



(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)



1-0023291

(51)⁷

H02M 7/483

(13) B

(21) 1-2016-00199

(22) 23/05/2014

(86) PCT/JP2014/063717 23/05/2014

(87) WO2014/208232A1 31/12/2014

(30) 2013-132261 25/06/2013 JP

(45) 27/04/2020 385

(43) 25/05/2016 338A

(73) MEIDENSHA CORPORATION (JP)

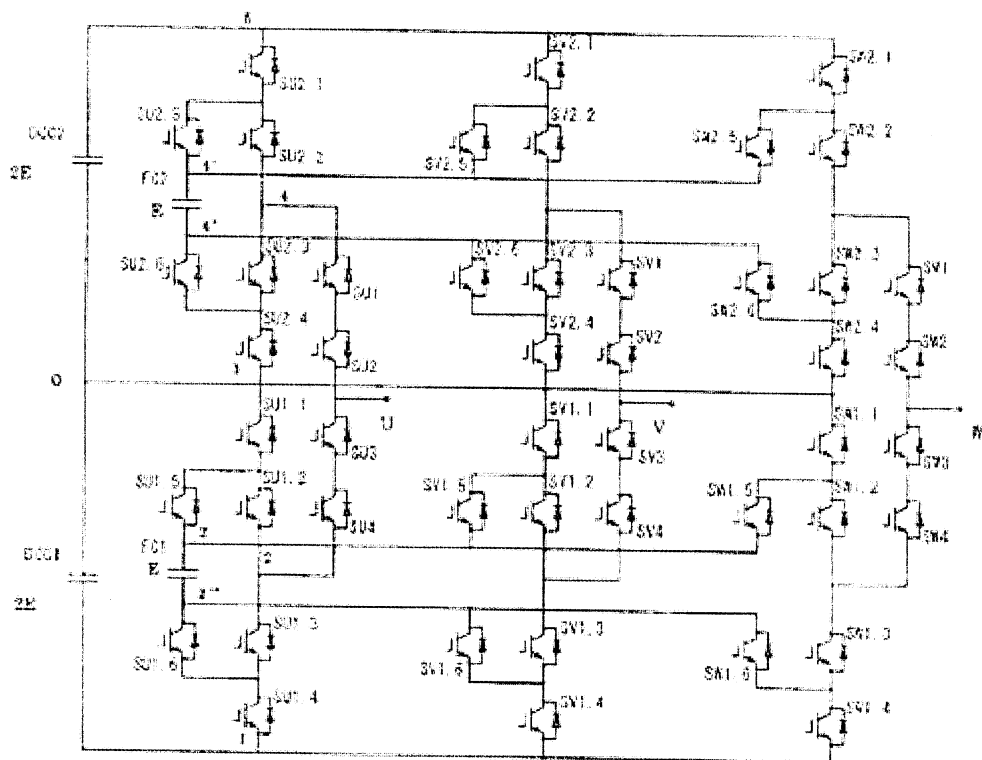
1-1, Osaki 2-chome, Shinagawa-ku, Tokyo 141-6029, Japan

(72) HASEGAWA, Isamu (JP); KODAMA, Takashi (JP); KONDO, Takeshi (JP);
URUSHIBATA, Shota (JP)

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) BỘ CHUYỂN ĐỔI NĂNG LƯỢNG NHIỀU MỨC

(57) Sáng chế đề cập đến mạch cơ sở của pha U bao gồm các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ tư (từ SU1.1 đến SU1.4) được nối giữa các cực dương và cực âm của nguồn điện áp DC (nguồn điện áp một chiều) (DCC1), phần tử bán dẫn thứ năm (SU1.5) được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai (SU1.1, SU1.2), và phần tử bán dẫn thứ sáu (SU1.6) được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư (SU1.3, SU1.4). Tụ điện thay đổi (FC1) được lắp giữa phần tử bán dẫn thứ năm (SU1.5) và phần tử bán dẫn thứ sáu (SU1.6). Các mạch chọn điện áp có các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba (SU1.2, SU1.3) trong các mạch cơ sở tương ứng như các cực vào, và bao gồm các phần tử bán dẫn (từ SU1 đến SU4) ở giữa các cực vào và các cực ra (U, V, W). Do đó, có thể tạo ra điện áp bất kỳ trong tất cả các pha trong bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức, và đơn giản hóa việc điều khiển nhằm tạo ra mức điện áp bất kỳ trong tất cả các pha.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức dùng cho điện áp cao và điện dung lớn.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Bộ chuyển đổi năng lượng được cấu thành các phần tử chuyển mạch chính là các phần tử bán dẫn (môđun được tạo nên bởi phần tử chuyển mạch bán dẫn như IGBT chẳng hạn và điôt được mắc song song theo cơ cấu đảo chiều với phần tử chuyển mạch bán dẫn; điều này tương tự với phần mô tả sau đây). Đối với phương tiện để tạo ra điện áp cao trong bộ chuyển đổi năng lượng, đã biết đến cấu hình mạch trong đó các phần tử bán dẫn được mắc nối tiếp với nhau.

Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức, giống như bộ chuyển đổi năng lượng nêu trên, mà nó tạo ra năm mức điện áp theo cấu hình mạch trong đó các phần tử bán dẫn được mắc nối tiếp với nhau, đã được đề xuất. Với một trong số các cấu hình của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức, cấu hình mạch như đã bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1 đã được đề xuất. Theo tài liệu sáng chế 1, như được minh họa trên Fig.27, các nguồn điện áp DC (nguồn điện áp một chiều) DCC1 và DCC2, và các tụ điện thay đổi FC1 và FC2 thường có ba pha, và vì vậy số lượng tụ điện được sử dụng trong bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức có thể được giảm bớt, nhờ đó cho phép giảm kích cỡ của thiết bị.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2012-209368

Tuy nhiên, theo cấu hình mạch được minh họa trên Fig.27, vì các tụ điện và một số phần tử bán dẫn từ S1 đến S4 thường có ba pha, vấn đề là, có sự kết hợp các điện áp đầu ra mà không thể được đưa ra. Cụ thể là, khi cố gắng đưa ra các điện áp pha 2E, 0 và -2E lần lượt từ các cực ra U, V và W, vì tụ điện thay đổi FC1 bị đoản mạch, có thể đưa ra sự kết hợp của các điện áp pha này.

Ví dụ cụ thể sẽ được mô tả dựa vào Fig.28. Ở đây, Fig.28 minh họa ví dụ trong đó pha U tạo ra điện áp $2E$, pha V tạo ra điện áp 0 , và pha W tạo ra điện áp $-2E$. Ngoài ra, trên Fig.28, dấu khoanh tròn chỉ báo phần tử bán dẫn đã được mở.

Như được minh họa trên Fig.28, khi cố gắng đưa ra đồng thời các điện áp $2E$, 0 và $-2E$ lần lượt từ các cực ra U, V và W, các phần tử bán dẫn S1 và S2 tại tất cả các đầu của tụ điện thay đổi FC1 được bật đồng thời, và vì vậy tụ điện thay đổi FC1 bị đoản mạch. Do đó, các dòng điện quá tải chạy qua vòng mạch đoản mạch theo $DCC1 \rightarrow S1 \rightarrow FC1 \rightarrow S2 \rightarrow DCC1$.

Bởi vì vấn đề này, trong trường hợp cấu hình mạch được minh họa trên Fig.27, có thể lựa chọn phần tử bán dẫn được bật như được minh họa trên Fig.28, và vì vậy các điện áp $2E$, 0 , và $-2E$ không thể được đưa ra đồng thời.

Trong trường hợp cấu hình mạch được minh họa trên Fig.27, vì các điện áp $2E$, 0 và $-2E$ không thể được đưa ra đồng thời lần lượt từ các cực ra U, V và W, các đầu ra này được thay thế bằng sự kết hợp của các điện áp đầu ra còn lại theo phương pháp thay thế. Ví dụ, theo phương pháp thay thế, bằng cách đưa ra một cách lặp lại các điện áp $2E$, E và $-2E$ và các điện áp $2E$, $-E$ và $-2E$ lần lượt từ các cực ra U, V và W sau đó đưa ra từng điện áp trung bình $2E$, 0 và $-2E$, các điện áp $2E$, 0 và $-2E$ được thay thế bằng các điện áp trung bình tương ứng.

Tuy nhiên, tại mọi thời điểm, cần cân bằng các thời điểm trong đó các điện áp $2E$, E và $-2E$, và các điện áp $2E$, $-E$ và $-2E$ được đưa ra lần lượt từ các cực ra U, V và W, và việc quản lý thời gian cũng được yêu cầu tại mọi thời điểm. Do đó, gây ra vấn đề là làm phức tạp việc điều khiển. Vấn đề này cũng xuất hiện trong trường hợp cấu hình mạch trong đó số lượng các pha đầu ra được tăng đến bốn hoặc lớn hơn, như được thể hiện trên Fig.27.

Mặt khác, theo phương án 5 trong tài liệu sáng chế 1 được minh họa trên Fig.29(a) của đơn sáng chế này và phương án 6 trong tài liệu sáng chế 1 được minh họa trên Fig.29(b) của đơn sáng chế này, trong trường hợp trong đó điện áp ứng dụng của mỗi nguồn điện áp DC DCC1 và DCC2 là $2E$ và điện áp ứng dụng của mỗi tụ điện thay đổi trong các tụ điện thay đổi CFC1 và CFC2 là E , các điện áp $2E$, 0 và $-2E$ có thể được đưa ra đồng thời lần lượt từ các cực ra

OUT_U, OUT_V và OUT_W. Tuy nhiên, các vấn đề (1) và (2) sau đây xuất hiện trong các cấu hình mạch được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b).

(1) Trong các cấu hình mạch được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b), trị số điện áp ổn định tối đa được đặt vào các phần tử bán dẫn SU5, SU6, SV5, SV6, SW5 và SW6 mà được nối với các cực ra OUT_U, OUT_V và OUT_W là 3E. Do đó phần tử bán dẫn có điện áp chịu tải cao là cần thiết, và vấn đề là, điều này có nhược điểm trong việc giảm kích cỡ và chi phí của thiết bị.

(2) Vì các dòng điện ba pha gồm có pha U, pha V và pha W chạy qua các phần tử bán dẫn từ S2.1 đến S2.3, và từ S1.1 đến S1.3 được thể hiện bởi các dấu khoanh tròn trên Fig.29(a) và Fig.29(b), cánh tản nhiệt cỡ lớn có hiệu suất làm mát cao được yêu cầu để làm mát các phần tử bán dẫn từ S2.1 đến S2.3, và từ S1.1 đến S1.3 này.

Các vấn đề (1) và (2) nêu trên cũng xuất hiện trong cấu hình mạch trong đó số lượng các pha đầu ra được tăng đến bốn hoặc lớn hơn như được thể hiện trên Fig.29(a) và Fig.29(b).

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết vấn đề nêu trên, mục đích của sáng chế là tạo ra điện áp bất kỳ từ tất cả các pha và đơn giản hóa việc điều khiển nhằm tạo ra mức điện áp bất kỳ từ tất cả các pha trong bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức và nhiều pha.

