



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
1-0020722

(51)⁷ H02M 7/00

(13) B

(21) 1-2014-03013

(22) 11.09.2014

(45) 25.04.2019 373

(43) 25.03.2016 336

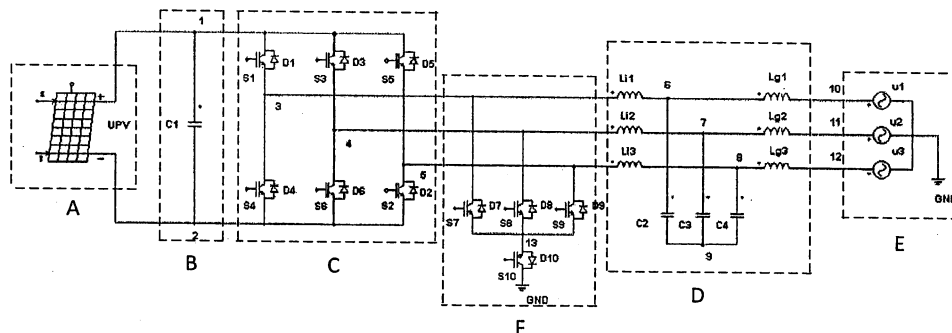
(73) TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA - ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH (VN)

268 Lý Thường Kiệt, phường 14, quận 10, thành phố Hồ Chí Minh

(72) Phan Quốc Dũng (VN), Lê Chí Hiệp (VN), Nguyễn Bảo Anh (VN), Tô Hữu Phúc (VN), Nguyễn Đình Tuyên (VN), Đào Ngọc Đạt (VN)

(54) BỘ BIẾN ĐỔI CÔNG SUẤT DẠNG DC/AC BA PHA VỚI MẠCH CÁCH LY PHÍA XOAY CHIỀU VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHẾ VÉC-TƠ KHÔNG GIAN CẢI BIẾN

(57) Sáng chế "Bộ biến đổi công suất dạng dc/ac ba pha với mạch cách ly phía xoay chiều và phương pháp điều chế véc-tơ không gian cải biến" thuộc lĩnh vực bộ biến đổi công suất dạng DC/AC ba pha được điều khiển theo phương pháp điều chế véc-tơ không gian, có thể sử dụng để cấp năng lượng cho lưới điện công cộng hoặc tải điện ba pha bốn dây có trung tính nối đất với nguồn ngõ vào bộ biến đổi là pin quang điện (PV). Điểm mấu chốt của sáng chế là một mạch cách ly phía xoay chiều với số khóa tối thiểu được mắc bổ sung vào bộ nghịch lưu áp ba pha truyền thống nhằm cải thiện hiệu suất của hệ thống điện mặt trời bằng cách giảm dòng rò đi qua điện dung ký sinh của pin quang điện khép kín qua mạch xoay chiều ba pha khi xảy ra trạng thái không, dòng điện ba pha bên phía xoay chiều sẽ khép kín qua mạch cách ly. Trong giai đoạn chuyển từ trạng thái điều chế véc-tơ không gian khác không sang trạng thái không và ngược lại, phương pháp chuyển mạch ba bước được đề xuất.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế này thuộc lĩnh vực bộ biến đổi công suất dạng DC/AC ba pha (bộ nghịch lưu áp ba pha) nhằm chuyển đổi điện áp một chiều (DC) thành dòng điện xoay chiều (hoặc áp xoay chiều) ba pha (AC) theo phương pháp điều chế véc-tơ không gian. Các bộ biến đổi công suất dạng này có thể sử dụng để cấp năng lượng cho lưới điện công cộng hoặc tải điện ba pha bốn dây có trung tính nối đất từ nguồn vào có dạng pin quang điện (PV).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Mục đích sử dụng một bộ biến đổi công suất DC/AC ba pha cung cấp năng lượng từ nguồn điện mặt trời (DC) cho lưới xoay chiều áp ba pha hiện hữu là tạo dòng xoay chiều ba pha thích hợp với biên độ và góc pha của áp lưới có dạng sin và tần số không đổi là 50Hz (hoặc 60Hz); hoặc cung cấp năng lượng cho tải xoay chiều ba pha bốn dây có biên độ áp cố định và tần số không đổi 50Hz (hoặc 60Hz). Bộ nghịch lưu áp mạch cầu ba pha thường được sử dụng cho trường hợp này, được trình bày trong các tài liệu sau:

- [1] Power Electronics, Circuit, Devices and Applications, Muhammad H. Rashid, Pearson Prentice Hall, Inc., 2004
- [2] Power Electronics: Converters, Applications, and Design, Ned Mohan, Tore M. Undeland and William P. Robbins, John Wiley & Sons, 2003
- [3] Modern Power Electronics and AC Drives, by Bimal K. Bose, Prentice Hall, Inc., 2002

Điện áp đầu vào DC của bộ nghịch lưu có được từ hệ thống phát điện pin mặt trời được ghép nối nhằm cung cấp một giá trị điện áp DC phù hợp để tổng hợp áp xoay chiều ba pha có giá trị yêu cầu. Sơ đồ này có tên gọi là cấu trúc một tầng chuyển đổi năng lượng nhờ ứng dụng bộ nghịch lưu DC/AC.

Hình 1, 2 trình bày hệ thống điện mặt trời truyền thống. Máy phát điện mặt trời (A) gồm các mô-đun pin quang điện (PV) được mắc vào hai cực điện một chiều (DC) là 1 và 2 với vai trò nguồn áp một chiều U_{PV} , cũng như ba cực điện xoay chiều (AC) 10, 11, 12 được kết nối với lưới điện xoay chiều ba pha truyền thống tần số 50Hz hoặc 60Hz hoặc trong trường hợp vận hành độc lập sẽ được kết nối với tải xoay chiều ba pha. Nhằm chuyển đổi

năng lượng một chiều từ nguồn áp U_{PV} thành năng lượng điện xoay chiều ba pha trực tiếp phát lên lưới điện ba pha không dùng biến áp cách ly hoặc tải điện ba pha độc lập, một bộ biến đổi công suất và các bộ lọc ngõ vào và bộ lọc ngõ ra được sử dụng. Bộ lọc ngõ vào (B) dạng DC gồm một hoặc nhiều tụ lọc ký hiệu C_1 được mắc vào hai nút 1 và 2, cực dương của tụ mắc vào nút 1 và tương ứng cực âm mắc vào nút 2. Bộ biến đổi công suất (C) có dạng một bộ nghịch lưu áp mạch cầu ba pha sáu khóa công suất dạng MOSFET hoặc IGBT chia làm ba nhánh mắc song song giữa hai nút 1 và 2. Mỗi nhánh gồm hai khóa công suất mắc nối tiếp với nhau dạng MOSFET hoặc IGBT (như trên hình 1, 2), các khóa có chiều dẫn điện hướng từ nút 1 xuống 2. Mỗi khóa IGBT có một đi-ốt mắc song song, có chiều dẫn điện ngược lại với IGBT, tạo thành một cặp khóa. Nhánh thứ nhất gồm hai cặp khóa công suất được ký hiệu là S_1D_1 và S_4D_4 , điểm giữa của hai cặp khóa được ký hiệu nút 3. Nhánh thứ hai gồm hai cặp khóa công suất được ký hiệu là S_3D_3 và S_6D_6 , điểm giữa của hai cặp khóa được ký hiệu nút 4. Nhánh thứ ba gồm hai cặp khóa công suất được ký hiệu là S_5D_5 và S_2D_2 , điểm giữa của hai cặp khóa được ký hiệu nút 5. Các nút 3, 4, 5 là ngõ ra của bộ nghịch lưu ba pha C sẽ được mắc nối tiếp với bộ lọc xoay chiều (D). Bộ lọc D có dạng LCL nhằm cải thiện chất lượng điện năng (trùng hợp điện từ và sóng hài). Từ điểm giữa của nhánh nghịch lưu thứ nhất 3 được nối với hai cuộn kháng mắc nối tiếp L_{i1} và L_{g1} , L_{g1} sẽ được nối với nút 10 là nơi kết nối áp lưới pha thứ nhất u_1 hoặc pha tải thứ nhất RL_1 . Từ điểm giữa của nhánh nghịch lưu thứ hai 4 được nối với hai cuộn kháng mắc nối tiếp L_{i2} và L_{g2} , L_{g2} sẽ được nối với nút 11 là nơi kết nối áp lưới pha thứ hai u_2 hoặc pha tải thứ hai RL_2 . Từ điểm giữa của nhánh nghịch lưu thứ ba 5 được nối với hai cuộn kháng mắc nối tiếp L_{i3} và L_{g3} , L_{g3} sẽ được nối với nút 12 là nơi kết nối áp lưới pha thứ ba u_3 hoặc pha tải thứ ba RL_3 . Hai cuộn L_{i1} và L_{g1} có điểm giữa là 6, hai cuộn L_{i2} và L_{g2} có điểm giữa là 7, hai cuộn L_{i3} và L_{g3} có điểm giữa là 8. Ba tụ lọc C_1 , C_2 , C_3 được mắc song song, tụ C_2 được nối một cực với 6 và cực còn lại nối với nút chung 9, tụ C_3 được nối một cực với 7 và cực còn lại nối với nút chung 9, tụ C_4 được nối một cực với 8 và cực còn lại nối với nút chung 9. Ngõ ra bộ lọc gồm 10, 11, 12 được nối với lưới xoay chiều ba pha truyền thống hoặc tải xoay chiều ba pha bốn dây độc lập (E) với trung tính được nối đất trực tiếp.

