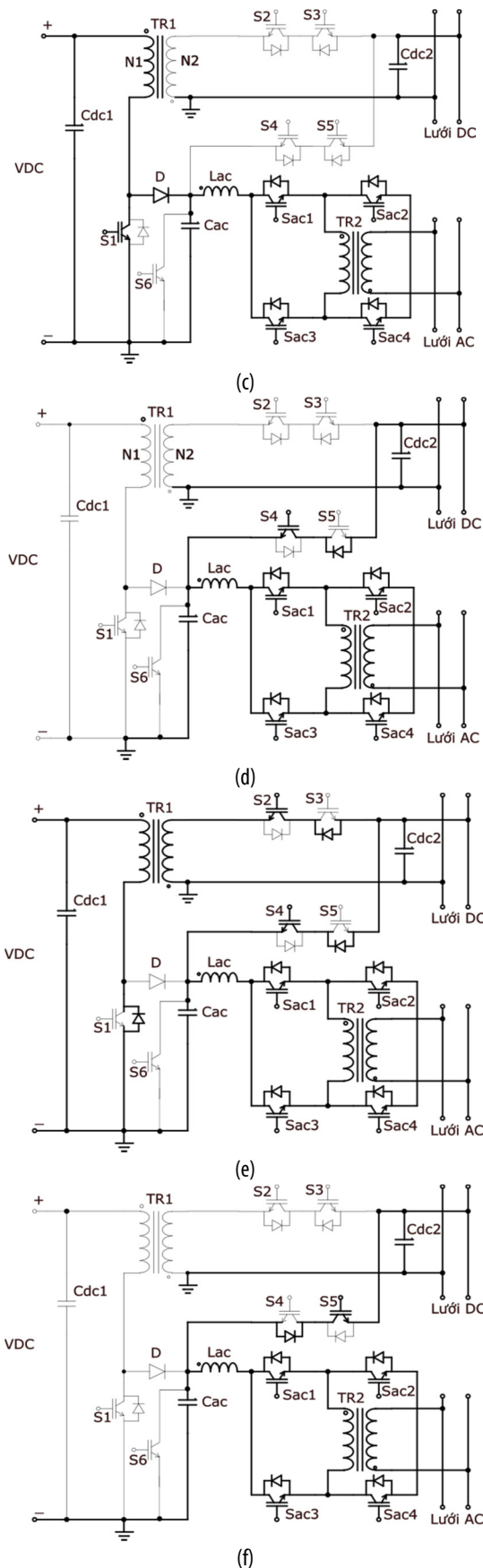
Chế độ 5: Năng lượng đi từ lưới DC đến VDC và lưới AC. Trường hợp này nguồn năng lượng tái tạo tại VDC và hệ thống lưu trữ năng lượng có công suất nhỏ hơn tải tại các lưới DC và AC. Chế độ hoạt động như bộ DC/DC giảm áp với S2 làm việc và điốt nối song song S3 dẫn dòng, khóa S1 không hoạt động, điốt song song với S1 làm việc. Khóa S4 hoạt động, điốt nối song song với S5 dẫn dòng như mô tả hình 3e.

Chế độ 6: Năng lượng từ lưới AC đến lưới DC như hình 3f. Khóa S4 không hoạt động và điốt nối song song dẫn dòng, S5 hoạt động.



Hình 2. Sơ đồ mạch của bộ biến đổi được đề xuất





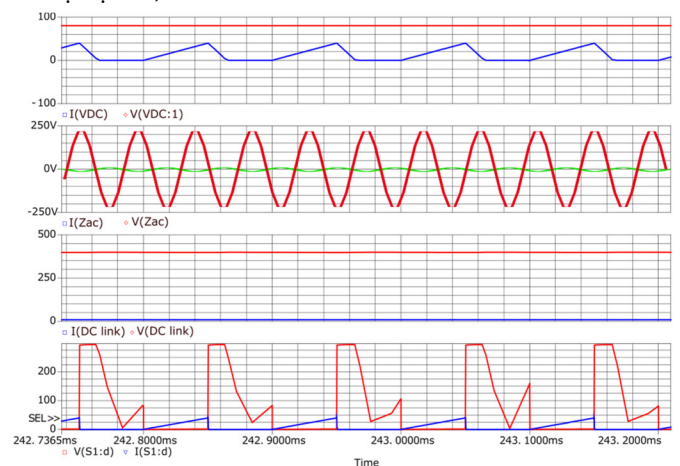
Hình 3. Sơ đồ hoạt động các chế độ của bộ biến đổi: a) chế độ 1; b) chế độ 2; c) chế độ 3; d) chế độ 4; e) chế độ 5; f) chế độ 6

Các chế độ được thực hiện theo nguyên tắc sử dụng năng lượng tái tạo và nguồn lưu trữ tối đa từ hai lưới. Năng lượng được sử dụng cho tải xoay chiều là chủ yếu vì hiện nay tải xoay chiều vẫn đang chiếm tỉ trọng lớn trong hệ thống điện.