Sáng chế được tạo ra nhằm giải quyết vấn đề trên. Theo một khía cạnh của sáng chế, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức đưa ra các đầu ra AC (đầu ra điện xoay chiều) với nhiều mức điện áp thu được nhờ sự biến đổi các điện áp của nguồn điện áp DC và tụ điện thay đổi, gồm có: N nguồn điện áp DC ($N \geq 2$) được mắc nối tiếp với nhau; các mạch cơ sở có M pha ($M \geq 3$), mỗi mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ tư được mắc nối tiếp liên tục giữa các điện cực dương và âm của mỗi nguồn điện áp DC trong số N nguồn điện áp DC; phần tử bán dẫn thứ năm mà một đầu của nó được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai; và phần tử bán dẫn thứ sáu mà một đầu của nó được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư; tụ điện thay đổi được lắp giữa các đầu còn

lại của các phần tử bán dẫn thứ năm của tất cả các pha và các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ sáu của tất cả các pha, tụ điện thay đổi thường có M pha; và các mạch chọn điện áp có M pha, mỗi mạch chọn điện áp có các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba của mỗi mạch cơ sở như các cực vào, bao gồm các phần tử bán dẫn giữa các cực vào và cực ra, và đưa ra điện thế của cực vào bất kỳ trong số các cực vào từ cực ra bằng cách điều khiển bật/tắt có lựa chọn các phần tử bán dẫn.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức đưa ra các đầu ra AC với nhiều mức điện áp thu được nhờ sự biến đổi các điện áp của nguồn điện áp DC và tụ điện thay đổi, gồm có: N nguồn điện áp DC ($N = 2$ hoặc số chẵn lớn hơn) được mắc nối tiếp với nhau; các mạch cơ sở bao gồm phần tử bán dẫn thứ nhất mà một đầu của nó được nối với đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp, phần tử bán dẫn thứ nhất thường có M pha ($M \geq 3$); các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ hai đến phần tử bán dẫn thứ tư của M pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa đầu còn lại của phần tử bán dẫn thứ nhất theo cấp được đánh số chẵn và đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn; các phần tử bán dẫn thứ sáu của M pha mà một trong số các đầu của nó được nối với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư theo cấp được đánh số chẵn; phần tử bán dẫn thứ tư mà một đầu của nó được nối với đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ, phần tử bán dẫn thứ tư thường có M pha; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ ba của M pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ và đầu còn lại của phần tử bán dẫn thứ tư theo cấp được đánh số lẻ; và các phần tử bán dẫn thứ năm của M pha mà một trong số các đầu của nó được nối với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai theo cấp được đánh số lẻ; tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số chẵn được lắp giữa điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai theo cấp được đánh số chẵn và các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ sáu của tất cả các pha theo cấp được đánh số

chẵn, tụ điện thay đổi thường có M pha; tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số lẻ được lắp giữa các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ năm của tất cả các pha theo cấp được đánh số lẻ và điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư theo cấp được đánh số lẻ, tụ điện thay đổi thường có M pha; và các mạch chọn điện áp có M pha, mỗi mạch chọn điện áp có các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba của mỗi mạch cơ sở như các cực vào, bao gồm các phần tử bán dẫn giữa các cực vào và cực ra, và đưa ra điện thế của cực vào bất kỳ trong số các cực vào từ cực ra bằng cách điều khiển bật/tắt có lựa chọn các phần tử bán dẫn.

Ngoài ra, theo khía cạnh sáng chế, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức đưa ra các đầu ra AC với nhiều mức điện áp thu được nhờ sự biến đổi các điện áp của nguồn điện áp DC và tụ điện thay đổi, gồm có: N nguồn điện áp DC ($N = 2$ hoặc số chẵn lớn hơn) được mắc nối tiếp với nhau; các mạch cơ sở bao gồm phần tử bán dẫn thứ tư mà một đầu của nó được nối với đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp, phần tử bán dẫn thứ tư thường có M pha (trong đó $M \geq 3$); các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ ba của M pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn và đầu còn lại của phần tử bán dẫn thứ tư theo cấp được đánh số chẵn; các phần tử bán dẫn thứ năm của M pha mà một trong số các đầu của nó được nối với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai theo cấp được đánh số chẵn; phần tử bán dẫn thứ nhất mà một đầu của nó được nối với đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ, phần tử bán dẫn thứ nhất thường có M pha; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ hai đến phần tử bán dẫn thứ tư của M pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa đầu còn lại của phần tử bán dẫn thứ nhất theo cấp được đánh số lẻ và đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ; và các phần tử bán dẫn thứ sáu của M pha mà một trong số các đầu của nó được nối với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư theo cấp được đánh số lẻ; tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số chẵn được lắp giữa tất cả các phần tử bán

dẫn thứ năm và điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư theo cấp được đánh số chẵn, tụ điện thay đổi thường có M pha; tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số lẻ được lắp giữa điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai và tất cả các phần tử bán dẫn thứ sáu theo cấp được đánh số lẻ, tụ điện thay đổi thường có M pha; và các mạch chọn điện áp có M pha, mỗi mạch chọn điện áp có các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba của mỗi mạch cơ sở như các cực vào, bao gồm các phần tử bán dẫn giữa các cực vào và cực ra, và đưa ra điện thế của cực vào bất kỳ trong số các cực vào từ cực ra bằng cách điều khiển bật/tắt có lựa chọn các phần tử bán dẫn.

Hơn nữa, theo khía cạnh của sáng chế, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức đưa ra các đầu ra AC với nhiều mức điện áp thu được nhờ sự biến đổi các điện áp của nguồn điện áp DC và tụ điện thay đổi, gồm có: N nguồn điện áp DC ($N = 2$ hoặc số chẵn lớn hơn) được mắc nối tiếp với nhau; các mạch cơ sở có M pha ($M \geq 3$), mỗi mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba được mắc nối tiếp liên tục với đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp; và các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba được mắc nối tiếp liên tục với đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp; tụ điện thay đổi được mắc song song với các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba theo từng cấp được đánh số chẵn và cấp được đánh số lẻ, tụ điện thay đổi thường có M pha; và các mạch chọn điện áp có M pha, mỗi mạch chọn điện áp có các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba của mỗi mạch cơ sở và điểm nối chung của đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn và đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ như các cực vào, bao gồm các phần tử bán dẫn giữa các cực vào và cực ra, và đưa ra điện thế của cực vào bất kỳ trong số các cực vào từ cực ra bằng cách điều khiển bật/tắt có lựa chọn các phần tử bán dẫn.

Theo khía cạnh của sáng chế, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức đưa ra các đầu ra AC với nhiều mức điện áp thu được nhờ sự biến đổi các điện áp của nguồn điện áp DC và tụ điện thay đổi, gồm có: N nguồn điện áp DC ($N = 2$ hoặc

số chẵn lớn hơn) được mắc nối tiếp với nhau; các mạch cơ sở có M pha ($M \geq 3$), mỗi mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ hai đến phần tử bán dẫn thứ tư được mắc nối tiếp liên tục giữa các đầu điện cực âm và dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp; phần tử bán dẫn thứ sáu mà một đầu của nó được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư theo cấp được đánh số chẵn; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ ba được mắc nối tiếp liên tục giữa các đầu điện cực âm và dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp; và phần tử bán dẫn thứ năm mà một đầu của nó được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai theo cấp được đánh số lẻ; tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số chẵn được lắp giữa các đầu còn lại của tất cả các phần tử bán dẫn thứ sáu theo cấp được đánh số chẵn và điểm nối chung của đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC và phần tử bán dẫn thứ hai theo cấp được đánh số chẵn, tụ điện thay đổi thường có M pha; tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số lẻ được lắp giữa các đầu còn lại của tất cả các phần tử bán dẫn thứ năm theo cấp được đánh số lẻ và điểm nối chung của đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC và phần tử bán dẫn thứ ba theo cấp được đánh số lẻ, tụ điện thay đổi thường có M pha; và các mạch chọn điện áp có M pha, mỗi mạch chọn điện áp có các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba của mỗi mạch cơ sở như các cực vào, bao gồm các phần tử bán dẫn giữa các cực vào và cực ra, và đưa ra điện thế của cực vào bất kỳ trong số các cực vào từ cực ra bằng cách điều khiển bật/tắt có lựa chọn các phần tử bán dẫn.

Ngoài ra, theo khía cạnh của sáng chế, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức đưa ra các đầu ra AC với nhiều mức điện áp thu được nhờ sự biến đổi các điện áp của nguồn điện áp DC và tụ điện thay đổi, gồm có: N nguồn điện áp DC ($N = 2$ hoặc số chẵn lớn hơn) được mắc nối tiếp với nhau; các mạch cơ sở có M pha ($M \geq 3$), mỗi mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ ba được mắc nối tiếp liên tục giữa các đầu điện cực âm và dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn của N

nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp; phần tử bán dẫn thứ năm mà một đầu của nó được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai theo cấp được đánh số chẵn; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ hai đến phần tử bán dẫn thứ tư được mắc nối tiếp liên tục giữa các đầu điện cực âm và dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp; và phần tử bán dẫn thứ sáu mà một đầu của nó được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư theo cấp được đánh số lẻ; tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số chẵn được lắp giữa các đầu còn lại của tất cả các phần tử bán dẫn thứ năm theo cấp được đánh số chẵn và điểm nối chung của đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC và phần tử bán dẫn thứ ba theo cấp được đánh số chẵn, tụ điện thay đổi thường có M pha; tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số lẻ được lắp giữa các đầu còn lại của tất cả các phần tử bán dẫn thứ sáu theo cấp được đánh số lẻ và điểm nối chung của đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC và phần tử bán dẫn thứ hai theo cấp được đánh số lẻ, tụ điện thay đổi thường có M pha; và các mạch chọn điện áp có M pha, mỗi mạch chọn điện áp có các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba của mỗi mạch cơ sở như các cực vào, bao gồm các phần tử bán dẫn giữa các cực vào và cực ra, và đưa ra điện thế của cực vào bất kỳ trong số các cực vào từ cực ra bằng cách điều khiển bật/tắt có lựa chọn các phần tử bán dẫn.

Hơn nữa, số lượng phần tử bán dẫn mắc nối tiếp của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp có thể bằng hoặc lớn hơn 2.

Hơn nữa, số lượng phần tử bán dẫn mắc song song của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp có thể bằng hoặc lớn hơn 2.

Theo sáng chế, có thể tạo ra điện áp bất kỳ từ tất cả các pha và đơn giản hóa việc điều khiển nhằm tạo ra mức điện áp bất kỳ từ tất cả các pha trong bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức và nhiều pha.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ minh họa phần tử mạch cơ sở.

Fig.2 là hình vẽ minh họa mạch cơ sở trong đó N phần tử mạch cơ sở được mắc nối tiếp với nhau.

Fig.3 thể hiện các sơ đồ cấu hình mạch minh họa các mạch chọn điện áp.

Fig.4 là hình vẽ minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 1.

Fig.5 là hình vẽ minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 2.

Fig.6 là hình vẽ minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 3.

Fig.7 là hình vẽ minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 4.

Fig.8 là hình vẽ minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 5.

Fig.9 là sơ đồ cấu hình mạch minh họa phần tử mạch cơ sở theo phương án 6.

Fig.10 là sơ đồ cấu hình mạch minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 6.

Fig.11 là hình vẽ minh họa ví dụ hoạt động đối với từng điện áp đầu ra theo phương án 6.

Fig.12 là hình vẽ minh họa ví dụ hoạt động của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 6.

Fig.13 là sơ đồ cấu hình mạch minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 7.

Fig.14 là hình vẽ minh họa ví dụ hoạt động của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 7.

Fig.15 là sơ đồ cấu hình mạch minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 8.

Fig.16 là hình vẽ minh họa ví dụ hoạt động của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 8.

Fig.17 là sơ đồ cấu hình mạch minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 9.

Fig.18 là hình vẽ minh họa ví dụ hoạt động của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 9.

Fig.19 là sơ đồ cấu hình mạch minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 10.

Fig.20 là hình vẽ minh họa ví dụ hoạt động của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 10.

Fig.21 là sơ đồ cấu hình mạch minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 11.

Fig.22 là hình vẽ minh họa ví dụ hoạt động của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 11.

Fig.23 là sơ đồ cấu hình mạch minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 12.

Fig.24 là hình vẽ minh họa ví dụ hoạt động của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 12.

Fig.25 là sơ đồ cấu hình mạch minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 13

Fig.26 là sơ đồ cấu hình mạch minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 14

Fig.27 là sơ đồ cấu hình mạch minh họa ví dụ về bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết.

Fig.28 là sơ đồ giải thích dùng để giải thích điện áp đầu ra không thể được đưa ra bởi bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết.

Fig.29 thể hiện các sơ đồ cấu hình mạch minh họa các ví dụ khác về các bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần tử mạch cơ sở

Fig.1 là sơ đồ mạch minh họa phần tử mạch cơ sở được sử dụng trong bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo sáng chế. Phần tử mạch cơ sở được cấu thành sáu phần tử bán dẫn từ SN.1 đến SN.6 (ví dụ, môđun được tạo nên bởi phần tử chuyển mạch bán dẫn như IGBT chẳng hạn và điôt được mắc song song theo cơ cấu đảo chiều với phần tử chuyển mạch bán dẫn; điều này tương tự với phần mô tả sau đây).

Cụ thể hơn, như được minh họa trên Fig.1, cực điện 3 được nối với phía điện cực dương của nguồn điện áp DC (tụ điện DC hoặc nguồn điện DC), và cực điện 1 được nối với phía điện cực âm của nguồn điện áp DC. Ngoài ra, cực điện 2' được nối với phía điện cực dương của tụ điện thay đổi (hoặc nguồn điện áp DC), và cực điện 2'' được nối với phía điện cực âm của tụ điện thay đổi.