Với trung tính lưới điện ba pha hoặc tải ba pha không được nối với trung tính nguồn một chiều, phương pháp điều chế véc-tơ không gian (SVPWM) thường được sử dụng như là một phương pháp hiện đại nhằm đảm bảo sự tương tác giữa các pha ít ảnh hưởng đến

thành phần sóng hài. Phương pháp SVPWM được trình bày trong các tài liệu [1]-[3]. Đối với bộ nghịch lưu áp mạch cầu ba pha, có tám tổ hợp đóng cắt khóa và tương ứng là tám véc-tơ không gian điện áp pha, trong đó có sáu véc-tơ khác 0 và hai véc-tơ 0. Trên hình 3 trình bày các véc-tơ không gian trong hệ trục tọa độ $\alpha\beta$. Sáu véc-tơ không gian khác 0 gồm $V_1(100)$, $V_2(110)$, $V_3(010)$, $V_4(011)$, $V_5(001)$ và $V_6(101)$. Hai véc-tơ 0 là $V_0(000)$ và $V_7(111)$. Tương ứng với trạng thái 1 là các khóa công suất được nhận xung điều khiển đóng và trạng thái 0 là các khóa công suất được nhận xung điều khiển ngắt. Các trạng thái tương ứng với các tín hiệu điều khiển khóa công suất của bộ nghịch lưu như sau:

Bảng 1 Trạng thái xung điều khiển khóa công suất ứng với các véc-tơ không gian áp (kỹ thuật trước)

Véc-tơ không gian khác 0	Trạng thái xung điều khiển khóa công suất					
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
$V_1(100)$	1	1	0	0	0	1
$V_2(110)$	1	1	1	0	0	0
$V_3(010)$	0	1	1	1	0	0
$V_4(011)$	0	0	1	1	1	0
$V_5(001)$	0	0	0	1	1	1
$V_6(101)$	1	0	0	0	1	1
Véc-tơ không gian 0						
$V_0(000)$	0	1	0	1	0	1
$V_7(111)$	1	0	1	0	1	0

Quá trình điều chế được thực hiện bằng cách thay đổi trạng thái các tổ hợp đóng cắt. Điều chế véc-tơ không gian điện áp là kỹ thuật điều chế dạng số mà mục tiêu là xấp xỉ tín hiệu áp được điều chế V_{ref}^* dạng sin bằng các véc-tơ cơ bản (V_n , $n=0,1,\dots,7$). Mặt phẳng Re , Im được chia làm sáu góc phần sáu (I, II, ...VI), mỗi góc được giới hạn bởi hai véc-tơ khác không là V_n và V_{n+1} . Nếu véc-tơ V_{ref}^* nằm trong góc phần sáu ($1/6$) giới hạn bởi véc-tơ V_n và V_{n+1} , thì hai véc-tơ khác 0 này và một véc-tơ 0 (V_0 hoặc V_7) sẽ được sử dụng để tổng hợp véc-tơ không gian yêu cầu V_{ref}^* cho một chu kỳ đóng cắt khóa T_s , nhằm đạt được

điện áp tải lớn nhất và tối thiểu tần số đóng cắt. Thời gian duy trì các véc-tơ khác 0 (V_n , V_{n+1}) T_n và T_{n+1} và véc-tơ 0 (V_0 hoặc V_7) T_z sẽ được tính toán cho mỗi chu kỳ đóng cắt khóa T_s . Tỷ số các giá trị thời gian T_n , T_{n+1} và T_z với T_s được gọi là tỷ số duy trì véc-tơ d_n , d_{n+1} , d_z . Trên hình 4 trình bày các xung điều khiển đóng cắt các khóa cho một chu kỳ đóng cắt T_s trong góc phần sáu thứ nhất. Trong khoảng đóng cắt này, hai véc-tơ khác 0 là $V_1(100)$ và $V_2(110)$ sẽ được tổng hợp trong khoảng thời gian tương ứng là T_1 và T_2 . Trong khi đó véc-tơ 0 được tổng hợp gồm $V_0(000)$ và $V_7(111)$ trong khoảng thời gian $T_z/2$ cho mỗi véc-tơ. Để tạo véc-tơ $V_0(000)$, các khóa S_2 , S_4 , S_6 sẽ được kích đóng. Để tạo véc-tơ $V_1(100)$, các khóa S_1 , S_2 , S_6 sẽ được kích đóng. Để tạo véc-tơ $V_2(110)$, các khóa S_1 , S_3 , S_2 sẽ được kích đóng. Để tạo véc-tơ $V_7(111)$, các khóa S_1 , S_3 , S_5 sẽ được kích đóng.

Khi tổng hợp véc-tơ 0, trong trường hợp véc-tơ $V_7(111)$, các pha ngõ ra bộ nghịch lưu được nối lên cực dương của khâu liên kết DC, cụ thể là nút 3, 4 và 5 nối với nút 1 (Hình 5a); trong trường hợp véc-tơ $V_0(000)$, các pha ngõ ra bộ nghịch lưu được nối xuống cực âm của khâu liên kết DC, cụ thể là nút 3, 4 và 5 nối với nút 2 (Hình 5b). Điều này dẫn đến xuất hiện dòng rò do điện dung ký sinh của PV ký hiệu là C_2 , C_3 khép kín qua trung tính nối đất của lưới xoay chiều ba pha hoặc tải ba pha (Hình 5).

Ngoài ra, ảnh hưởng của dòng rò dẫn đến giảm chất lượng dòng ngõ ra bộ nghịch lưu cấp cho lưới hoặc tải ba pha. Để đảm bảo chất lượng dòng ngõ ra, cần tăng giá trị các thông số bộ lọc LCL. Điều này dẫn đến gia tăng tổn hao do điện trở riêng của các cuộn lọc $L_{i1,2,3}$, $L_{g1,2,3}$ và làm giảm hiệu suất.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế này thuộc lĩnh vực bộ biến đổi công suất dạng DC/AC ba pha (bộ nghịch lưu áp ba pha) nhằm chuyển đổi điện áp một chiều (DC) thành dòng điện xoay chiều (hoặc áp xoay chiều) ba pha (AC) theo phương pháp điều chế véc-tơ không gian. Điểm mấu chốt của sáng chế là một mạch cách ly phía xoay chiều với số khóa công suất tối thiểu được mắc bổ sung vào bộ nghịch lưu áp ba pha truyền thống.

Hệ thống bộ nghịch lưu điện mặt trời cải tiến gồm máy phát điện mặt trời có cấu tạo từ các mô-đun pin quang điện (PV) được mắc vào hai cực điện một chiều (DC) có vai trò như một nguồn áp một chiều U_{PV} , ba cực điện xoay chiều (AC) được kết nối với lưới điện xoay chiều ba pha truyền thống tần số 50Hz hoặc 60Hz hoặc trong trường hợp vận hành

độc lập sẽ được kết nối với tải xoay chiều ba pha. Năng lượng một chiều từ nguồn áp U_{PV} được chuyển thành năng lượng điện xoay chiều ba pha trực tiếp phát lên lưới điện ba pha không dùng biến áp cách ly hoặc tải điện ba pha độc lập, một bộ biến đổi công suất và các bộ lọc ngõ vào và bộ lọc ngõ ra được sử dụng. Bộ lọc ngõ vào gồm một hoặc nhiều tụ lọc DC được mắc vào thanh cái đồng DC+ và thanh cái đồng DC-. Bộ biến đổi công suất (C) có dạng một bộ nghịch lưu áp mạch cầu ba pha sáu khóa công suất dạng MOSFET hoặc IGBT chia làm ba nhánh mắc song song giữa hai thanh cái đồng DC+ và thanh cái đồng DC-.

Ưu điểm của mạch cách ly phía xoay chiều được mắc song song với bộ nghịch lưu áp ba pha là cải thiện hiệu suất bằng cách giảm dòng rò do điện dung ký sinh của pin quang điện khi xảy ra véc-tơ không trong quá trình điều chế véc-tơ không gian điều khiển bộ nghịch lưu áp ba pha và giảm ảnh hưởng của dòng rò này đến chất lượng dòng ngõ ra bộ nghịch lưu, giảm kích cỡ cuộn lọc ngõ ra bộ nghịch lưu trong mạch lọc LCL. Khi xảy ra véc-tơ 0 (trạng thái 0) mạch cách ly sẽ được điều khiển đóng, trong khi đó các khóa công suất của bộ nghịch lưu áp ba pha sẽ được điều khiển ngắt tạo trạng thái cách ly giữa mạch nguồn DC với mạch lưới hoặc tải AC. Khi đó, dòng điện ba pha bên phía xoay chiều sẽ khép kín qua mạch cách ly. Do vậy, dòng rò qua điện dung ký sinh của nguồn điện mặt trời với lưới hoặc tải xoay chiều sẽ bị triệt tiêu.

Nhằm tránh hiện tượng trùng dẫn và trạng thái dạng điện áp ngõ ra bộ nghịch lưu không điều khiển được, trong giai đoạn chuyển từ trạng thái điều chế VTKG khác 0 sang trạng thái 0 và ngược lại, phương pháp chuyển mạch ba bước được sử dụng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 Hệ thống điện mặt trời kết lưới ba pha trực tiếp không dùng biến áp cách ly (kỹ thuật trước).