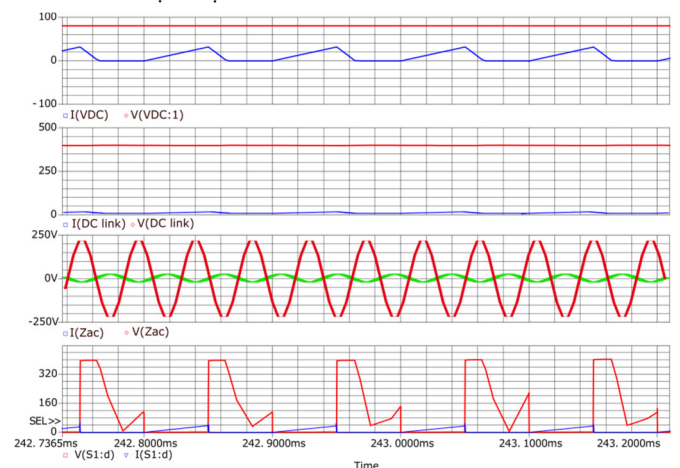
Bộ điều khiển cho bộ biến đổi này thực hiện theo phương pháp kết hợp cho các dạng chuyển đổi năng lượng từ DC/DC, DC/AC và AC/DC. Kỹ thuật điều chế sóng mang được áp dụng như trong trường hợp DC/AC. Kỹ thuật điều chế PWM cho trường hợp DC/DC và AC/DC [7-8]. Các dạng kỹ thuật này là thuận lợi vì giảm chuyển đổi hiệu quả tần số chắc chắn làm giảm tổn thất chuyển mạch.

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Bộ biến đổi được mô phỏng bằng phần mềm Orcad được đưa ra các chế độ tương ứng. Hình 4 mô tả dạng dòng và áp các cổng lưới DC và lưới AC, điện áp và dòng của khóa điện tử S1 chế độ 1. Đồ thị dòng áp của cổng VDC được mô tả với giá trị tương ứng VDC = 80V (đường màu đỏ); dòng điện trung bình 18A (đường màu xanh lam) năng lượng cung cấp cho tải AC và lưới DC được thể hiện ở các đồ thị tiếp theo trong hình 4. Đồ thị hình cuối thể hiện điện áp và dòng điện trên khóa điện tử S1 với điện áp đỉnh 300V. Trong chế độ này điện áp đỉnh của khóa S1 được giảm là do có bộ đệm D, Cac nối với cầu H.