Các phần tử bán dẫn từ SN.1 đến SN.4 được mắc nối tiếp liên tục ở giữa cực điện 3 và cực điện 1. Ngoài ra, phần tử bán dẫn SN.5 được lắp giữa cực điện 2' và điểm nối chung của các phần tử bán dẫn SN.1 và SN.2. Phần tử bán dẫn SN.6 được lắp giữa cực điện 2'' và điểm nối chung của các phần tử bán dẫn SN.3 và SN.4. Ở đây, điểm nối chung của các phần tử bán dẫn SN.2 và SN.3 là cực điện 2.

Mạch cơ sở

Fig.2 minh họa mạch cơ sở trong đó N phần tử mạch cơ sở được minh họa trên Fig.1 được mắc nối tiếp với nhau. Ở đây, N là bằng hoặc lớn hơn 2 ($N \geq 2$).

Nguồn điện áp DC được nối giữa cực điện đánh số $2N+1$ và $2N-1$. Tụ điện thay đổi được nối giữa cực điện đánh số $2N'$ và $2N''$. Ở đây, khi điện áp của nguồn điện áp DC là $2E$ và điện áp của từng tụ điện thay đổi là E , theo cấu hình trong đó các phần tử mạch cơ sở theo N cấp được mắc nối tiếp với nhau, cực điện $2n$ có thể có các điện áp đầu ra " $2En$, $2En-E$, hoặc $2En-2E$ " (trong đó $n = 1$ đến N).

Bằng cách ghép mạch chọn điện áp để lựa chọn điện áp với mỗi cực điện $2N$, cực điện $2(N-1)$,... và cực điện 2, bộ chuyển đổi năng lượng theo $(2N+1)$ mức có thể đạt được.

Mạch chọn điện áp

Tiếp theo, mạch chọn điện áp sẽ được giải thích dựa vào Fig.3. Mạch chọn điện áp là mạch có các cực vào tương ứng với các cực điện ($2, \dots$, và $2N$) của mạch cơ sở và lựa chọn một trong số các điện thế của các cực vào như là điện thế đầu ra được đưa ra từ cực ra. Mạch chọn điện áp được cấu thành cấu hình được minh họa trên Fig.3(a), Fig.3(b), Fig.3(c) hoặc Fig.3(d), hoặc sự kết hợp của nó. Các phân tử bán dẫn từ S1 đến S28 được lắp ở giữa mỗi cực vào và cực ra. Bằng cách bật có lựa chọn các phân tử bán dẫn từ S1 đến S28, điện thế của một cực vào trong số các cực vào (trên Fig.3(a), $2N_3$, $2(N-1)_3$, 4_3 , và 2_3 , trên Fig.3(b), $2N_3$, $2(N-1)_3$, 3_3 , và 2_3 , trên Fig.3(c), 4_3 , 3_3 , 2_3 , và trên Fig.3(d), $4N+1_3$, $4N-1_3$, $4N-3_3$, 5_3 , 3_3 , và 2_3) có thể được đưa ra.

Phương án 1

Fig.4 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa cấu hình của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 1. Như được minh họa trên Fig.4, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 1 bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức N cấp và M pha được cấu hình sử dụng mạch cơ sở được minh họa trên Fig.2 và mạch chọn điện áp được minh họa trên Fig.3. Ở đây, $N \geq 2$, và $M \geq 3$.

Mỗi môđun pha từ 11 đến 1M được cấu thành sự kết hợp của mạch cơ sở và mạch chọn điện áp. Các cấu hình của mạch cơ sở và mạch chọn điện áp là giống với các cấu hình được minh họa trên Fig.2 và Fig.3, và vì vậy phần mô tả của nó sẽ được bỏ qua ở đây. N nguồn điện áp DC từ DCC1 đến DCCN được mắc nối tiếp ở giữa tất cả các cực điện cuối 1 và $2N+1$ theo môđun pha từ 11 đến 1M. Các điểm nối chung của các nguồn điện áp DC từ DCC1 đến DCCN được nối lần lượt với các cực điện $3, \dots$, và $2N-1$ theo môđun pha từ 11 đến 1M (các mạch cơ sở). Ngoài ra, N các tụ điện thay đổi từ FC1 đến FCN được nối lần lượt với các cực điện $2'', 2', \dots, 2N''$ và $2N'$ theo môđun pha từ 11 đến 1M.

Ở đây, khi điện áp của mỗi nguồn điện áp DC từ DCC1 đến DCCN là $2E$ và mỗi điện áp của các tụ điện thay đổi từ FC1 đến FCN được điều chỉnh với E , có thể tạo ra các điện áp $(2p-2)E$ và $(2p-1)E$ từ cực điện $2p''$ (trong đó $p = 1, 2, \dots$, và N). Hơn nữa, có thể tạo ra các điện áp $(2p-1)E$ và $2pE$ từ cực điện $2p'$.

Ngoài ra, điện áp $(2p-2)E$ có thể được tạo ra từ cực điện $2p-1$, và điện áp $2pE$ có thể được tạo ra từ cực điện $2p+1$.

Tiếp theo, các điện thế của các cực điện $1, 2'', 2',$ và $3, \dots,$ và $2N-1, 2N'', 2N'$ và $2N+1$ được đặt vào theo môđun pha từ 11 đến $1M$. Sau đó, trong mạch cơ sở, bằng cách bật có lựa chọn các phần tử bán dẫn từ $S1.1, S1.2, S1.3,$ và $S1.4$ đến $SN.1, SN.2, SN.3$ và $SN.4$ đối với mỗi cấp, một trong số các điện thế của các cực điện $1, 2'', 2',$ và $3, \dots,$ và $2N-1, 2N'', 2N'$ và $2N+1$ được đưa ra từ mỗi các cực điện $2, \dots,$ và $2N$. Hơn nữa, bằng cách bật có lựa chọn các phần tử bán dẫn của mạch cơ sở theo mỗi cấp bởi mạch chọn điện áp, một trong số các điện thế của các cực điện $2, \dots,$ và $2N$ được đưa ra từ mỗi cực ra từ $OUT1$ đến $OUTM$. Do đó, các điện áp $(2N+1)$ mức có thể được tạo ra từ các cực ra từ $OUT1$ đến $OUTM$.

Như được mô tả ở trên, theo phương án 1, thu được các quy trình hoạt động và đạt được các hiệu quả theo (1) và (2) sau đây.

(1) Khi được so sánh với cấu hình mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.27, mức điện áp pha bất kỳ có thể được tạo ra, và việc điều khiển nhằm tạo ra mức điện áp pha bất kỳ được làm cho dễ dàng.

(2) Không giống như cấu hình mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b), không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ra ba pha gồm pha U, pha V, và pha W chạy qua sau đó có sự hao tổn điện năng cao, có thể đạt được giảm kích cỡ của cánh tản nhiệt để làm mát phần tử bán dẫn.

Phương án 2

Tiếp theo, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 2 sẽ được giải thích dựa vào Fig.5. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 2 đã cấu hình vị trí mạch trong đó các phần tử bán dẫn thứ nhất từ $S2.1$ đến $SN.1$ thường có M pha và các phần tử bán dẫn thứ năm từ $S2.5$ đến $SN.5$ bị bỏ qua (loại bỏ) trong các phần tử mạch cơ sở theo các cấp được đánh số chẵn của mạch cơ sở được minh họa trên Fig.2 và mạch trong đó các phần tử bán dẫn thứ tư từ $S1.4$ đến $SN-1.4$ thường có M pha và các phần tử bán dẫn thứ

sáu từ S1.6 đến SN-1.6 bị bỏ qua (loại bỏ) trong các phần tử mạch cơ sở theo các cấp được đánh số lẻ của mạch cơ sở được nối với nhau theo N cấp. Ở đây, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 2 bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức N cấp và M pha. N là 2 hoặc số chẵn lớn hơn, và $M \geq 3$. Các cấu hình khác là giống với các cấu hình theo phương án 1.

Theo cấu hình của phương án 2, có thể tạo ra các điện áp với $(2N+1)$ mức từ các cực ra từ OUT1 đến OUTM. Dựa vào bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 2, khi được so sánh với cấu hình mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.27, mức điện áp pha bất kỳ có thể được tạo ra, và việc điều khiển nhằm tạo ra mức điện áp pha bất kỳ được làm cho dễ dàng. Ngoài ra, khi được so sánh với phương án 1, số lượng các phần tử bán dẫn có thể được giảm bớt.

Phương án 3

Tiếp theo, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 3 sẽ được giải thích dựa vào Fig.6. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 3 đã cấu hình vị trí mạch trong đó các phần tử bán dẫn thứ tư từ S2.4 đến SN.4 thường có M pha và các phần tử bán dẫn thứ sáu từ S2.6 đến SN.6 bị bỏ qua trong các phần tử mạch cơ sở theo các cấp được đánh số lẻ của mạch cơ sở được minh họa trên Fig.2 và mạch trong đó các phần tử bán dẫn thứ nhất từ S1.1 đến SN-1.1 thường có M pha và các phần tử bán dẫn thứ năm từ S1.5 đến SN-1.5 bị bỏ qua trong các phần tử mạch cơ sở theo các cấp được đánh số chẵn của mạch cơ sở được nối với nhau theo N cấp. Ở đây, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 3 bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức N cấp và M pha. N là 2 hoặc số chẵn lớn hơn, và $M \geq 3$. Các cấu hình khác là giống với các cấu hình theo phương án 1.

Theo cấu hình của phương án 3, có thể tạo ra các điện áp với $(2N+1)$ mức từ các cực ra từ OUT1 đến OUTM.

Dựa vào bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 3, thu được các quy trình hoạt động và đạt được các hiệu quả tương tự như theo phương án 2.

Phương án 4

Tiếp theo, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 4 sẽ được giải thích dựa vào Fig.7. Theo phương án 4, các phần tử bán dẫn thứ nhất từ S2.1 đến SN.1 trong các phần tử mạch cơ sở theo các cấp được đánh số chẵn mà thường có M pha, và các phần tử bán dẫn thứ tư từ S1.4 đến SN-1.4 trong các phần tử mạch cơ sở theo các cấp được đánh số lẻ mà thường có M pha, bị bỏ qua (loại bỏ) trong bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 2. Nghĩa là, trên Fig.7, các phần tử bán dẫn được nối với các cực điện 1, 5, 2N-3 và 2N+1, bị bỏ qua (loại bỏ). Các cấu hình khác là giống với các cấu hình theo phương án 2. Ở đây, N là 2 hoặc số chẵn lớn hơn, và $M \geq 3$.

Theo cấu hình viện dẫn đến phương án 4, có thể tạo ra các điện áp với $(2N+1)$ mức từ các cực ra từ OUT1 đến OUTM.

Dựa vào bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 4, khi được so sánh với cấu hình mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.27, mức điện áp pha bất kỳ có thể được tạo ra, và việc điều khiển nhằm tạo ra mức điện áp pha bất kỳ được làm cho dễ dàng.

Không giống như cấu hình mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b), không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ra ba pha gồm pha U, pha V, và pha W chạy qua sau đó có sự hao tổn điện năng cao, có thể đạt được giảm kích cỡ của cánh tản nhiệt để làm mát phần tử bán dẫn.

Ngoài ra, khi được so sánh với phương án 2, số lượng các phần tử bán dẫn có thể được giảm bớt.

Phương án 5

Tiếp theo, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 5 sẽ được giải thích dựa vào Fig.8. Theo phương án 5, các phần tử bán dẫn thứ tư từ S2.4 đến SN.4 trong các phần tử mạch cơ sở theo các cấp được đánh số chẵn mà thường có M pha, và các phần tử bán dẫn thứ nhất từ S1.1 đến SN-1.1 trong các phần tử mạch cơ sở theo các cấp được đánh số lẻ mà thường có M pha, bị bỏ qua (loại bỏ) trong bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 3. Nghĩa là,

trên Fig.8, các phần tử bán dẫn được nối với các cực điện 3 và $2N-1$ bị bỏ qua (loại bỏ). Các cấu hình khác là giống với các cấu hình theo phương án 3. Ở đây, N là 2 hoặc số chẵn lớn hơn, và $M \geq 3$.

Theo cấu hình việ dẫn đến phương án 5, có thể tạo ra các điện áp với $(2N+1)$ mức từ các cực ra từ OUT1 đến OUTM.

Dựa vào bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 5, khi được so sánh với cấu hình mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.27, mức điện áp pha bất kỳ có thể được tạo ra, và việc điều khiển nhằm tạo ra mức điện áp pha bất kỳ được làm cho dễ dàng.