Hình 2 Hệ thống điện mặt trời cấp nguồn cho tải ba pha có trung tính nối đất (kỹ thuật trước).

Hình 3 Các véc-tơ không gian điện áp của bộ nghịch lưu áp mạch cầu ba pha và quỹ đạo véc-tơ điện áp yêu cầu (kỹ thuật trước).

Hình 4 Xung điều khiển đóng cắt khóa cho một chu kỳ T_s trong góc phần sáu thứ nhất (kỹ thuật trước).

Hình 5 Sơ đồ tương đương trong trường hợp tổng hợp véc-tơ 0 (kỹ thuật trước).

Hình 6 Bộ nghịch lưu điện mặt trời sáng chế kết lưới ba pha trực tiếp không dùng biến áp cách ly.

Hình 7 Bộ nghịch lưu điện mặt trời sáng chế cấp nguồn cho tải ba pha có trung tính nối đất

Hình 8 Các véc-tơ không gian điện áp của bộ nghịch lưu áp mạch cầu ba pha sáng chế với mạch cách ly phía xoay chiều và quỹ đạo véc-tơ điện áp yêu cầu.

Hình 9 Xung điều khiển đóng cắt khóa cho một chu kỳ T_s trong góc phần sáu thứ nhất

Hình 10 Sơ đồ tương đương trong trường hợp tổng hợp véc-tơ không $V_0(0001)$.

Hình 11 Phương pháp chuyển mạch ba bước cho bộ nghịch lưu sáng chế: Xung điều khiển đóng cắt khóa cho một chu kỳ T_s trong góc phần sáu thứ nhất.

Mô tả chi tiết sáng chế

Hình 6, 7 trình bày hệ thống bộ nghịch lưu điện mặt trời sáng chế. Máy phát điện mặt trời (A) gồm các mô-đun pin quang điện (PV) được mắc vào hai cực điện một chiều (DC) là 1 và 2 với vai trò nguồn áp một chiều U_{PV} , cũng như ba cực điện xoay chiều (AC) 14, 15, 16 được kết nối với lưới điện xoay chiều ba pha truyền thống tần số 50Hz hoặc 60Hz hoặc trong trường hợp vận hành độc lập sẽ được kết nối với tải xoay chiều ba pha. Nhằm chuyển đổi năng lượng một chiều từ nguồn áp U_{PV} thành năng lượng điện xoay chiều ba pha trực tiếp phát lên lưới điện ba pha không dùng biến áp cách ly hoặc tải điện ba pha độc lập, một bộ biến đổi công suất và các bộ lọc ngõ vào và bộ lọc ngõ ra được sử dụng. Bộ lọc ngõ vào (B) dạng DC gồm một hoặc nhiều tụ lọc ký hiệu C_1 được mắc vào hai nút 1 và 2, cực dương của tụ mắc vào nút 1 và tương ứng cực âm mắc vào nút 2. Bộ biến đổi công suất (C) có dạng một bộ nghịch lưu áp mạch cầu ba pha sáu khóa công suất dạng MOSFET hoặc IGBT chia làm ba nhánh mắc song song giữa hai nút 1 và 2. Mỗi nhánh gồm hai khóa công suất mắc nối tiếp với nhau dạng MOSFET hoặc IGBT (như trên hình), các khóa có chiều dẫn điện hướng từ nút 1 xuống 2. Mỗi khóa IGBT có một đi-ốt mắc song song, có chiều dẫn điện ngược lại với IGBT, tạo thành một cặp khóa. Nhánh thứ nhất gồm hai cặp khóa công suất được ký hiệu là S_1D_1 và S_4D_4 , điểm giữa của hai cặp khóa được ký hiệu nút 3. Nhánh thứ hai gồm hai cặp khóa công suất được ký hiệu là S_3D_3 và S_6D_6 , điểm giữa của hai cặp khóa được ký hiệu nút 4. Nhánh thứ ba gồm hai cặp khóa công suất được ký hiệu là S_5D_5 và S_2D_2 , điểm giữa của hai cặp khóa được ký hiệu nút 5. Các nút 3, 4, 5 là ngõ ra của bộ nghịch lưu ba pha C sẽ được mắc nối tiếp với bộ lọc xoay chiều (D). Bộ lọc D có dạng

LCL nhằm cải thiện chất lượng điện năng (tương hợp điện từ và sóng hài). Từ điểm giữa của nhánh nghịch lưu thứ nhất nút 3 được nối với hai cuộn kháng mắc nối tiếp L_{i1} và L_{g1} , L_{g1} sẽ được nối với nút 10 là nơi kết nối áp lưới pha thứ nhất u_1 hoặc pha tải thứ nhất RL_1 . Từ điểm giữa của nhánh nghịch lưu thứ hai nút 4 được nối với hai cuộn kháng mắc nối tiếp L_{i2} và L_{g2} , L_{g2} sẽ được nối với nút 11 là nơi kết nối áp lưới pha thứ hai u_2 hoặc pha tải thứ hai RL_2 . Từ điểm giữa của nhánh nghịch lưu thứ ba nút 5 được nối với hai cuộn kháng mắc nối tiếp L_{i3} và L_{g3} , L_{g3} sẽ được nối với nút 12 là nơi kết nối áp lưới pha thứ ba u_3 hoặc pha tải thứ ba RL_3 . Hai cuộn L_{i1} và L_{g1} có điểm giữa là 6, hai cuộn L_{i2} và L_{g2} có điểm giữa là 7, hai cuộn L_{i3} và L_{g3} có điểm giữa là 8. Ba tụ lọc C_1 , C_2 , C_3 được mắc song song với tụ C_2 được nối một cực với 6 và cực còn lại nối với nút chung 9, tụ C_3 được nối một cực với 7 và cực còn lại nối với nút chung 9, tụ C_4 được nối một cực với 8 và cực còn lại nối với nút chung 9. Ngõ ra bộ lọc gồm 10, 11, 12 được nối với lưới xoay chiều ba pha truyền thống hoặc tải xoay chiều ba pha bốn dây độc lập (E) với trung tính được nối đất trực tiếp (GND). Điểm mấu chốt của sáng chế là một mạch cách ly F được mắc vào các nút 3, 4, 5 của bộ nghịch lưu. Mạch cách ly F gồm 4 khóa công suất S_7D_7 , S_8D_8 , S_9D_9 và $S_{10}D_{10}$. Từ điểm giữa của nhánh nghịch lưu thứ nhất nút 3 được nối với đầu vào của khóa công suất S_7D_7 , đầu ra của khóa S_7D_7 sẽ được nối với nút chung 13. Khóa S_7D_7 sẽ mắc sao cho dòng điện theo hướng nút 3 đến nút 13 sẽ được điều khiển thông qua việc điều khiển đóng cắt khóa S_7 , chiều dòng điện nếu đi từ nút 13 đến nút 3 sẽ thông qua đi-ốt D_7 mắc song song ngược với S_7 . Từ điểm giữa của nhánh nghịch lưu thứ hai nút 4 được nối với đầu vào của khóa công suất S_8D_8 , đầu ra của khóa S_8D_8 sẽ được nối với nút chung 13. Khóa S_8D_8 sẽ mắc sao cho dòng điện theo hướng nút 4 đến nút 13 sẽ được điều khiển thông qua việc điều khiển đóng cắt khóa S_8 , chiều dòng điện nếu đi từ nút 13 đến nút 4 sẽ thông qua đi-ốt D_8 mắc song song ngược với S_8 . Từ điểm giữa của nhánh nghịch lưu thứ ba nút 5 được nối với đầu vào của khóa công suất S_9D_9 , đầu ra của khóa S_9D_9 sẽ được nối với nút chung 13. Khóa S_9D_9 sẽ mắc sao cho dòng điện theo hướng nút 5 đến nút 13 sẽ được điều khiển thông qua việc điều khiển đóng cắt khóa S_9 , chiều dòng điện nếu đi từ nút 13 đến nút 5 sẽ thông qua đi-ốt D_9 mắc song song ngược với S_9 . Nút chung 13 sẽ được nối với đầu vào của khóa $S_{10}D_{10}$, đầu ra của khóa $S_{10}D_{10}$ sẽ được nối với đất (GND). Khóa $S_{10}D_{10}$ sẽ mắc sao cho dòng điện theo hướng nút GND đến nút 13 sẽ được điều khiển thông qua việc điều khiển

đóng cắt khóa S_{10} , chiều dòng điện nếu đi từ nút GND đến nút 13 sẽ thông qua đi-ốt D_{10} mắc song song ngược với S_{10} .