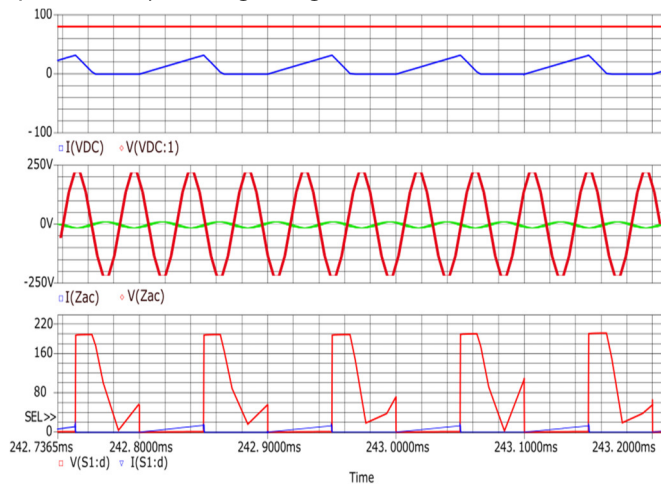
Hình 4. Đồ thị chế độ 1



Hình 5. Đồ thị chế độ 2

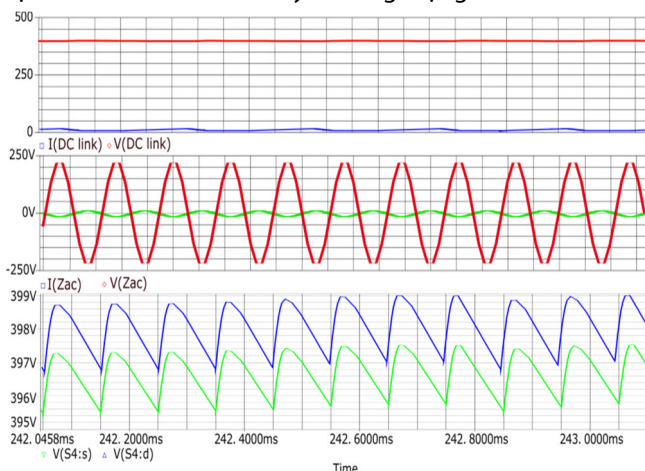
Hình 5 mô tả đồ thị của chế độ 2 trong quá trình hoạt động của bộ biến đổi liên kết. Công suất tải xoay chiều bằng tổng công suất từ VDC và lưới DC. Điện áp đỉnh trên khóa S1 tăng lên gần 360V (bộ biến đổi thực hiện theo nguyên lý mạch Boost) bộ biến đổi năng lượng trực tiếp từ cổng VDC đến tải AC. Trong trường hợp này để đưa ra cách lựa chọn khóa điện tử cho S1 trong toàn bộ các hoạt động tính năng của bộ biến đổi. Lý do điốt D khóa là điện áp tại cực Cathode luôn dương hơn Anode.

Điện áp và dòng điện khóa S1 hoạt động tại chế độ 3 được thể hiện hình 6, điện áp đỉnh của S1 bằng giá trị điện áp trên tụ Cac và phụ thuộc vào độ rộng xung điều khiển S1. Công suất được xác định bằng kết quả mô phỏng của quá trình truyền năng lượng từ VDC đến tải AC.



Hình 6. Đồ thị chế độ 3

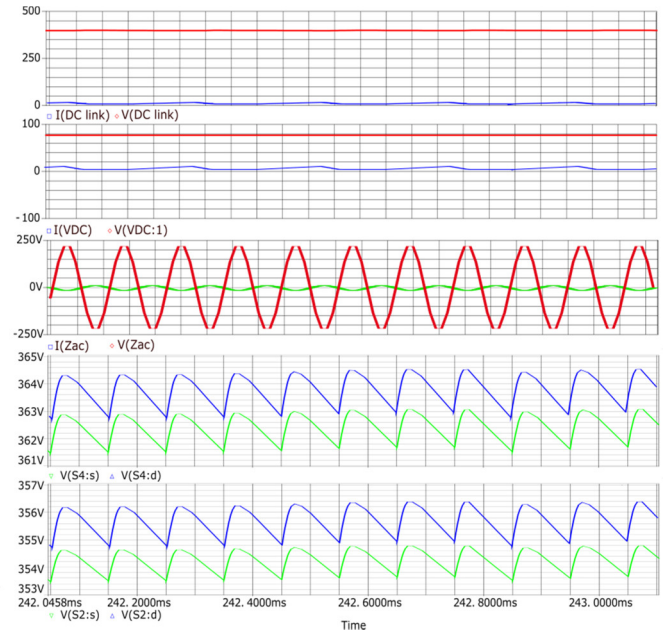
Kết quả mô phỏng chế độ 4 được mô tả trên hình 7. Hoạt động của bộ biến đổi được sử dụng khóa hai chiều S4 hoạt động và S5 có điốt trong khóa dẫn dòng. Dạng điện áp trên hai cực của S4 thể hiện ở hình 7. Hoạt động của mạch cầu H theo chiều chuyển năng lượng DC/AC.



Hình 7. Đồ thị chế độ 4

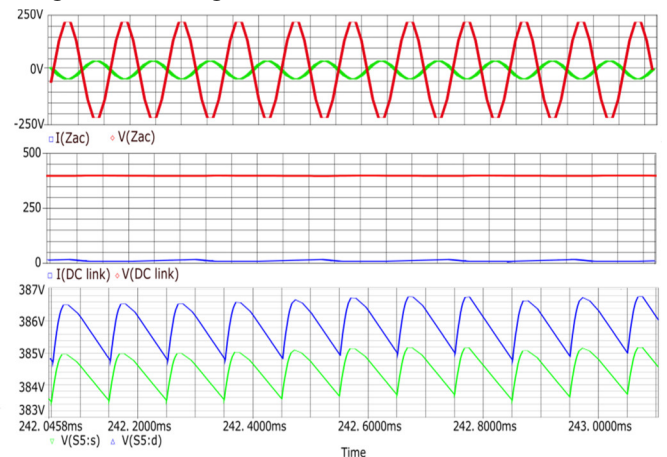
Hình 8 đưa ra kết quả mô phỏng dòng và áp cho chế độ 5. Trong chế độ này bộ biến đổi có các khóa hai chiều S2, S3 và S4, S5 hoạt động như hình 3e. Ngoài ra khóa S1 sử dụng như khóa hai chiều khi D trong khóa hoạt động giống

mạch Buck. Điện áp cổng VDC có giá trị dao động gần bằng 80V. Điện áp trên các khóa S2 và S4 có sự khác nhau do chế độ chuyển năng lượng đến VDC bằng máy biến áp TR1 nên có sự giảm áp trên khóa S2.