Không giống như cấu hình mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b), không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ra ba pha gồm pha U, pha V, và pha W chạy qua sau đó có sự hao tổn điện năng cao, có thể đạt được giảm kích cỡ của cánh tản nhiệt để làm mát phần tử bán dẫn.

Ngoài ra, khi được so sánh với phương án 3, số lượng các phần tử bán dẫn có thể được giảm bớt.

Phương án 6

Fig.9 minh họa phần tử mạch cơ sở thu được trong trường hợp trong đó $N=1$ và $M=3$ theo phương án 1. Phần tử mạch cơ sở được cấu thành nguồn điện áp DC DCC1, tụ điện thay đổi FC1, các phần tử bán dẫn từ SUN.1 đến SUN.6 của pha U, các phần tử bán dẫn từ SVN.1 đến SVN.6 của pha V, và các phần tử bán dẫn từ SWN.1 đến SWN.6 của pha W.

Bằng cách mắc các phần tử mạch cơ sở theo cách nối tiếp với nhau theo hai cấp ($N=2$ và $M=3$ theo phương án 1), bộ chuyển đổi năng lượng 5 mức được minh họa trên Fig.10 có thể được cấu hình. Ở đây, mạch chọn điện áp trên Fig.3(a) được sử dụng.

Trong trường hợp này, điện áp của mỗi nguồn điện áp DC DCC1 và DCC2 là $2E$, và điện áp của mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2 là E . Hơn nữa, mạch cơ sở của pha U bao gồm các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ tư từ SU1.1 đến SU1.4 và

từ SU2.1 đến SU2.4 được mắc nối tiếp liên tục ở giữa các cực điện âm và dương của hai nguồn điện áp DC (nguồn điện áp một chiều) DCC1 và DCC2, các phần tử bán dẫn thứ năm SU1.5 và SU2.5 mà một trong số các đầu của nó được nối lần lượt với mỗi điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai SU1.1, SU1.2, SU2.1, và SU2.2, và các phần tử bán dẫn thứ sáu SU1.6 và SU2.6 mà một trong số các đầu của nó được nối lần lượt với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư SU1.3, SU1.4, SU2.3 và SU2.4. Điều này cũng tương tự đối với pha V và pha W.

Các tụ điện thay đổi FC1 và FC2 được lắp giữa các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ năm SU1.5, SV1.5, SW1.5, SU2.5, SV2.5, SW2.5 và các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ sáu SU1.6, SV1.6, SW1.6, SU2.6, SV2.6, SW2.6.

Mạch chọn điện áp pha U được cấu thành các phần tử bán dẫn từ SU1 đến SU4. Điều này cũng tương tự đối với pha V và pha W.

Ở đây, các ký hiệu trích dẫn U, V và W chỉ báo các cực ra. Theo ví dụ sửa đổi về cấu hình được minh họa trên Fig.10, cấu hình bao gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc nối tiếp với nhau để có khả năng chịu tải với điện áp cao, và bao gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc song song với nhau để có khả năng chịu tải với dòng điện lớn.

Ngoài ra, nếu điện áp chịu tải của phần tử bán dẫn là phù hợp thì các phần tử bán dẫn SU1 và SU2 được minh họa trên Fig.10 có hai phần tử bán dẫn được mắc nối tiếp với nhau có thể được thay thế bằng phần tử bán dẫn đơn. Hơn nữa, điều này cũng tương tự đối với các phần tử bán dẫn SV1 và SV2, SW1 và SW2, SU3 và SU4, SV3 và SV4, và SW3 và SW4.

Trong mạch, các tụ điện thay đổi FC1 và FC2 thường có ba pha, và vì vậy các điện áp pha với năm mức có thể được đưa ra.

Ví dụ về mô hình chuyển mạch thay thế của pha U được minh họa theo bảng 1. Bằng cách chuyển mạch các phần tử bán dẫn theo mô hình được minh họa theo bảng 1, năm mức điện áp $2E$, E , 0 , $-E$ và $-2E$ có thể được đưa ra theo

các đường dẫn được minh họa trên Fig.11. Ở đây, bảng 1 và Fig.11 chỉ là các ví dụ, và các mô hình khác có thể được sử dụng.

Bảng 1

SU2.1	SU2.2	SU1	SU2	SU3	SU4	SU1.3	SU1.4	SU2.3	SU2.4	SU1.1	SU1.2	SU2.5	SU2.6	SU1.5	SU1.6	Vou
Bật	Bật	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	2E
Tắt	Bật	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Tắt	Tắt	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	E
Tắt	Tắt	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	0
Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Bật	-E
Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Bật	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	-2E

Fig.12 minh họa quy trình hoạt động của từng phần tử bán dẫn trong trường hợp trong đó cực ra U tạo ra điện áp 2E, cực ra V tạo ra điện áp 0, và cực ra W tạo ra điện áp -2E. Dấu khoanh tròn trên Fig.12 chỉ báo phần tử bán dẫn đã được mở.

Thậm chí trong trường hợp trong đó quy trình hoạt động được thực hiện theo trạng thái chuyển mạch nêu trên, bằng cách mắc các phần tử bán dẫn SU1.5, SV1.5, SW1.5, SU1.6, SV1.6 và SW1.6 với tất cả các đầu của tụ điện thay đổi FC1, và bằng cách mắc các phần tử bán dẫn SU2.5, SV2.5, SW2.5, SU2.6, SV2.6 và SW2.6 với tất cả các đầu của tụ điện thay đổi FC2, quy trình hoạt động có thể được thực hiện mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2.

Do đó, có thể đưa ra sự kết hợp của các điện áp pha 2E, 0 và -2E không thể được đưa ra theo cấu hình mạch được minh họa trên Fig.27, và cũng đơn giản hóa việc điều khiển nhằm tạo ra các điện áp 2E, 0 và -2E.

Tiếp theo, điện áp chịu tải của phần tử bán dẫn trong suốt quy trình hoạt động trong mạch được minh họa trên Fig.12 sẽ được giải thích.

Theo ví dụ, trường hợp trong đó điện áp 2E được đưa ra theo pha U, điện áp 0 được đưa ra theo pha V, và điện áp -2E được đưa ra theo pha W sẽ được giải thích. Trong trường hợp này, như tình trạng, trở kháng của các phần tử bán dẫn SW2.1, SW2.2, SW1 và SW2 theo trạng thái tắt là bằng nhau.

Trong trường hợp này, điện thế của cực góp điện của phần tử bán dẫn SW2.1 là 2E và điện thế của cực ra W (nghĩa là điện thế của cực phát điện của phần tử bán dẫn SW2) là -2E, và điện áp được phân chia bởi trở kháng của các

phần tử bán dẫn SW2.1, SW2.2, SW1 và SW2, và vì vậy điện thế của điểm nối chung của các phần tử bán dẫn SW2.2 và SW1 trở thành 0. Vì thế, điện áp được đặt vào mạch mắc nối tiếp của các phần tử bán dẫn SW1 và SW2 là $2E$. Ở đây, điểm quy chiếu của điện thế là cực điện 0 được minh họa trên Fig.10. Tình trạng này là tình trạng trong đó điện áp được đặt vào các mạch nối tiếp của các phần tử bán dẫn SW2.1, SW2.2, SW1 và SW2 trở thành tối đa ($4E$).

Vì thế, trong mạch được minh họa trên Fig.10, giá trị tối đa của điện áp được đặt vào mạch mắc nối tiếp của các phần tử bán dẫn SW1 và SW2 theo trạng thái ổn định là $2E$. Điều này cũng tương tự đối với các phần tử bán dẫn SU1 và SU2, SV1 và SV2, SU3 và SU4, SV3 và SV4, và SW3 và SW4.

Mặt khác, theo mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a), phương pháp trong đó điện áp của cực điện W0 trở thành E và điện áp của cực ra OUT_W trở thành $-2E$ dựa vào các trạng thái bật/tắt của phần tử chuyển mạch. Trong trường hợp này, điện áp của $3E$ được đặt vào phần tử chuyển mạch SW5.

Theo mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(b), phương pháp trong đó điện áp của cực điện W0 trở thành E , và điện áp của cực ra OUT_W trở thành $-2E$ dựa vào các trạng thái bật/tắt của phần tử chuyển mạch. Trong trường hợp này, điện áp của $3E$ được đặt vào phần tử chuyển mạch SW5.

Từ phần mô tả ở trên, khi được so sánh với mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết trong các hình vẽ Fig.29(a) và Fig.29(b), phương án 6 có ưu điểm về việc giảm điện áp chịu tải đã yêu cầu của phần tử bán dẫn được nối trực tiếp với cực ra.

Ngoài ra, không giống như cấu hình mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b), trong trường hợp của phương án 6, không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ba pha gồm có pha U, pha V và pha W chạy qua. Vì vậy, cánh tản nhiệt có hiệu suất làm mát cao là không cần thiết.

Điều này cũng có ưu điểm xét về chi phí hoặc việc tối thiểu hóa kích cỡ của thiết bị.

Mặc dù mạch ra ba pha đã được giải thích theo phương án 6, cũng theo mạch trong đó số lượng các pha đầu ra được tăng đến bốn hoặc nhiều hơn, các điện áp pha của các pha tương ứng có thể được tạo ra theo cách riêng biệt mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2. Mạch cũng có ưu điểm theo điện áp chịu tải của phần tử bán dẫn và có ưu điểm theo đó không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ba pha chạy qua, khi được so sánh với các mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b).

Phương án 7

Tiếp theo, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 7 sẽ được giải thích dựa vào Fig.13. Cấu hình của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 7 là cấu hình trong đó $N=2$ và $M=3$ trong trường hợp của phương án 3, và mạch chọn điện áp được minh họa trên Fig.3(a) được sử dụng. Ở đây, các ký hiệu trích dẫn U, V và W chỉ báo các cực ra.

Mạch cơ sở bao gồm phần tử bán dẫn thứ tư S2.4 mà một đầu của nó được nối với đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC DCC2 theo cấp được đánh số chẵn của hai nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp DCC1 và DCC2, và thường có ba pha; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ ba từ SU2.1 đến SU2.3, từ SV2.1 đến SV2.3, và từ SW2.1 đến SW2.3 theo ba pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC DCC2 theo cấp được đánh số chẵn và đầu còn lại của phần tử bán dẫn thứ tư S2.4 theo cấp được đánh số chẵn; các phần tử bán dẫn thứ năm SU2.5, SV2.5 và SW2.5 mà một trong số các đầu của nó được nối lần lượt với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai SU2.1, SU2.2, SV2.1, SV2.2, SW2.1 và SW2.2 theo cấp được đánh số chẵn; phần tử bán dẫn thứ nhất S1.1 mà một đầu của nó được nối với đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC DCC1 theo cấp được đánh số lẻ và thường có ba pha; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ hai đến phần tử bán dẫn thứ tư từ SU1.2 đến SU1.4, từ SV1.2 đến SV1.4, và từ SW1.2 đến SW1.4 theo ba pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa đầu còn lại của phần tử bán dẫn thứ nhất S1.1 theo cấp được

đánh số lẻ và đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC DCC1 theo cấp được đánh số lẻ; và các phần tử bán dẫn thứ sáu SU1.6, SV1.6 và SW1.6 mà một trong số các đầu của nó được nối lần lượt với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư SU1.3, SU1.4, SV1.3, SV1.4, SW1.3 và SW1.4 theo cấp được đánh số lẻ.

Tụ điện thay đổi FC2 được lắp giữa tất cả các phần tử bán dẫn thứ năm SU2.5, SV2.5, SW2.5 và điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư SU2.3, SV2.3, SW2.3, SU2.4 theo cấp được đánh số chẵn. Tụ điện thay đổi FC1 được lắp giữa điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai S1.1, SU1.2, SV1.2 và SW1.2 và tất cả các phần tử bán dẫn thứ sáu SU1.6, SV1.6, SW1.6 theo cấp được đánh số lẻ.

Mạch chọn điện áp được cấu thành các phần tử bán dẫn từ SU1 đến SU4, từ SV1 đến SV4, và từ SW1 đến SW4.

Theo ví dụ sửa đổi về cấu hình được minh họa trên Fig.13, cấu hình cũng bao gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc nối tiếp với nhau để có khả năng chịu tải với điện áp cao. Ngoài ra, cũng bao gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc song song với nhau để có khả năng chịu tải với dòng điện lớn.

Ngoài ra, nếu điện áp chịu tải của phần tử bán dẫn là phù hợp thì các phần tử bán dẫn SU1 và SU2 được minh họa trên Fig.13 có hai phần tử bán dẫn được mắc nối tiếp với nhau có thể được thay thế bằng phần tử bán dẫn đơn. Hơn nữa, điều này cũng tương tự đối với các phần tử bán dẫn SV1 và SV2, SW1 và SW2, SU3 và SU4, SV3 và SV4, và SW3 và SW4.