Phương pháp điều chế véc-tơ không gian được sử dụng cho bộ nghịch lưu sáng chế với sự thay đổi quy luật điều khiển khóa trong trường hợp véc-tơ 0. Trên hình 8 trình bày các véc-tơ không gian trong hệ trục tọa độ $\alpha\beta$ (trục thực Re, trục ảo Im). Sáu véc-tơ không gian khác 0 gồm $V_1(1000)$, $V_2(1100)$, $V_3(0100)$, $V_4(0110)$, $V_5(0010)$ và $V_6(1010)$. Tương ứng với trạng thái 1 là các khóa công suất được nhận xung điều khiển đóng và trạng thái 0 là các khóa công suất được nhận xung điều khiển ngắt. Ba số nhị phân đầu tiên liên quan trạng thái kích đóng (1) hoặc ngắt (0) của các khóa S_1 , S_3 , S_5 tương ứng, trong khi đó các khóa S_4 , S_6 , S_2 được kích đối nghịch với S_1 , S_3 , S_5 . Số nhị phân thứ tư liên quan trạng thái kích ngắt (0) các khóa S_7 , S_8 , S_9 và S_{10} . Véc-tơ 0 được ký hiệu là $V_0(0001)$. Ba số nhị phân đầu luôn là 0 ứng với trạng thái kích ngắt S_1 , S_2 , S_3 , S_4 , S_5 , S_6 và số nhị phân thứ tư luôn là 1 liên quan đến tín hiệu kích đóng (1) các khóa S_7 , S_8 , S_9 và S_{10} . Các trạng thái tương ứng với các tín hiệu điều khiển khóa công suất của bộ nghịch lưu được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2 Trạng thái xung điều khiển khóa công suất ứng với các véc-tơ không gian áp trong sáng chế

Véc-tơ không gian khác 0	Trạng thái xung điều khiển khóa công suất									
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}
$V_1(1000)$	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
$V_2(1100)$	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
$V_3(0100)$	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
$V_4(0110)$	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
$V_5(0010)$	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
$V_6(1010)$	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Véc-tơ không gian 0										
$V_0(0001)$	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Quá trình điều chế được thực hiện bằng cách thay đổi trạng thái các tổ hợp đóng cắt. Điều chế véc-tơ không gian điện áp là kỹ thuật điều chế dạng số mà mục tiêu là xấp xỉ tín

hiệu áp được điều chế V_{ref}^* dạng sin bằng các véc tơ cơ bản ($V_n, n=0,1,\dots,6$). Mặt phẳng Re, Im được chia làm sáu góc phần sáu (I, II, ... VI), mỗi góc được giới hạn bởi hai véc tơ khác 0 là V_n và V_{n+1} . Nếu véc-tơ V_{ref}^* nằm trong góc phần sáu giới hạn bởi véc-tơ V_n và V_{n+1} , thì hai véc-tơ khác 0 này và véc tơ 0 (V_0) sẽ được sử dụng để tổng hợp véc-tơ không gian yêu cầu V_{ref}^* cho một chu kỳ đóng cắt khóa T_s , nhằm đạt được điện áp tải lớn nhất và tối thiểu tần số đóng cắt. Thời gian duy trì các véc-tơ khác 0 (V_n, V_{n+1}) T_n và T_{n+1} và véc-tơ 0 (V_0) T_0 sẽ được tính toán cho mỗi chu kỳ đóng cắt khóa T_s . Tỷ số các giá trị thời gian T_n, T_{n+1} và T_0 với T_s được gọi là tỷ số duy trì véc-tơ d_n, d_{n+1}, d_0 .

Trên hình 9a trình bày các xung điều khiển đóng cắt các khóa cho một chu kỳ đóng cắt T_s trong góc phần sáu thứ nhất. Trong khoảng đóng cắt này, hai véc-tơ khác 0 là $V_1(1000)$ và $V_2(1100)$ sẽ được tổng hợp trong khoảng thời gian tương ứng là T_1 và T_2 . Trong khi đó véc-tơ 0 được tổng hợp gồm $V_0(0001)$ trong khoảng thời gian T_0 . Để tạo véc-tơ $V_0(0001)$, các khóa S_7, S_8, S_9, S_{10} sẽ được kích đóng. Để tạo véc-tơ $V_1(1000)$, các khóa S_1, S_2, S_6 sẽ được kích đóng. Để tạo véc-tơ $V_2(1100)$, các khóa S_1, S_2, S_3 sẽ được kích đóng.

Khi tổng hợp véc-tơ không $V_0(0001)$, do các khóa $S_1 \rightarrow S_6$ bị kích ngắt, $S_7 \rightarrow S_{10}$ được kích đóng, dòng điện các pha áp lưới hoặc tải khép kín qua mạch cách ly ($S_7 \rightarrow S_{10}$), cách ly phía xoay chiều với phía mạch một chiều (khâu liên kết DC) (Hình 10). Điều này làm dòng rò do điện dung ký sinh của PV bị giảm thiểu và năng lượng trả về phía tụ DC không thể xảy ra, dẫn đến cải thiện hiệu suất.

Ngoài ra, ảnh hưởng của dòng rò đến chất lượng dòng ngõ ra bộ nghịch lưu cấp cho lưới hoặc tải ba pha được cải thiện và giá trị các thông số bộ lọc LCL được giảm thiểu. Điều này dẫn đến giảm tổn hao do điện trở riêng của các cuộn lọc $L_{i1,2,3}$, $L_{g1,2,3}$ và làm tăng hiệu suất.

Hiện tượng trùng dẫn có thể xảy ra trong quá trình chuyển mạch, ví dụ như trên hình 9a, việc kích ngắt các khóa $S_7 \rightarrow S_{10}$ và kích đóng S_1, S_3 có thể dẫn đến trường hợp tắt cả các khóa này đều đóng trong một khoảng thời gian ngắn (liên quan đến đặc tính động của linh kiện khóa công suất, nghĩa là liên quan thời gian t_{on}, t_{off} của khóa): S_1 và S_3 đóng trước khi $S_7 \rightarrow S_{10}$ kịp ngắt; tương tự như vậy cho các cặp khóa trong cùng một nhánh như S_3 và S_6 trên hình 9a; hệ quả của hiện tượng này làm nguồn DC có thể bị ngắn mạch. Do đó một

giá trị thời gian chống trùng dẫn được tạo ra giữa các khóa điều khiển ngắt và đóng, gọi là t_d (hình 9b), theo đó khóa $S_7 \rightarrow S_{10}$ được điều khiển ngắt trước thời điểm dự kiến ngắt một khoảng thời gian tương ứng là $t_d/2$, trong khi khóa S_1 và S_3 được điều khiển đóng trễ hơn thời điểm dự kiến đóng một khoảng thời gian tương ứng là $t_d/2$, hoặc cũng tương tự cho thời gian chống trùng dẫn của S_3 và S_6 . Giá trị thời gian t_d khoảng một vài micro giây, do đó không ảnh hưởng đến các thông số năng lượng. Tuy nhiên, trong khoảng thời gian này, do các khóa có thể ở một thời điểm đều ở trạng thái cùng ngắt điện, dẫn đến dạng điện áp ngõ ra bộ nghịch lưu không điều khiển được, cũng như dòng các pha ngõ ra bộ nghịch lưu có thể không khép kín qua mạch, tạo trạng thái nguồn dòng bị hở mạch, ảnh hưởng đến các hệ số phẩm chất. Vì vậy, một kỹ thuật chuyển mạch được đề xuất nhằm khắc phục nhược điểm này, gọi là kỹ thuật chuyển mạch ba bước (Hình 11).

Trong trạng thái điều chế véc-tơ không gian khác 0 ($V_1 \rightarrow V_6$), tùy thuộc vào góc phần sáu, luôn có ba khoá bán dẫn của mạch cầu ba pha trong các khóa $S_1 \dots S_6$ được kích đóng và ba khoá còn lại của mạch cầu cùng bốn khoá của mạch cách ly ($S_7 \rightarrow S_{10}$) được kích ngắt. Trong trạng thái 0, sáu khoá của mạch cầu ba pha ($S_1 \rightarrow S_6$) được kích ngắt, bốn khoá mạch cách ly ($S_7 \rightarrow S_{10}$) được kích đóng. Trong giai đoạn chuyển từ trạng thái điều chế VTKG khác 0 sang trạng thái 0, ở bước một cần xác định các khoá tích cực theo bảng 3a, các khoá này sẽ được duy trì kích đóng trong một khoảng thời gian ngắn trước khi được kích ngắt để đạt trạng thái 0. Sau khoảng thời gian ngắn từ bước một, ở bước hai, kích đóng bốn khoá của mạch cách ly, tiếp tục duy trì trạng thái đóng của hai khoá tích cực ở bước một. Ở bước ba, sau khoảng thời gian ngắn từ bước hai, kích ngắt hai khoá tích cực và duy trì trạng thái đóng của bốn khoá mạch cách ly, lúc này bộ nghịch lưu đã hoàn toàn hoạt động ở trạng thái 0. Ví dụ phương pháp này được thực hiện trên hình 11a, ở bước một các khoá tích cực được xác định là S_2 và S_6 , hai khoá này sẽ được duy trì ở trạng thái đóng sau thời điểm t_a . Ở bước hai, tại thời điểm t_b , bốn khóa $S_7 \rightarrow S_{10}$ được kích đóng, hai khóa S_2 và S_6 vẫn được duy trì đóng. Ở bước ba, tại thời điểm t_c , hai khóa S_2 và S_6 được kích ngắt, bốn khóa $S_7 \rightarrow S_{10}$ vẫn được duy trì đóng cho đến thời điểm kết thúc trạng thái 0. Trong giai đoạn chuyển từ trạng thái 0 sang trạng thái điều chế VTKG khác 0, ở bước bốn cần xác định các khoá tích cực theo bảng 3b, các khoá này sẽ được kích đóng trước một khoảng thời gian ngắn trước khi chuyển sang trạng thái điều chế VTKG khác 0. Sau

khoảng thời gian ngắn từ bước bốn, ở bước năm, kích ngắt bốn khoá của mạch cách ly, tiếp tục duy trì trạng thái đóng của hai khoá tích cực ở bước bốn. Ở bước sáu, sau khoảng thời gian ngắn từ bước năm, kích đóng khoá còn lại theo VTKG cần tổng hợp, lúc này bộ nghịch lưu đã hoàn toàn hoạt động ở trạng thái điều chế VTKG khác 0. Ví dụ phương pháp này được thực hiện trên hình 11b, ở bước bốn các khóa tích cực được xác định là S_1 và S_3 , hai khóa này sẽ được kích đóng ở thời điểm t_a . Ở bước năm, tại thời điểm t_b , bốn khóa $S_7 \rightarrow S_{10}$ được kích ngắt, hai khóa S_1 và S_3 vẫn được duy trì đóng. Ở bước sáu, tại thời điểm t_c , khóa S_2 được kích đóng, hai khóa S_1 và S_3 vẫn được duy trì đóng nhằm tổng hợp VTKG $V_2(1100)$.