Hình 8. Đồ thị chế độ 5

Hình 9 chỉ ra kết quả mô phỏng đồ thị dòng và áp chế độ 6 khi năng lượng được chuyển đổi từ lưới AC đến lưới DC bằng mạch cầu H thông qua khóa hai chiều S4, S5. Trong trường hợp này khóa S5 làm việc với. Mạch cầu H thực hiện quá trình chỉnh lưu AC/DC. Công suất truyền bằng nhận được từ lưới DC và giảm đi một phần do năng lượng tổn hao trong khóa S5.



Hình 9. Đồ thị chế độ 6

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, một bộ chuyển đổi liên kết hai chiều một pha đã được đề xuất cho lưới điện siêu nhỏ DC và AC lai. Cấu hình đề xuất cung cấp tính một bộ biến đổi liên kết, có khả năng điều khiển linh hoạt và có nhiều chức năng, ít tổn thất dẫn. Quan trọng nhất, vốn có thể tăng khả năng chịu lỗi từ lưới DC, bộ biến đổi cung cấp không bị xáo trộn và các chế độ dòng điện độc lập giữa ba cổng của nó, tức là

cổng VDC, lưới DC và lưới AC. Cách ly máy biến áp giúp để tránh bất kỳ khả năng hoạt động ngắn mạch trong bộ chuyển đổi. Khả năng hoạt động hai chiều của bộ biến đổi và điều chỉnh điện áp lưới điện một chiều được kiểm chứng bằng kết quả mô phỏng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. M. H. Gomes and J. T. Saraiva, 2010. *Allocation of reactive power support, active loss balancing and demand interruption ancillary services in MicroGrids*. Elect. Power Syst. Res. 80(10), 1267–1276.
- [2]. N. Hatziaargyriou, 2014. *Microgrids: Architectures and Control*. Wiley-IEEE Press, NJ, USA.
- [3]. Bush S.E, 2014. *Smart Grid. Communication Enabled Intelligence for the Electric Power Grid*. J. Wiley & Sons.
- [4]. Chattopadhyay D., Alpean T., 2016. *Capacity and Energy-Only Markets Under High Renewable Penetration*. PWRS, 3/2016 p. 1692-1702.
- [5]. P. C. Loh, D. Li, Y. K. Chai, F. Blaabjerg, 2013. *Autonomous Control of Interlinking Converter with Energy Storage in Hybrid AC-DC Microgrid*. IEEE Transactions on Industry Applications, 49(3), 1374–1382.
- [6]. Loh PC, Li D, Chai YK, Blaabjerg F, 2013. *Autonomous control of interlinking converter with energy storage in hybrid AC–DC microgrid*. IEEE Trans Ind Appl. 49(3), 1374- 1382.
- [7]. A. Gupta, S. Doolla, K. Chatterjee, 2017. *Hybrid ac-dc microgrid: Systematic evaluation of control strategies*. IEEE Transactions on Smart Grid, PP (99), 1–1.
- [8]. Girija R, Arivalahan R, 2014. *Decentralized control of interlinking converter by interfacing AC and DC micro grids*. Paper presented at: 2014 IEEE National Conference on Emerging Trends in new & Renewable Energy Sources and Energy Management (NCET NRES EM).
- [9]. A. Averberg, A. Mertens, 2007. *Analysis of a Voltage-fed Full Bridge DC-DC Converter in Fuel Cell Systems*. Power Electronics Specialists Conference, PESC 2007. IEEE.
- [10]. R.T.H. Li, H.S.H. Chung, 2010. A.K.T. Sung, *Passive lossless snubber for boost PFC with minimum voltage and current stress*. IEEE Trans. Power Electron., vol.25, no.3, pp. 602-613.
- [11]. B.Akin, 2020. *Snubber circuit application for power factor correction flyback led driver*. Electrica, vol. 20, no.1, pp. 108-116.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen The Vinh¹, Do Xuan Hiep², Vu Thai Giang³, Nguyen Thi Tuyet⁴

¹International Francophone Institute, Vietnam National University, Hanoi

²Mecha Electric and Water Resources College, Hung Yen

³Hanoi University of Industry

⁴Industrial Economic Technology College, Thai Nguyen