Cũng theo phương án 7, có thể đưa ra sự kết hợp của các điện áp pha 2E, 0 và -2E không thể được đưa ra theo cấu hình mạch được minh họa trên Fig.27. Fig.14 minh họa trạng thái như vậy. Trên Fig.14, dấu khoanh tròn chỉ báo phần tử bán dẫn đã được mở.

Fig.14 minh họa quy trình hoạt động của từng phần tử bán dẫn trong trường hợp trong đó cực ra U tạo ra điện áp 2E, cực ra V tạo ra điện áp 0, và cực ra W tạo ra điện áp -2E. Trong trường hợp này, vì tụ điện thay đổi FC2 được nối

với các phần tử bán dẫn SU2.5, SV2.5 và SW2.5 và tụ điện thay đổi FC1 được nối với các phần tử bán dẫn SU1.6, SV1.6 và SW1.6, có thể đưa ra sự kết hợp của các điện áp pha 2E, 0 và -2E mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2, và cũng đơn giản hóa việc điều khiển nhằm tạo ra các điện áp 2E, 0 và -2E.

Cũng theo phương án 7, theo tình trạng trong đó trở kháng của các phần tử bán dẫn SW2.1, SW2.2, SW1 và SW2 theo trạng thái tắt là giống như nhau, giá trị tối đa của điện áp được đặt vào mạch mắc nối tiếp của các phần tử bán dẫn SW1 và SW2 theo trạng thái ổn định là 2E theo từng cách thức như trong phương án 6. Điều này cũng tương tự đối với các phần tử bán dẫn SU1 và SU2, SV1 và SV2, SW1 và SW2, SU3 và SU4, SV3 và SV4, và SW3 và SW4.

Mặc dù mạch ra ba pha đã được giải thích theo phương án 7, cũng theo mạch trong đó số lượng các pha đầu ra được tăng đến bốn hoặc nhiều hơn, các điện áp pha của các pha tương ứng có thể được tạo ra theo cách riêng biệt mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2. Mạch cũng có ưu điểm theo điện áp chịu tải của phần tử bán dẫn khi được so sánh với các mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b).

Phương án 8

Fig.15 là sơ đồ cấu hình mạch minh họa bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 8. Cấu hình của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 8 là cấu hình trong đó $N=2$ và $M=3$ và mạch chọn điện áp được minh họa trên Fig.3(a) được sử dụng trong phương án 2. Các ký hiệu trích dẫn U, V và W chỉ báo các cực ra.

Mạch cơ sở bao gồm phần tử bán dẫn thứ nhất S2.1 mà một đầu của nó được nối với đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC DCC2 theo cấp được đánh số chẵn của hai nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp DCC1 và DCC2, và thường có ba pha; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ hai đến phần tử bán dẫn thứ tư từ SU2.2a đến SU2.4, từ SV2.2a đến SV2.4, và từ SW2.2a đến SW2.4 theo ba pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa đầu còn lại của phần tử bán

dẫn thứ nhất S2.1 theo cấp được đánh số chẵn và đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC DCC2 theo cấp được đánh số chẵn; các phần tử bán dẫn thứ sáu SU2.6, SV2.6 và SW2.6 theo ba pha mà một trong số các đầu của nó được nối lần lượt với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư SU2.3, SU2.4, SV2.3, SV2.4, SW2.3 và SW2.4; phần tử bán dẫn thứ tư S1.4 mà một đầu của nó được nối với đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC DCC1 theo cấp được đánh số lẻ và thường có ba pha; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ ba từ SU1.1 đến SU1.3b, từ SV1.1 đến SV1.3b, và từ SW1.1 đến SW1.3b theo ba pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC DCC1 theo cấp được đánh số lẻ và đầu còn lại của phần tử bán dẫn thứ tư S1.4 theo cấp được đánh số lẻ; và các phần tử bán dẫn thứ năm SU1.5, SV1.5 và SW1.5 theo ba pha mà một trong số các đầu của nó được nối lần lượt với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai SU1.1, SU1.2, SV1.1, SV1.2, SW1.1 và SW1.2 theo cấp được đánh số lẻ.

Tụ điện thay đổi FC2 được lắp giữa các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai S2.1, SU2.2a, SV2.2a và SW2.2a theo cấp được đánh số chẵn và các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ sáu SU2.6, SV2.6, SW2.6 của tất cả các pha theo cấp được đánh số chẵn. Tụ điện thay đổi FC1 được lắp giữa các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ năm SU1.5, SV1.5, SW1.5 của tất cả các pha theo cấp được đánh số lẻ và các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư SU1.3b, SV1.3b, SW1.3b và S1.4 theo cấp được đánh số lẻ.

Mạch chọn điện áp được cấu thành các phần tử bán dẫn từ SU1 đến SU4, từ SV1 đến SV4, và từ SW1 đến SW4.

Cũng theo phương án 8, có thể đưa ra sự kết hợp của các điện áp pha 2E, 0 và -2E không thể được đưa ra theo cấu hình mạch được minh họa trên Fig.27.

Fig.16 minh họa trạng thái như vậy. Trên Fig.16, dấu khoanh tròn chỉ báo phần tử bán dẫn đã được mở. Fig.16 minh họa quy trình hoạt động của từng phần tử bán dẫn trong trường hợp trong đó cực ra U tạo ra điện áp 2E, cực ra V

tạo ra điện áp 0, và cực ra W tạo ra điện áp $-2E$. Trong trường hợp này, vì tụ điện thay đổi FC1 được nối với các phần tử bán dẫn thứ năm SU1.5, SV1.5 và SW1.5 và tụ điện thay đổi FC2 được nối với các phần tử bán dẫn thứ sáu SU2.6, SV2.6 và SW2.6, có thể đưa ra sự kết hợp của các điện áp pha $2E$, 0 và $-2E$ từ các cực ra U, V và W mà không làm đoản mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2, và cũng đơn giản hóa việc điều khiển nhằm tạo ra các điện áp $2E$, 0 và $-2E$.

Theo ví dụ sửa đổi trong phương án 8, cũng bao gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc nối tiếp với nhau để có khả năng chịu tải với điện áp cao. Ngoài ra, cũng bao gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc song song với nhau để có khả năng chịu tải với dòng điện lớn. Hơn nữa, nếu điện áp chịu tải của phần tử bán dẫn là phù hợp thì các phần tử bán dẫn SU1.3a và SU1.3b được minh họa trên Fig.15 có hai phần tử bán dẫn được mắc nối tiếp với nhau có thể được thay thế bằng phần tử bán dẫn đơn.

Hơn nữa, điều này cũng tương tự đối với các phần tử bán dẫn SV1.3a và SV1.3b, SW1.3a và SW1.3b, SU2.2a và SU2.2b, SV2.2a và SV2.2b, SW2.2a và SW2.2b, SU1 và SU2, SV1 và SV2, SW1 và SW2, SU3 và SU4, SV3 và SV4, và SW3 và SW4.

Cũng theo phương án 8, theo tình trạng trong đó trở kháng của các phần tử bán dẫn SW2.2a, SW2.2b, SW1 và SW2 theo trạng thái tắt là giống như nhau, giá trị tối đa của điện áp được đặt vào mạch mắc nối tiếp của các phần tử bán dẫn SW1 và SW2 theo trạng thái ổn định là $2E$ theo từng cách thức như trong phương án 6. Điều này cũng tương tự đối với các phần tử bán dẫn SU1 và SU2, SV1 và SV2, SU3 và SU4, SV3 và SV4, và SW3 và SW4.

Mặc dù mạch ra ba pha đã được giải thích theo phương án 8, cũng theo mạch trong đó số lượng các pha đầu ra được tăng đến bốn hoặc nhiều hơn, các điện áp pha của các pha tương ứng có thể được tạo ra theo cách riêng biệt mà không làm đoản mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2. Mạch cũng có ưu điểm theo điện áp chịu tải của phần tử bán dẫn

khi được so sánh với các mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b).

Phương án 9

Tiếp theo, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 9 sẽ được giải thích dựa vào Fig.17. Cấu hình của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 9 là cấu hình trong đó $N=2$ và $M=3$ trong trường hợp của phương án 4, và mạch chọn điện áp được minh họa trên Fig.3(a) được sử dụng. Các ký hiệu trích dẫn U, V và W chỉ báo các cực ra.

Mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ hai đến phần tử bán dẫn thứ tư từ SU2.2 đến SU2.4, từ SV2.2 đến SV2.4, và từ SW2.2 đến SW2.4 được mắc nối tiếp liên tục với đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC DCC2 theo cấp được đánh số chẵn của hai nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp DCC1 và DCC2; và các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ ba từ SU1.3 đến SU1.1, từ SV1.3 đến SV1.1, từ SW1.3 đến SW1.1 được mắc nối tiếp liên tục với đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC DCC1 theo cấp được đánh số lẻ của hai nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp DCC1 và DCC2.

Tụ điện thay đổi FC1 được mắc song song với các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba SU1.3, SU1.2, SV1.3, SV1.2, SW1.3 và SW1.2 theo cấp được đánh số lẻ. Tụ điện thay đổi FC2 được mắc song song với các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba SU2.2, SU2.3, SV2.2, SV2.3, SW2.2 và SW2.3 theo cấp được đánh số chẵn.

Ngoài ra, các phần tử bán dẫn thứ năm SU1.5, SV1.5 và SW1.5 được lắp giữa tụ điện thay đổi FC1 và các phần tử bán dẫn thứ hai SU1.2, SV1.2, SW1.2 theo cấp được đánh số lẻ. Các phần tử bán dẫn thứ sáu SU2.6, SV2.6 và SW2.6 được lắp giữa tụ điện thay đổi FC2 và các phần tử bán dẫn thứ ba SU2.3, SV2.3, SW2.3 theo cấp được đánh số chẵn.

Hơn nữa, các phần tử bán dẫn thứ nhất SU1.1, SV1.1 và SW1.1 được lắp giữa các phần tử bán dẫn thứ hai SU1.2, SV1.2, SW1.2 theo cấp được đánh số lẻ và cực điện 0. Các phần tử bán dẫn thứ tư SU2.4, SV2.4 và SW2.4 được lắp

giữa các phần tử bán dẫn thứ ba SU2.3, SV2.3, SW2.3 theo cấp được đánh số chẵn và cực điện 0.

Mạch chọn điện áp được cấu thành các phần tử bán dẫn SU1, SU3, SV1, SV3, SW1 và SW3.

Bằng cách điều khiển mỗi điện áp của các nguồn điện áp DC DCC1 và DCC2 với 2E và điều khiển mỗi điện áp của các tụ điện thay đổi FC1 và FC2 với E, có thể tạo ra năm mức điện áp 2E, E, 0, -E và -2E.

Theo ví dụ sửa đổi về cấu hình được minh họa trên Fig.17, cấu hình cũng bao gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc nối tiếp với nhau để có khả năng chịu tải với điện áp cao. Ngoài ra, cũng bao gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc song song với nhau để có khả năng chịu tải với dòng điện lớn.

Fig.18 minh họa quy trình hoạt động của từng phần tử bán dẫn trong trường hợp trong đó cực ra U tạo ra điện áp 2E, cực ra V tạo ra điện áp 0, và cực ra W tạo ra điện áp -2E. Trên Fig.18, dấu khoanh tròn chỉ báo phần tử bán dẫn đã được mở. Trong trường hợp này, vì tụ điện thay đổi FC1 được nối với các phần tử bán dẫn SU1.5, SV1.5 và SW1.5 và tụ điện thay đổi FC2 được nối với các phần tử bán dẫn SU2.6, SV2.6 và SW2.6, có thể đưa ra sự kết hợp của các điện áp pha 2E, 0 và -2E từ các cực ra U, V và W mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2, và cũng đơn giản hóa việc điều khiển nhằm tạo ra các điện áp 2E, 0 và -2E.

Cũng theo phương án 9, theo tình trạng trong đó trở kháng của các phần tử bán dẫn SW2.2 và SW1 theo trạng thái tắt là giống như nhau, giá trị tối đa của điện áp được đặt vào phần tử bán dẫn SW1 theo trạng thái ổn định là 2E theo từng cách thức như trong phương án 6. Điều này cũng tương tự đối với các phần tử bán dẫn SU1, SV1, SU3, SV3 và SW3.