Bảng 3 Các véc-tơ không gian tích cực trong kỹ thuật chuyển mạch ba bước

a) Khi chuyển từ trạng thái điều chế VTKG sang trạng thái 0							b) Khi chuyển từ trạng thái 0 sang trạng thái điều chế VTKG						
Góc phân sáu	I	II	III	IV	V	VI	Góc phân sáu	I	II	III	IV	V	VI
Cặp khóa tích cực	S_6 S_2	S_4 S_2	S_4 S_2	S_4 S_6	S_4 S_6	S_6 S_2	Cặp khóa tích cực	S_1 S_3	S_1 S_3	S_3 S_5	S_3 S_5	S_1 S_5	S_1 S_5

Ví dụ thực hiện sáng chế:

- Mạch điều khiển dùng để lập trình giải thuật điều khiển bộ nghịch lưu sáng chế: bộ xử lý tín hiệu số DSP TMS320F28069 (hãng Texas Instruments) hoặc bộ vi mạch có cấu trúc mảng phân tử logic lập trình FPGA Virtex-5 XC5VSX50T.
- Ba cặp khóa công suất của bộ nghịch lưu (S_1, S_4), (S_3, S_6), (S_5, S_2): Sử dụng ba mô-đun SEMiX202GB128Ds. Mỗi mô-đun tích hợp hai khóa IGBT mắc nối tiếp với nhau. Mỗi IGBT có một đi-ốt mắc đối song.
- Mạch lái cho mô-đun SEMiX202GB128Ds gồm hai bo mạch xếp chồng lên nhau là SKYPER 32 PRO R UL và 2s SKYPER™ 32PRO.
- Hai cặp khóa công suất của mạch cách ly (S_7, S_8), (S_9, S_{10}): Sử dụng hai mô-đun SK60GM123 có cấu tạo gồm hai khóa IGBT mắc chung cực E
- Mạch lái cho mô-đun SK60GM123: mô-đun SKHI 22 A
- Tụ nguồn khâu liên kết một chiều DC: mười sáu tụ phân cực 680 μ F/400V, giúp ổn định điện áp DC, cung cấp dòng điện cho quá trình đóng ngắt khóa công suất, mười sáu tụ

này được chia làm hai phần. Mỗi phần gồm tám tụ mắc song song. Phần kết nối giữa tụ nguồn khâu liên kết một chiều DC với các mô-đun công suất nên được thực hiện bằng thanh cái đồng (là miếng đồng đẹp, có chiều rộng vừa đủ), tụ khâu liên kết DC được đặt gần nhất có thể với các mô-đun công suất để độ dài đường nối thanh cái đồng là ngắn nhất.

- Một tụ không phân cực được đặt ở giữa hai đầu nối $\pm$ DC của mô-đun IGBT. Tụ này được gọi là tụ giảm gai áp (tụ bảo vệ quá áp cho khóa công suất) có tác dụng như một mạch lọc thông thấp và hấp thu những gai áp trên hai đầu $\pm$ DC (V_{CE}) của mô-đun IGBT trong quá trình chuyển mạch. Thông thường tụ này được chọn với giá trị trong khoảng từ 0,1 μ F đến 1,0 μ F
- Mạch giao diện có các đặc điểm và nhiệm vụ sau đây:
 - ✓ Nguồn cấp cho mạch giao diện là nguồn 15V. Trên mạch giao diện có ba mô-đun sẽ tạo ra nguồn cách li 5V, và $\pm$ 15V. Công suất của mỗi mô-đun này là 7W. Nguồn cách li 5V sẽ được cấp cho bộ điều khiển, còn nguồn $\pm$ 15V được cấp cho các cảm biến dòng, cảm biến áp.
 - ✓ Mạch điều khiển sẽ được gắn lên mạch giao diện này. Các tín hiệu xung PWM từ bộ điều khiển FPGA Virtex 5 (hãng Xilinx) sẽ được cách li và tín hiệu sẽ có mức 15V.
 - ✓ Trên mạch có mười IC (vi mạch tích hợp) cách li quang A3120, mục đích là cách li với phần điều khiển 5V, 3,3V với phần xung kích 15V. Xung điều khiển cho A3120 là xung có mức điện áp 5V, còn xung ngõ ra của A3120 có mức điện áp là 15V, dùng để điều khiển các mô-đun mạch lái SKYPER™ 32PRO và SKHI 22 A.
 - ✓ Ba mô-đun mạch lái SKHI22A được gắn trực tiếp lên mạch giao diện.
 - ✓ Tám mạch lọc tích cực và khuếch đại tín hiệu cảm biến áp, cảm biến dòng sử dụng mạch khuếch đại thuật toán nguồn đơn có chất lượng tốt, được thiết kế trên bo mạch với diện tích nhỏ để hạn chế nhiễu tối đa.
 - ✓ Một mạch so sánh có tác dụng bảo vệ khi quá dòng nguồn DC.
- Nguồn 5V và $\pm$ 15V : sử dụng bộ biến đổi DC/DC dạng Flyback trên cơ sở IC TPS55340, biến áp xung POE70P-12L
- Cảm biến dòng: LA25-NP (hãng LEM)
- Cảm biến áp: LV25-P (hãng LEM)

- Mạch lọc LCL : gồm ba cuộn cảm nối phía nghịch lưu L_i có giá trị mỗi cuộn là 2,94mH, ba cuộn cảm nối phía lưới (hoặc tải ba pha) có giá trị mỗi cuộn là $L_g = 1,84\text{mH}$, ba tụ có giá trị mỗi tụ là $C = 5\mu\text{F}$, 750V.

Hiệu quả của sáng chế

Sáng chế này thuộc lĩnh vực bộ biến đổi công suất dạng DC/AC ba pha (bộ nghịch lưu áp ba pha) nhằm chuyển đổi điện áp một chiều (DC) thành dòng điện xoay chiều (hoặc áp xoay chiều) ba pha (AC) theo phương pháp điều chế véc-tơ không gian. Điểm mấu chốt của sáng chế là một mạch cách ly phía xoay chiều được mắc bổ sung vào bộ nghịch lưu áp ba pha truyền thống.

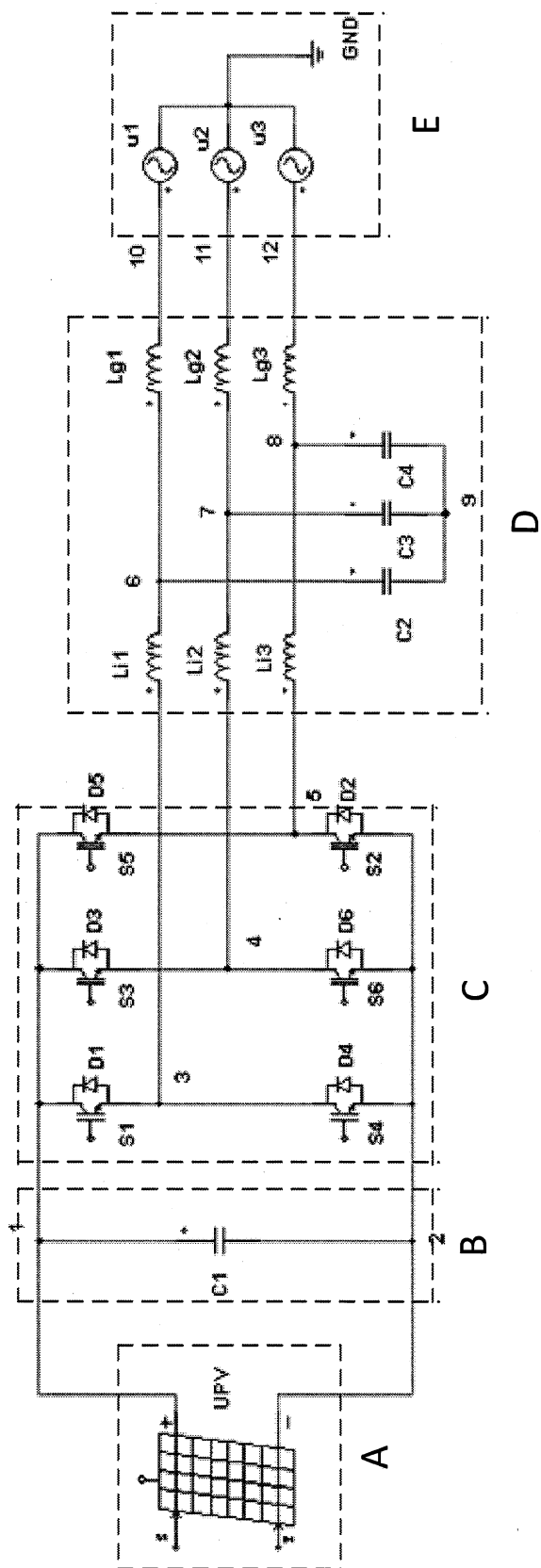
Sáng chế này nhằm cải thiện hiệu suất của hệ thống điện mặt trời bằng cách giảm dòng rò do điện dung ký sinh của pin quang điện khi xảy ra véc-tơ 0 trong quá trình điều chế véc-tơ không gian điều khiển bộ nghịch lưu áp ba pha. Khi xảy ra véc-tơ 0, mạch cách ly phía xoay chiều sẽ được điều khiển đóng, trong khi đó các khóa công suất của mạch nghịch lưu áp cầu ba pha sẽ được điều khiển ngắt tạo trạng thái cách ly giữa mạch nguồn DC với mạch lưới hoặc tải AC. Khi đó, dòng điện ba pha bên phía xoay chiều sẽ khép kín qua mạch cách ly. Do vậy, dòng rò qua điện dung ký sinh của nguồn điện mặt trời với lưới xoay chiều sẽ bị triệt tiêu. Ngoài ra, trạng thái cách ly nói trên làm giảm ảnh hưởng của dòng rò này đến chất lượng dòng điện ngõ ra bộ nghịch lưu, do đó giảm kích cỡ cuộn lọc ngõ ra bộ nghịch lưu trong mạch lọc LCL và dẫn đến giảm tổn hao trên điện trở riêng của các cuộn lọc. Hiệu suất chuyển đổi năng lượng điện toàn hệ thống sẽ được tăng lên.

DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU VIẾT TẮT

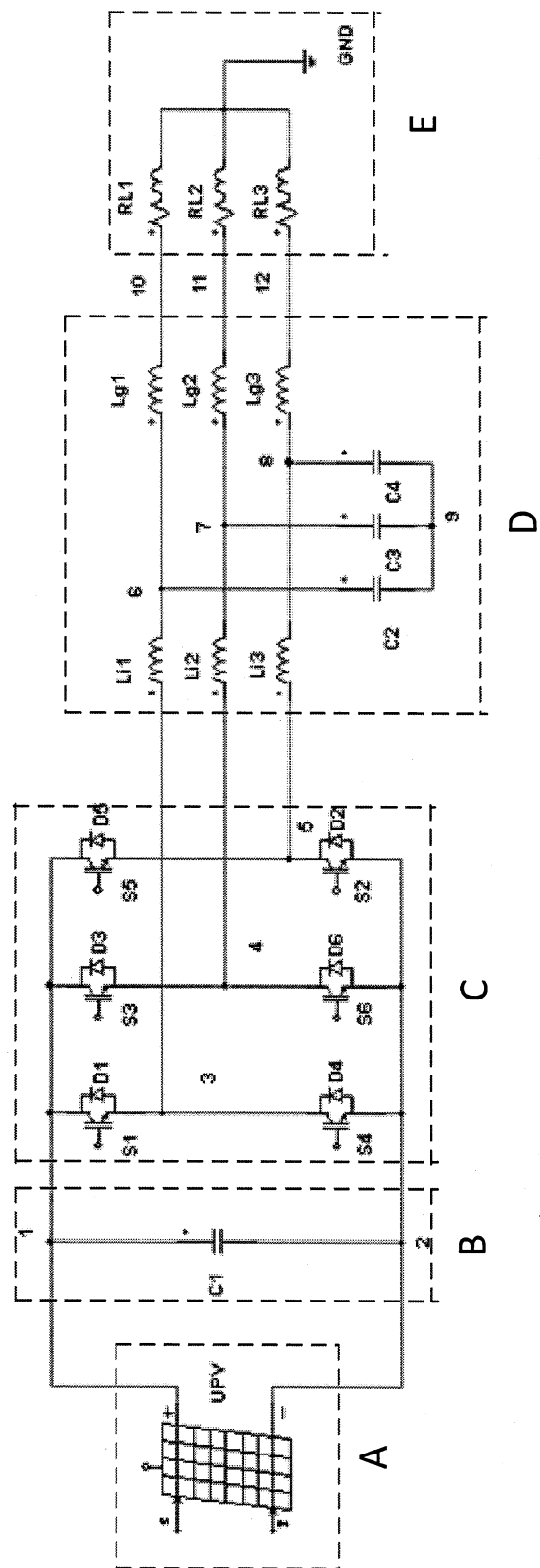
PV	Pin quang điện
SVPWM	Điều chế độ rộng xung véc-tơ không gian
VTKG	Véc-tơ không gian
DC	Một chiều
AC	Xoay chiều

ba pha và duy trì trạng thái đóng của bốn khoá công suất mạch cách ly, sau khoảng thời gian ngắn từ bước hai, lúc này bộ biến đổi công suất dc/ac đã hoàn toàn hoạt động ở trạng thái 0; trong giai đoạn chuyển từ trạng thái 0 sang trạng thái điều chế VTKG khác 0, phương pháp này còn bao gồm các bước: bước bốn - cần xác định các khoá công suất (tích cực) của mạch cầu ba pha các khoá này sẽ được kích đóng trước một khoảng thời gian ngắn trước khi chuyển sang trạng thái điều chế VTKG khác 0; bước năm - kích ngắt bốn khoá công suất của mạch cách ly, tiếp tục duy trì trạng thái đóng của hai khoá công suất (tích cực) của mạch cầu ba pha ở bước bốn, sau khoảng thời gian ngắn từ bước bốn; bước sáu - kích đóng khoá công suất của mạch cầu ba pha còn lại theo VTKG cần tổng hợp, sau khoảng thời gian ngắn từ bước năm, lúc này bộ nghịch lưu đã hoàn toàn hoạt động ở trạng thái điều chế véc-tơ không gian khác 0; các khóa công suất được xác định theo bảng sau:

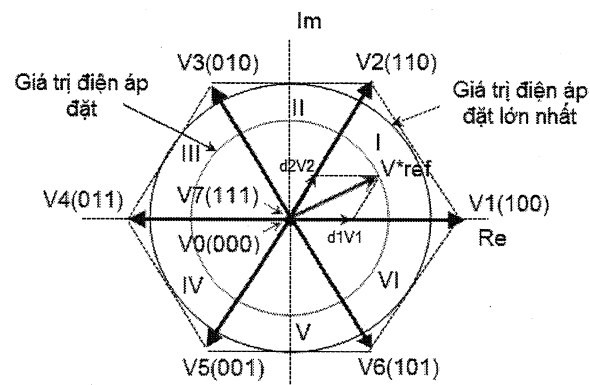
Khi chuyển từ trạng thái 0 sang trạng thái điều chế VTKG						
Góc phần sáu	I	II	III	IV	V	VI
Bộ khóa tích cực	S ₄	S ₁	S ₃	S ₃	S ₁	S ₄
	S ₃	S ₃	S ₅	S ₅	S ₅	S ₅