Ngoài ra, không giống như cấu hình mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b), trong trường hợp của phương án 9, không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ba pha gồm có pha U, pha V và

pha W chạy qua. Vì vậy, cánh tản nhiệt có hiệu suất làm mát cao là không cần thiết.

Mặc dù mạch ra ba pha đã được giải thích theo phương án 9, cũng theo mạch trong đó số lượng các pha đầu ra được tăng đến bốn hoặc nhiều hơn, các điện áp pha của các pha tương ứng có thể được tạo ra theo cách riêng biệt mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2. Mạch cũng có ưu điểm theo điện áp chịu tải của phần tử bán dẫn và có ưu điểm theo đó không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ba pha chạy qua, khi được so sánh với các mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b).

Phương án 10

Tiếp theo, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 10 sẽ được giải thích dựa vào Fig.19. Cấu hình của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 10 là cấu hình trong đó $N=2$ và $M=3$ trong trường hợp của phương án 4. Các ký hiệu trích dẫn U, V và W chỉ báo các cực ra. Fig.3(b) được sử dụng như mạch chọn điện áp.

Mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba SU2.2, SU2.3, SV2.2, SV2.3, SW2.2 và SW2.3 được mắc nối tiếp liên tục với đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC DCC2 theo cấp được đánh số chẵn của hai nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp DCC1 và DCC2; và các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba SU1.3, SU1.2, SV1.3, SV1.2, SW1.3 và SW1.2 được mắc nối tiếp liên tục với đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC DCC1 theo cấp được đánh số lẻ của hai nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp DCC1 và DCC2.

Tụ điện thay đổi FC1 được mắc song song với các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba SU1.2, SU1.3, SV1.2, SV1.3, SW1.2 và SW1.3 theo cấp được đánh số lẻ. Tụ điện thay đổi FC2 được mắc song song với các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba SU2.2, SU2.3, SV2.2, SV2.3, SW2.2 và SW2.3 theo cấp được đánh số chẵn.

Mạch chọn điện áp được cấu thành các phần tử bán dẫn SU7, SU8, SU11, SU12, SV7, SV8, SV11, SV12, SW7, SW8, SW11 và SW12.

Bằng cách điều khiển mỗi điện áp của các nguồn điện áp DC DCC1 và DCC2 với 2E và điều khiển mỗi điện áp của các tụ điện thay đổi FC1 và FC2 với E, có thể tạo ra năm mức điện áp 2E, E, 0, -E và -2E.

Theo ví dụ sửa đổi về cấu hình được minh họa trên Fig.19, cấu hình cũng bao gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc nối tiếp với nhau để có khả năng chịu tải với điện áp cao. Ngoài ra, cũng được bao gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc song song với nhau để có khả năng chịu tải với dòng điện lớn.

Fig.20 minh họa quy trình hoạt động của từng phần tử bán dẫn trong trường hợp trong đó cực ra U tạo ra điện áp 2E, cực ra V tạo ra điện áp 0, và cực ra W tạo ra điện áp -2E. Trên Fig.20, dấu khoanh tròn chỉ báo phần tử bán dẫn đã được mở. Trong trường hợp này, vì phía điện cực âm của tụ điện thay đổi FC2 không được nối với phía điện cực âm của nguồn điện áp DC DCC2 và phía điện cực dương của tụ điện thay đổi FC1 không được nối với nguồn điện áp DC DCC1, có thể đưa ra sự kết hợp của các điện áp pha 2E, 0 và -2E từ các cực ra U, V và W mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2, và cũng đơn giản hóa việc điều khiển nhằm tạo ra các điện áp 2E, 0 và -2E.

Ngoài ra, không giống như cấu hình mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b), trong trường hợp của phương án 10, không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ba pha gồm có pha U, pha V và pha W chạy qua. Vì vậy, cánh tản nhiệt có hiệu suất làm mát cao là không cần thiết.

Mặc dù mạch ra ba pha đã được giải thích theo phương án 10, cũng theo mạch trong đó số lượng các pha đầu ra được tăng đến bốn hoặc nhiều hơn, các điện áp pha của các pha tương ứng có thể được tạo ra theo cách riêng biệt mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2. Mạch cũng có ưu điểm theo điện áp chịu tải của phần tử bán dẫn và có ưu điểm theo đó không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ba pha

chạy qua, khi được so sánh với các mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b).

Phương án 11

Tiếp theo, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 11 sẽ được giải thích dựa vào Fig.21. Cấu hình của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 11 là cấu hình trong đó $N=2$ và $M=3$ trong trường hợp của phương án 4. Fig.3(c) được sử dụng như mạch chọn điện áp.

Mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba SU2.2, SU2.3, SV2.2, SV2.3, SW2.2 và SW2.3 được mắc nối tiếp liên tục với đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC DCC2 theo cấp được đánh số chẵn của hai nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp DCC1 và DCC2; và các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba SU1.3, SU1.2, SV1.3, SV1.2, SW1.3 và SW1.2 được mắc nối tiếp liên tục với đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC DCC1 theo cấp được đánh số lẻ của hai nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp DCC1 và DCC2.

Tụ điện thay đổi FC1 được mắc song song với các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba SU1.2, SU1.3, SV1.2, SV1.3, SW1.2 và SW1.3 theo cấp được đánh số lẻ. Tụ điện thay đổi FC2 được mắc song song với các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba SU2.2, SU2.3, SV2.2, SV2.3, SW2.2 và SW2.3 theo cấp được đánh số chẵn.

Mạch chọn điện áp được cấu thành các điôt DU1, DU2, DV1, DV2, DW1 và DW2, và các phần tử bán dẫn từ SU12 đến SU15, từ SV12 đến SV15, và từ SW12 đến SW15.

Bằng cách điều khiển mỗi điện áp của các nguồn điện áp DC DCC1 và DCC2 với 2E và điều khiển mỗi điện áp của các tụ điện thay đổi FC1 và FC2 với E, có thể tạo ra năm mức điện áp 2E, E, 0, -E và -2E từ các cực ra U, V và W.

Theo ví dụ sửa đổi về cấu hình được minh họa trên Fig.21, cấu hình cũng bao gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc nối tiếp với nhau để có khả năng chịu tải với điện áp cao. Ngoài ra, cũng được bao

gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc song song với nhau để có khả năng chịu tải với dòng điện lớn.

Fig.22 minh họa quy trình hoạt động của từng phần tử bán dẫn trong trường hợp trong đó cực ra U tạo ra điện áp $2E$, cực ra V tạo ra điện áp 0, và cực ra W tạo ra điện áp $-2E$. Trên Fig.22, dấu khoanh tròn chỉ báo phần tử bán dẫn đã được mở. Trong trường hợp này, vì phía điện cực âm của tụ điện thay đổi FC2 không được nối với phía điện cực âm của nguồn điện áp DC DCC2 và phía điện cực dương của tụ điện thay đổi FC1 không được nối với phía cực dương của nguồn điện áp DC DCC1, có thể đưa ra sự kết hợp của các điện áp pha $2E$, 0 và $-2E$ lần lượt từ các cực ra U, V và W, mà không làm đoản mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2, và cũng đơn giản hóa việc điều khiển nhằm tạo ra các điện áp $2E$, 0 và $-2E$.

Ngoài ra, không giống như cấu hình mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b), trong trường hợp của phương án 11, không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ba pha gồm có pha U, pha V và pha W chạy qua. Vì vậy, cánh tản nhiệt có hiệu suất làm mát cao là không cần thiết.

Mặc dù mạch ra ba pha đã được giải thích theo phương án 11, cũng theo mạch trong đó số lượng các pha đầu ra được tăng đến bốn hoặc nhiều hơn, các điện áp pha của các pha tương ứng có thể được tạo ra theo cách riêng biệt mà không làm đoản mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2. Mạch cũng có ưu điểm theo điện áp chịu tải của phần tử bán dẫn và có ưu điểm theo đó không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ba pha chạy qua, khi được so sánh với các mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b).

Phương án 12

Tiếp theo, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 12 sẽ được giải thích dựa vào Fig.23. Cấu hình của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 12 là cấu hình trong đó $N=2$ và $M=3$ trong trường hợp của phương án 5. Fig.3(c) được sử dụng như mạch chọn điện áp.

Mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ ba từ SU2.1 đến SU2.3, từ SV2.1 đến SV2.3, và từ SW2.1 đến SW2.3 được mắc nối tiếp liên tục giữa các đầu điện cực âm và dương của nguồn điện áp DC DCC2 theo cấp được đánh số chẵn của hai nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp DCC1 và DCC2; các phần tử bán dẫn thứ năm SU2.5, SV2.5 và SW2.5 mà một trong số các đầu của nó được nối với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai SU2.1, SU2.2, SV2.1, SV2.2, SW2.1 và SW2.2 theo cấp được đánh số chẵn; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ hai đến phần tử bán dẫn thứ tư từ SU1.2 đến SU1.4, từ SV1.2 đến SV1.4, và từ SW1.2 đến SW1.4 được mắc nối tiếp liên tục giữa các đầu điện cực âm và dương của nguồn điện áp DC DCC1 theo cấp được đánh số lẻ của hai nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp DCC1 và DCC2; và các phần tử bán dẫn thứ sáu SU1.6, SV1.6 và SW1.6 mà một trong số các đầu của nó được nối với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư SU1.3, SU1.4, SV1.3, SV1.4, SW1.3 và SW1.4 theo cấp được đánh số lẻ.

Tụ điện thay đổi FC2 được lắp giữa các đầu còn lại của tất cả các phần tử bán dẫn thứ năm SU2.5, SV2.5, SW2.5 theo cấp được đánh số chẵn và điểm nối chung của đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC DCC2 theo cấp được đánh số chẵn và các phần tử bán dẫn thứ ba SU2.3, SV2.3, SW2.3. Tụ điện thay đổi FC1 được lắp giữa các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ sáu SU1.6, SV1.6, SW1.6 theo cấp được đánh số lẻ và điểm nối chung của đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC DCC1 theo cấp được đánh số lẻ và các phần tử bán dẫn thứ hai SU1.2, SV1.2, SW1.2.

Mạch chọn điện áp được cấu thành các phần tử bán dẫn SU14, SU15, SV14, SV15, SW14 và SW15.

Bằng cách điều khiển mỗi điện áp của các nguồn điện áp DC DCC1 và DCC2 với 2E và điều khiển mỗi điện áp của các tụ điện thay đổi FC1 và FC2 với E, có thể tạo ra năm mức điện áp 2E, E, 0, -E và -2E từ các cực ra U, V và W.

Theo ví dụ sửa đổi về cấu hình được minh họa trên Fig.23, cấu hình cũng bao gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc nối tiếp với nhau để có khả năng chịu tải với điện áp cao. Ngoài ra, cũng bao gồm mạch trong đó hai thành phần bán dẫn hoặc nhiều hơn được mắc song song với nhau để có khả năng chịu tải với dòng điện lớn.

Fig.24 minh họa quy trình hoạt động của từng phần tử bán dẫn trong trường hợp trong đó cực ra U tạo ra điện áp $2E$, cực ra V tạo ra điện áp 0, và cực ra W tạo ra điện áp $-2E$. Trên Fig.24, dấu khoanh tròn chỉ báo phần tử bán dẫn đã được mở.

Trong trường hợp này, vì tụ điện thay đổi FC1 được nối với các phần tử bán dẫn thứ sáu SU1.6, SV1.6, và SW1.6 và tụ điện thay đổi FC2 được nối với các phần tử bán dẫn thứ năm SU2.5, SV2.5 và SW2.5, có thể đưa ra sự kết hợp của các điện áp pha $2E$, 0 và $-2E$ lần lượt từ các cực ra U, V và W, mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2, và cũng đơn giản hóa việc điều khiển nhằm tạo ra các điện áp $2E$, 0 và $-2E$.

Ngoài ra, không giống như cấu hình mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b), trong trường hợp của phương án 12, không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ba pha gồm có pha U, pha V và pha W chạy qua. Vì vậy, cánh tản nhiệt có hiệu suất làm mát cao là không cần thiết.

Mặc dù mạch ra ba pha đã được giải thích theo phương án 12, cũng theo mạch trong đó số lượng các pha đầu ra được tăng đến bốn hoặc nhiều hơn, các điện áp pha của các pha tương ứng có thể được tạo ra theo cách riêng biệt mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi FC1 và FC2. Mạch cũng có ưu điểm theo điện áp chịu tải của phần tử bán dẫn và có ưu điểm theo đó không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ba pha chạy qua, khi được so sánh với các mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b).