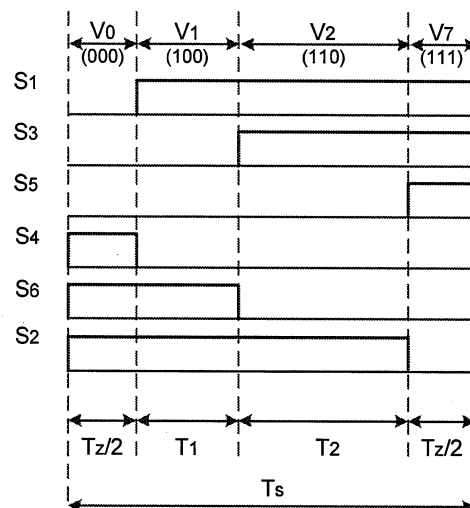
Hình 1



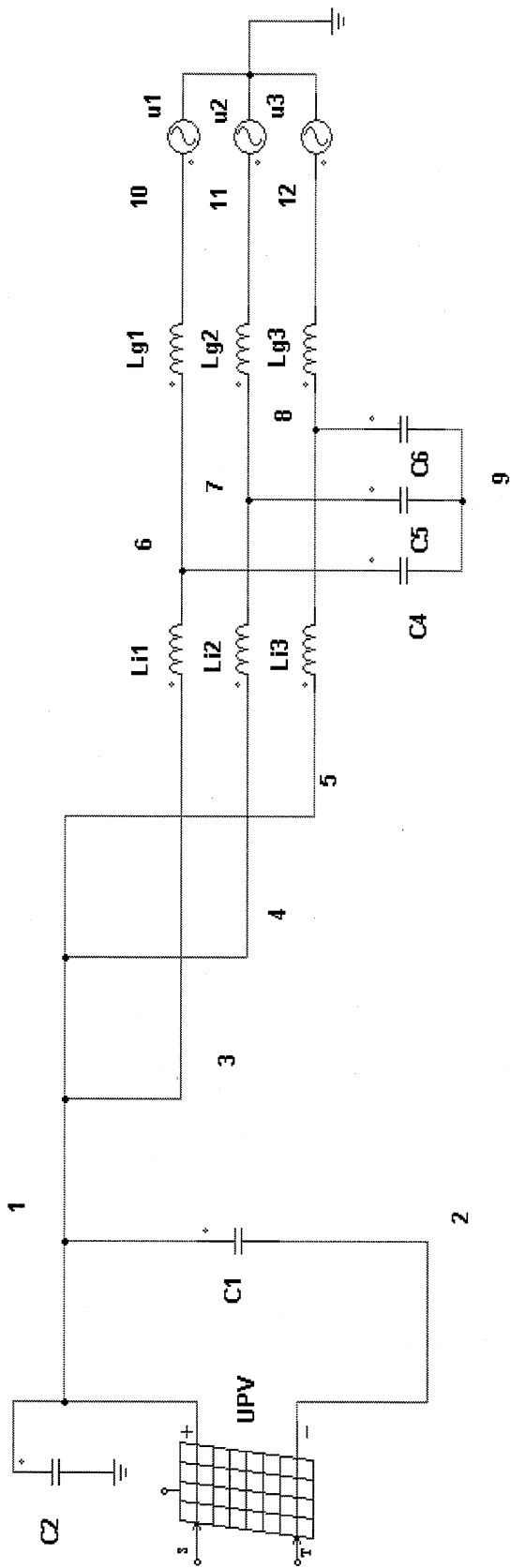
Hình 2



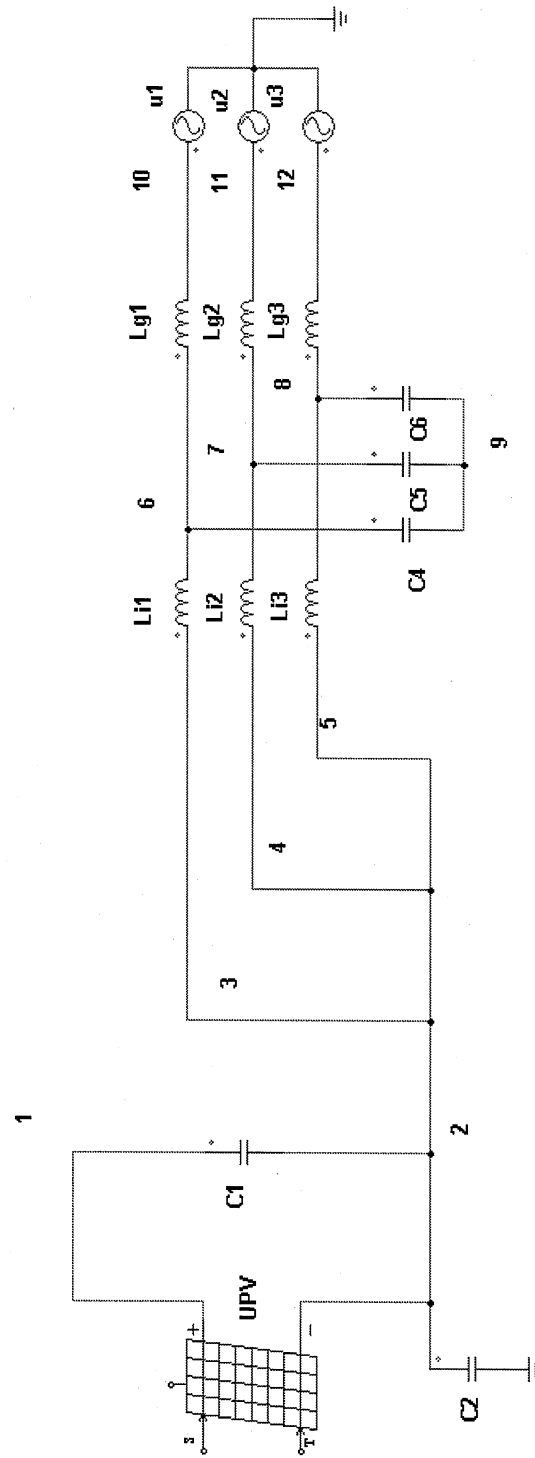
Hình 3



Hình 4

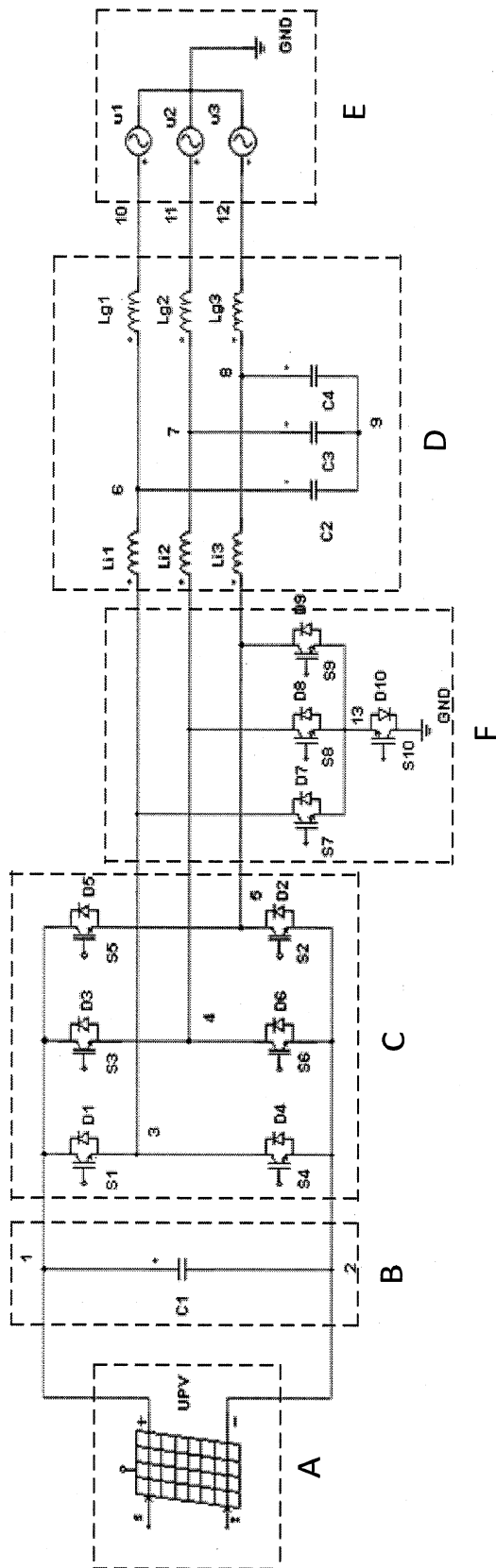


a)

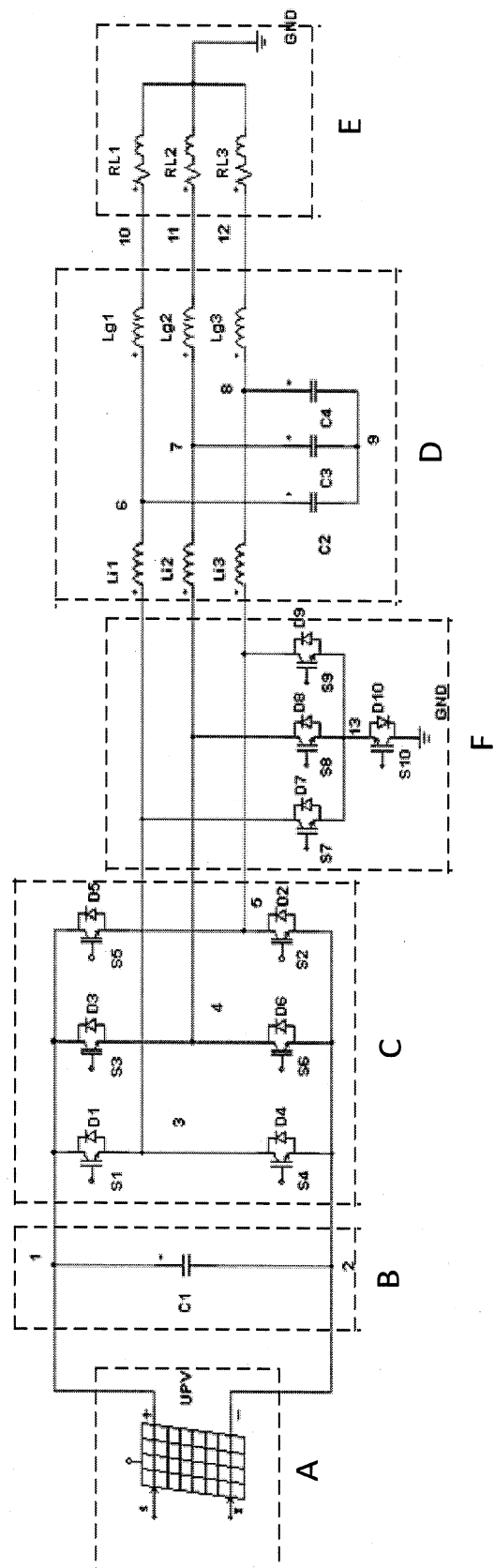


b)

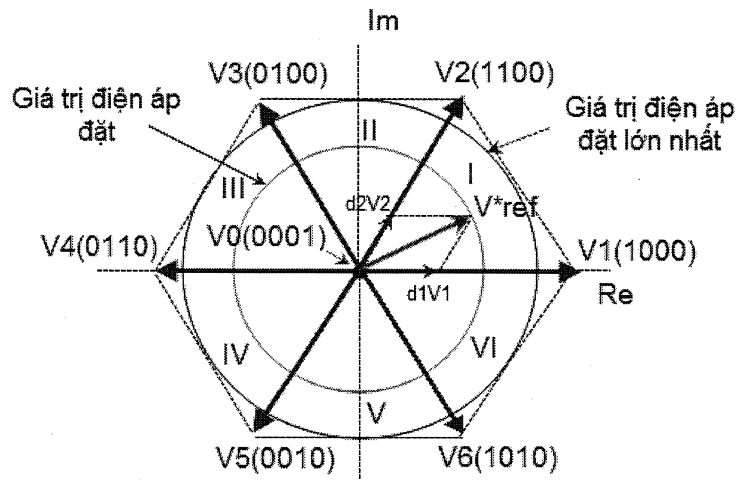
Hình 5



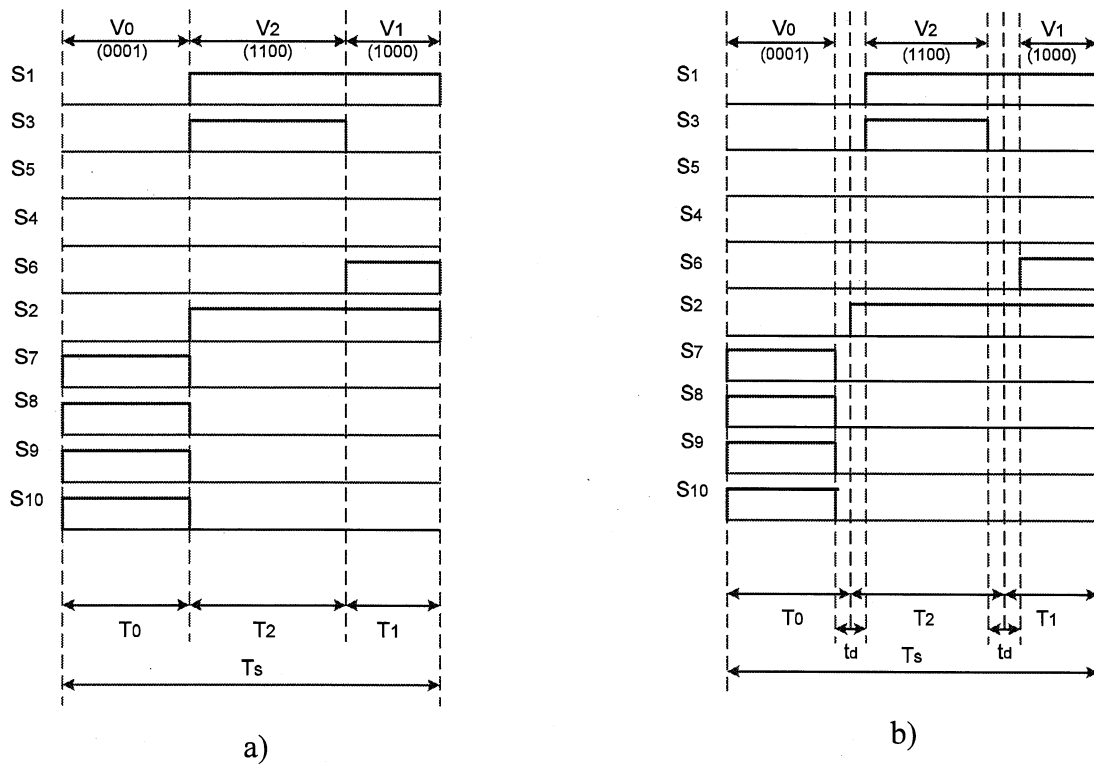
Hình 6



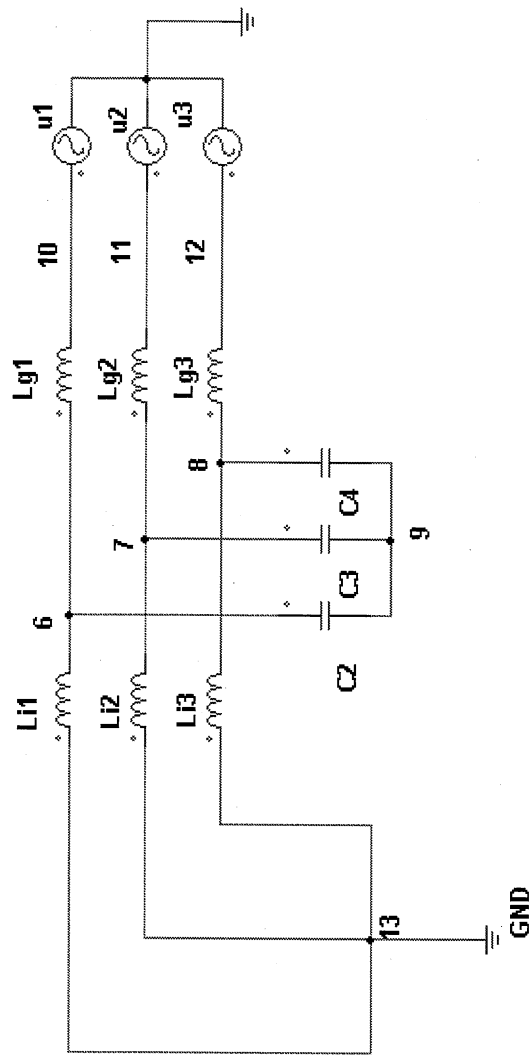
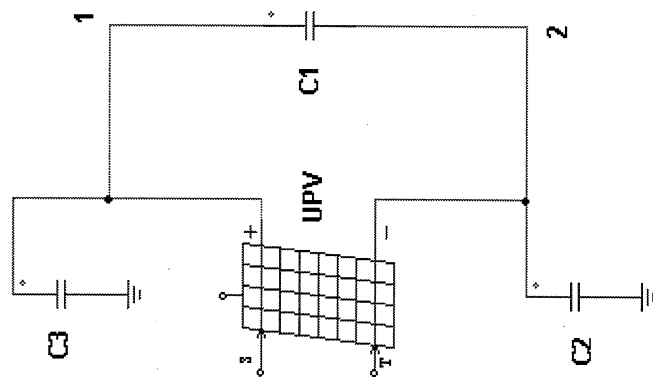
Hình 7



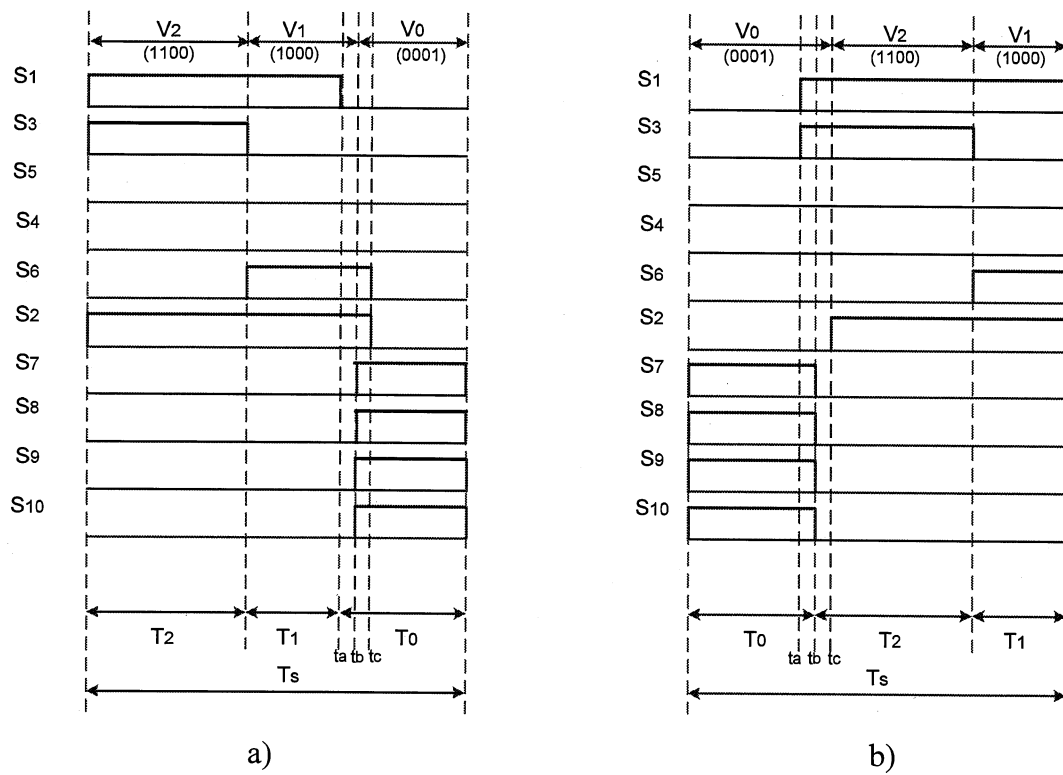
Hình 8



Hình 9



Hình 10



Hình 11