Phương án 13

Tiếp theo, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 13 sẽ được giải thích dựa vào Fig.25. Cấu hình của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 13 là cấu hình trong đó $N=4$ và $M=3$ trong trường hợp của phương án 4. Các hình vẽ Fig.3(a) và Fig.3(d) được sử dụng như mạch chọn điện áp.

Mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba SU2.2, SU2.3, SV2.2, SV2.3, SW2.2, SW2.3, SU4.2, SU4.3, SV4.2, SV4.3, SW4.2 và SW4.3 được mắc nối tiếp liên tục với các đầu điện cực dương của các nguồn điện áp DC DCC2 và DCC4 theo các cấp được đánh số chẵn giữa bốn nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp từ DCC1 đến DCC4; và các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba SU1.3, SU1.2, SV1.3, SV1.2, SW1.3, SW1.2, SU3.3, SU3.2, SV3.3, SV3.2, SW3.3 và SW3.2 được mắc nối tiếp liên tục với các đầu điện cực âm của các nguồn điện áp DC DCC1 và DCC3 theo các cấp được đánh số lẻ giữa bốn nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp từ DCC1 đến DCC4.

Các tụ điện thay đổi từ FC1 đến FC4 được mắc song song với các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba SU2.2, SU2.3, SV2.2, SV2.3, SW2.2, SW2.3, SU4.2, SU4.3, SV4.2, SV4.3, SW4.2, SW4.3, SU1.3, SU1.2, SV1.3, SV1.2, SW1.3, SW1.2, SU3.3, SU3.2, SV3.3, SV3.2, SW3.3 và SW3.2 theo các cấp được đánh số lẻ và các cấp được đánh số chẵn.

Các mạch chọn điện áp được cấu hình bởi các phần tử bán dẫn từ SU19 đến SU28, từ SV19 đến SV28, và từ SW19 đến SW28.

Bằng cách điều khiển mỗi điện áp của các nguồn điện áp DC DCC1, DCC2, DCC3, và DCC4 với 2E và điều khiển mỗi điện áp của các tụ điện thay đổi FC1, FC2, FC3, và FC4 với E, có thể tạo ra chín mức điện áp 4E, 3E, 2E, E, 0, -E, -2E, -3E và -4E.

Bảng 2 thể hiện các điện áp ở giữa cực điện U và cực điện 0 theo các trạng thái bật/tắt của từng phần tử bán dẫn của pha U.

Bảng 2

SU4.2	SU19	SU20	SU27	SU28	SU25	SU26	SU4.3	SU21	SU22	SU23	SU24	SU17	SU3.2	SU3.3	SU2.2	SU2.3	SU18	SU1.2	SU1.3	U
Bật	Bật	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	4E
Tắt	Bật	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	3E
Tắt	Tắt	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	2E
Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	E
Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	0
Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	-E
Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Tắt	Tắt	-2E
Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Tắt	-3E
Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	Bật	Bật	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Tắt	Bật	-4E

Theo phương án 13, theo từng cách thức như trong các phương án từ phương án 6 đến phương án 12, có thể tạo ra các điện áp bất kỳ (4E, 3E, 2E, E, 0, -E, -2E, -3E và -4E) lần lượt từ các cực ra U, V và W mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi từ FC1 đến FC4, và cũng đơn giản hóa việc điều khiển nhằm tạo ra các điện áp 4E, 3E, 2E, E, 0, -E, -2E, -3E và -4E.

Ngoài ra, không giống như cấu hình mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b), trong trường hợp của phương án 13, không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ba pha gồm có pha U, pha V và pha W chạy qua. Vì vậy, cánh tản nhiệt có hiệu suất làm mát cao là không cần thiết.

Mặc dù mạch ra ba pha đã được giải thích theo phương án 13, cũng theo mạch trong đó số lượng các pha đầu ra được tăng đến bốn hoặc nhiều hơn, các điện áp pha của các pha tương ứng có thể được tạo ra theo cách riêng biệt mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi từ FC1 đến FC4. Mạch cũng có ưu điểm theo điện áp chịu tải của phần tử bán dẫn và có ưu điểm theo đó không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ba pha chạy qua, khi được so sánh với các mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b).

Phương án 14

Tiếp theo, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 14 sẽ được giải thích dựa vào Fig.26. Cấu hình của bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo phương án 14 là cấu hình trong đó N=4 và M=3 trong trường hợp của phương án 3. Mạch chọn điện áp trên Fig.3(a) được sử dụng.

Mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn thứ tư SU2.4 và SU4.4 mà một trong số các đầu của nó được nối với các đầu điện cực âm của các nguồn điện áp DC DCC2 và DCC4 theo các cấp được đánh số chẵn giữa bốn nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp từ DCC1 đến DCC4 và mà thường có ba pha; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ ba từ SU2.1 đến SU2.3, từ SV2.1 đến SV2.3, từ SW2.1 đến SW2.3, từ SU4.1 đến SU4.3, từ SV4.1 đến SV4.3, và từ SW4.1 đến SW4.3 theo ba pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa các đầu điện cực dương của các nguồn điện áp DC DCC2 và DCC4 theo các cấp được đánh số chẵn và các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ tư SU2.4 và SU4.4; các phần tử bán dẫn thứ năm SU2.5, SV2.5, SW2.5, SU4.5, SV4.5 và SW4.5 mà một trong số các đầu của nó được nối với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai SU2.1, SU2.2, SV2.1, SV2.2, SW2.1, SW2.2, SU4.1, SU4.2, SV4.1, SV4.2, SW4.1, và SW4.2 theo các cấp được đánh số chẵn; các phần tử bán dẫn thứ nhất SU1.1, và SU3.1 mà một trong số các đầu của nó được nối với các đầu điện cực dương của các nguồn điện áp DC DCC1 và DCC3 theo các cấp được đánh số lẻ và mà thường có ba pha; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ hai đến phần tử bán dẫn thứ tư từ SU1.2 đến SU1.4, từ SV1.2 đến SV1.4, từ SW1.2 đến SW1.4, từ SU3.2 đến SU3.4, từ SV3.2 đến SV3.4, và từ SW3.2 đến SW3.4 theo ba pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ nhất SU1.1, SU3.1 theo các cấp được đánh số lẻ và các đầu điện cực âm của các nguồn điện áp DC DCC1 và DCC3 theo các cấp được đánh số lẻ; và các phần tử bán dẫn thứ sáu SU1.6, SV1.6, SW1.6, SU3.6, SV3.6 và SW3.6 theo ba pha mà một trong số các đầu của nó được nối với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư SU1.3, SU1.4, SV1.3, SV1.4, SW1.3, SU3.3, SU3.4, SV3.3, SV3.4, SW3.3 và SW3.4 theo các cấp được đánh số lẻ.

Các tụ điện thay đổi FC2 và FC4 được lắp giữa tất cả các phần tử bán dẫn thứ năm SU2.5, SV2.5, SW2.5, SU4.5, SV4.5, SW4.5 theo các cấp được đánh số chẵn và các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư SU2.3, SV2.3, SW2.3, SU2.4, SU4.3, SV4.3, SW4.3, SU4.4. Các tụ điện thay đổi FC1

và FC3 được lắp giữa các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai SU1.1, SU1.2, SV1.2, SW1.2, SU3.1, SU3.2, SV3.2, SW3.2 theo các cấp được đánh số lẻ và tất cả các phần tử bán dẫn thứ sáu SU1.6, SV1.6, SW1.6, SU3.6, SV3.6, SW3.6.

Mạch chọn điện áp được cấu thành các phần tử bán dẫn từ SU1 đến SU12, từ SV1 đến SV12, và từ SW1 đến SW12.

Bằng cách điều khiển mỗi điện áp của các nguồn điện áp DC DCC1, DCC2, DCC3 và DCC4 với 2E và điều khiển mỗi điện áp của các tụ điện thay đổi FC1, FC2, FC3 và FC4 với E, có thể tạo ra chín mức điện áp 4E, 3E, 2E, E, 0, -E, -2E, -3E và -4E.

Theo phương án 14, theo từng cách thức như trong phương án 13, có thể tạo ra các điện áp bất kỳ (4E, 3E, 2E, E, 0, -E, -2E, -3E và -4E) lần lượt từ các cực ra U, V và W mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi từ FC1 đến FC4, và cũng đơn giản hóa việc điều khiển nhằm tạo ra các điện áp 4E, 3E, 2E, E, 0, -E, -2E, -3E và -4E.

Mạch được minh họa trên Fig.26 có cấu hình trong đó mạch được minh họa trên Fig.13 theo phương án 7 được gấp đôi.

Các phần tử bán dẫn SU1 và SU2, SU3 và SU4, SU5 và SU6, SU7 và SU8, SV1 và SV2, SV3 và SV4, SV5 và SV6, SV7 và SV8, SW1 và SW2, SW3 và SW4, SW5 và SW6, và SW7 và SW8 được minh họa trên Fig.26 lần lượt tương ứng với các phần tử bán dẫn SU1 và SU2, SU3 và SU4, SV1 và SV2, SV3 và SV4, SW1 và SW2, và SW3 và SW4 được minh họa trên Fig.13.

Vì thế, theo từng cách thức như trong phương án 7, giá trị tối đa của điện áp được đặt vào mạch mắc nối tiếp của các phần tử bán dẫn chẳng hạn như các phần tử bán dẫn SU1 và SU2 theo trạng thái ổn định là 2E.

Mặc dù mạch ra ba pha đã được giải thích theo phương án 14, cũng theo mạch trong đó số lượng các pha đầu ra được tăng đến bốn hoặc nhiều hơn, các điện áp pha của các pha tương ứng có thể được tạo ra theo cách riêng biệt mà không làm đoạn mạch trong mỗi tụ điện thay đổi trong số các tụ điện thay đổi từ FC1 đến FC4. Mạch cũng có ưu điểm theo điện áp chịu tải của phần tử bán dẫn

và có ưu điểm theo đó không có phần tử bán dẫn qua đó các dòng điện ba pha chạy qua, khi được so sánh với các mạch theo lĩnh vực kỹ thuật đã biết được minh họa trên Fig.29(a) và Fig.29(b).

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức đưa ra các đầu ra điện xoay chiều (AC) với nhiều mức điện áp thu được nhờ sự biến đổi các điện áp của nguồn điện áp một chiều (DC) và tụ điện thay đổi, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức gồm có:

N nguồn điện áp DC ($N \geq 2$) được mắc nối tiếp với nhau;

các mạch cơ sở có M pha ($M \geq 3$), mỗi mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ tư được mắc nối tiếp liên tục giữa các điện cực dương và âm của mỗi nguồn điện áp DC trong số N nguồn điện áp DC; phần tử bán dẫn thứ năm mà một đầu của nó được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai; và phần tử bán dẫn thứ sáu mà một đầu của nó được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư;

tụ điện thay đổi được lắp giữa các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ năm của tất cả các pha và các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ sáu của tất cả các pha, tụ điện thay đổi thường có M pha; và

các mạch chọn điện áp có M pha, mỗi mạch chọn điện áp có các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba của mỗi mạch cơ sở như các cực vào, bao gồm các phần tử bán dẫn giữa các cực vào và cực ra, và đưa ra điện thế của cực vào bất kỳ trong số các cực vào từ cực ra bằng cách điều khiển bật/tắt có lựa chọn các phần tử bán dẫn.

2. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức đưa ra các đầu ra AC với nhiều mức điện áp thu được nhờ sự biến đổi các điện áp của nguồn điện áp DC và tụ điện thay đổi, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức gồm có:

N nguồn điện áp DC ($N = 2$ hoặc số chẵn lớn hơn) được mắc nối tiếp với nhau;

các mạch cơ sở bao gồm phần tử bán dẫn thứ nhất mà một đầu của nó được nối với đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp, phần tử bán dẫn thứ nhất

thường có M pha ($M \geq 3$); các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ hai đến phần tử bán dẫn thứ tư của M pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa đầu còn lại của phần tử bán dẫn thứ nhất theo cấp được đánh số chẵn và đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn; các phần tử bán dẫn thứ sáu của M pha mà một trong số các đầu của nó được nối với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư theo cấp được đánh số chẵn; phần tử bán dẫn thứ tư mà một đầu của nó được nối với đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ, phần tử bán dẫn thứ tư thường có M pha; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ ba của M pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ và đầu còn lại của phần tử bán dẫn thứ tư theo cấp được đánh số lẻ; và các phần tử bán dẫn thứ năm của M pha mà một trong số các đầu của nó được nối với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai theo cấp được đánh số lẻ;

tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số chẵn được lắp giữa điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai theo cấp được đánh số chẵn và các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ sáu của tất cả các pha theo cấp được đánh số chẵn, tụ điện thay đổi thường có M pha;

tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số lẻ được lắp giữa các đầu còn lại của các phần tử bán dẫn thứ năm của tất cả các pha theo cấp được đánh số lẻ và điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư theo cấp được đánh số lẻ, tụ điện thay đổi thường có M pha; và

các mạch chọn điện áp có M pha, mỗi mạch chọn điện áp có các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba của mỗi mạch cơ sở như các cực vào, bao gồm các phần tử bán dẫn giữa các cực vào và cực ra, và đưa ra điện thế của cực vào bất kỳ trong số các cực vào từ cực ra bằng cách điều khiển bật/tắt có lựa chọn các phần tử bán dẫn.

3. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức đưa ra các đầu ra AC với nhiều mức điện áp thu được nhờ sự biến đổi các điện áp của nguồn điện áp DC và tụ điện thay đổi, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức gồm có:

N nguồn điện áp DC ($N = 2$ hoặc số chẵn lớn hơn) được mắc nối tiếp với nhau;

các mạch cơ sở bao gồm phần tử bán dẫn thứ tư mà một đầu của nó được nối với đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp, phần tử bán dẫn thứ tư thường có M pha (trong đó $M \geq 3$); các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ ba của M pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn và đầu còn lại của phần tử bán dẫn thứ tư theo cấp được đánh số chẵn; các phần tử bán dẫn thứ năm của M pha mà một trong số các đầu của nó được nối với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai theo cấp được đánh số chẵn; phần tử bán dẫn thứ nhất mà một đầu của nó được nối với đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ, phần tử bán dẫn thứ nhất thường có M pha; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ hai đến phần tử bán dẫn thứ tư của M pha được mắc nối tiếp liên tục ở giữa đầu còn lại của phần tử bán dẫn thứ nhất theo cấp được đánh số lẻ và đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ; và các phần tử bán dẫn thứ sáu của M pha mà một trong số các đầu của nó được nối với các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư theo cấp được đánh số lẻ;

tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số chẵn được lắp giữa tất cả các phần tử bán dẫn thứ năm và điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư theo cấp được đánh số chẵn, tụ điện thay đổi thường có M pha;

tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số lẻ được lắp giữa điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai và tất cả các phần tử bán dẫn thứ sáu theo cấp được đánh số lẻ, tụ điện thay đổi thường có M pha; và

các mạch chọn điện áp có M pha, mỗi mạch chọn điện áp có các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba của mỗi mạch cơ sở như các

cực vào, bao gồm các phần tử bán dẫn giữa các cực vào và cực ra, và đưa ra điện thế của cực vào bất kỳ trong số các cực vào từ cực ra bằng cách điều khiển bật/tắt có lựa chọn các phần tử bán dẫn.

4. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức đưa ra các đầu ra AC với nhiều mức điện áp thu được nhờ sự biến đổi các điện áp của nguồn điện áp DC và tụ điện thay đổi, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức gồm có:

N nguồn điện áp DC ($N = 2$ hoặc số chẵn lớn hơn) được mắc nối tiếp với nhau;

các mạch cơ sở có M pha ($M \geq 3$), mỗi mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba được mắc nối tiếp liên tục với đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp; và các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba được mắc nối tiếp liên tục với đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp;

tụ điện thay đổi được mắc song song với các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba theo từng cấp được đánh số chẵn và cấp được đánh số lẻ, tụ điện thay đổi thường có M pha; và

các mạch chọn điện áp có M pha, mỗi mạch chọn điện áp có các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba của mỗi mạch cơ sở và điểm nối chung của đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn và đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ như các cực vào, bao gồm các phần tử bán dẫn giữa các cực vào và cực ra, và đưa ra điện thế của cực vào bất kỳ trong số các cực vào từ cực ra bằng cách điều khiển bật/tắt có lựa chọn các phần tử bán dẫn.

5. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức đưa ra các đầu ra AC với nhiều mức điện áp thu được nhờ sự biến đổi các điện áp của nguồn điện áp DC và tụ điện thay đổi, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức gồm có:

N nguồn điện áp DC ($N = 2$ hoặc số chẵn lớn hơn) được mắc nối tiếp với nhau;

các mạch cơ sở có M pha ($M \geq 3$), mỗi mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ hai đến phần tử bán dẫn thứ tư được mắc nối tiếp liên tục giữa các đầu điện cực âm và dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp; phần tử bán dẫn thứ sáu mà một đầu của nó được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư theo cấp được đánh số chẵn; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ ba được mắc nối tiếp liên tục giữa các đầu điện cực âm và dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp; và phần tử bán dẫn thứ năm mà một đầu của nó được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai theo cấp được đánh số lẻ;

tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số chẵn được lắp giữa các đầu còn lại của tất cả các phần tử bán dẫn thứ sáu theo cấp được đánh số chẵn và điểm nối chung của đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC và phần tử bán dẫn thứ hai theo cấp được đánh số chẵn, tụ điện thay đổi thường có M pha;

tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số lẻ được lắp giữa các đầu còn lại của tất cả các phần tử bán dẫn thứ năm theo cấp được đánh số lẻ và điểm nối chung của đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC và phần tử bán dẫn thứ ba theo cấp được đánh số lẻ, tụ điện thay đổi thường có M pha; và

các mạch chọn điện áp có M pha, mỗi mạch chọn điện áp có các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba của mỗi mạch cơ sở như các cực vào, bao gồm các phần tử bán dẫn giữa các cực vào và cực ra, và đưa ra điện thế của cực vào bất kỳ trong số các cực vào từ cực ra bằng cách điều khiển bật/tắt có lựa chọn các phần tử bán dẫn.

6. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức đưa ra các đầu ra AC với nhiều mức điện áp thu được nhờ sự biến đổi các điện áp của nguồn điện áp DC và tụ điện thay đổi, bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức gồm có:

N nguồn điện áp DC ($N = 2$ hoặc số chẵn lớn hơn) được mắc nối tiếp với nhau;

các mạch cơ sở có M pha ($M \geq 3$), mỗi mạch cơ sở bao gồm các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ nhất đến phần tử bán dẫn thứ ba được mắc nối tiếp liên tục giữa các đầu điện cực âm và dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số chẵn của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp; phần tử bán dẫn thứ năm mà một đầu của nó được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ nhất và thứ hai theo cấp được đánh số chẵn; các phần tử bán dẫn từ phần tử bán dẫn thứ hai đến phần tử bán dẫn thứ tư được mắc nối tiếp liên tục giữa các đầu điện cực âm và dương của nguồn điện áp DC theo cấp được đánh số lẻ của N nguồn điện áp DC được mắc nối tiếp; và phần tử bán dẫn thứ sáu mà một đầu của nó được nối với điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ ba và thứ tư theo cấp được đánh số lẻ;

tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số chẵn được lắp giữa các đầu còn lại của tất cả các phần tử bán dẫn thứ năm theo cấp được đánh số chẵn và điểm nối chung của đầu điện cực âm của nguồn điện áp DC và phần tử bán dẫn thứ ba theo cấp được đánh số chẵn, tụ điện thay đổi thường có M pha;

tụ điện thay đổi theo cấp được đánh số lẻ được lắp giữa các đầu còn lại của tất cả các phần tử bán dẫn thứ sáu theo cấp được đánh số lẻ và điểm nối chung của đầu điện cực dương của nguồn điện áp DC và phần tử bán dẫn thứ hai theo cấp được đánh số lẻ, tụ điện thay đổi thường có M pha; và

các mạch chọn điện áp có M pha, mỗi mạch chọn điện áp có các điểm nối chung của các phần tử bán dẫn thứ hai và thứ ba của mỗi mạch cơ sở như các cực vào, bao gồm các phần tử bán dẫn giữa các cực vào và cực ra, và đưa ra điện thế của cực vào bất kỳ trong số các cực vào từ cực ra bằng cách điều khiển bật/tắt có lựa chọn các phần tử bán dẫn.

7. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo điểm 1, trong đó:

số lượng phần tử bán dẫn mắc nối tiếp của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp là bằng hoặc lớn hơn 2.

8. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo điểm 1, trong đó:

số lượng phần tử bán dẫn mắc song song của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp là bằng hoặc lớn hơn 2.

9. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo điểm 2, trong đó:

số lượng phần tử bán dẫn mắc nối tiếp của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp là bằng hoặc lớn hơn 2.

10. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo điểm 2, trong đó:

số lượng phần tử bán dẫn mắc song song của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp là bằng hoặc lớn hơn 2.

11. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo điểm 3, trong đó:

số lượng phần tử bán dẫn mắc nối tiếp của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp là bằng hoặc lớn hơn 2.

12. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo điểm 3, trong đó:

số lượng phần tử bán dẫn mắc song song của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp là bằng hoặc lớn hơn 2.

13. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo điểm 4, trong đó:

số lượng phần tử bán dẫn mắc nối tiếp của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp là bằng hoặc lớn hơn 2.

14. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo điểm 4, trong đó:

số lượng phần tử bán dẫn mắc song song của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp là bằng hoặc lớn hơn 2.

15. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo điểm 5, trong đó:

số lượng phần tử bán dẫn mắc nối tiếp của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp là bằng hoặc lớn hơn 2.

16. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo điểm 5, trong đó:

số lượng phần tử bán dẫn mắc song song của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp là bằng hoặc lớn hơn 2.

17. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo điểm 6, trong đó:

số lượng phần tử bán dẫn mắc nối tiếp của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp là bằng hoặc lớn hơn 2.

18. Bộ chuyển đổi năng lượng nhiều mức theo điểm 6, trong đó:

số lượng phần tử bán dẫn mắc song song của tất cả hoặc một vài phần tử bán dẫn trong các mạch cơ sở và các mạch chọn điện áp là bằng hoặc lớn hơn 2.

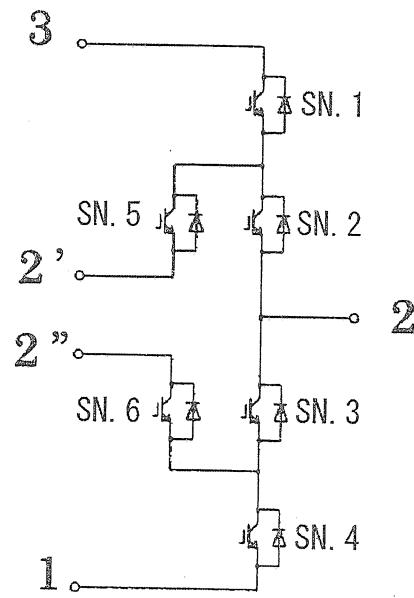
FIG. 1

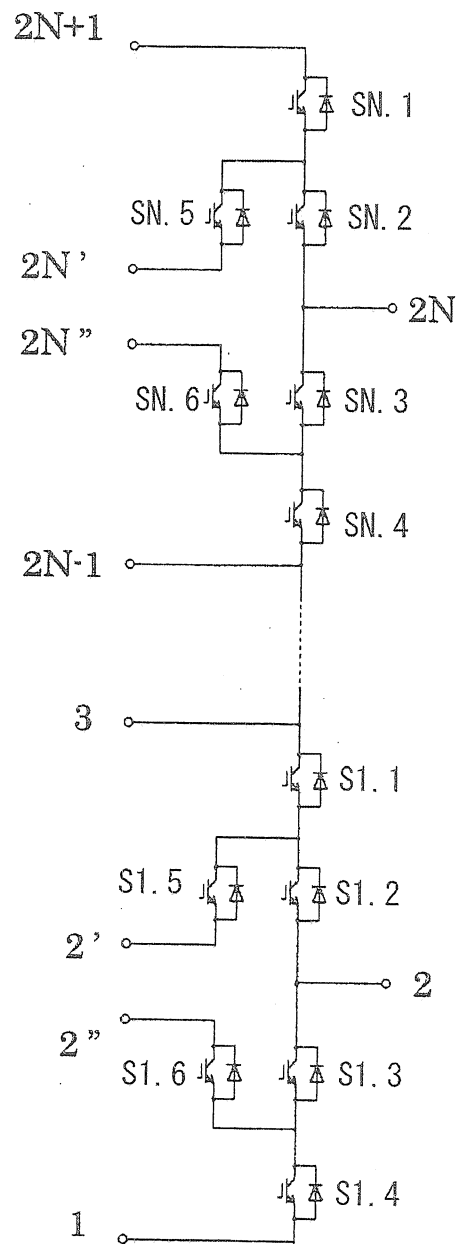
FIG. 2

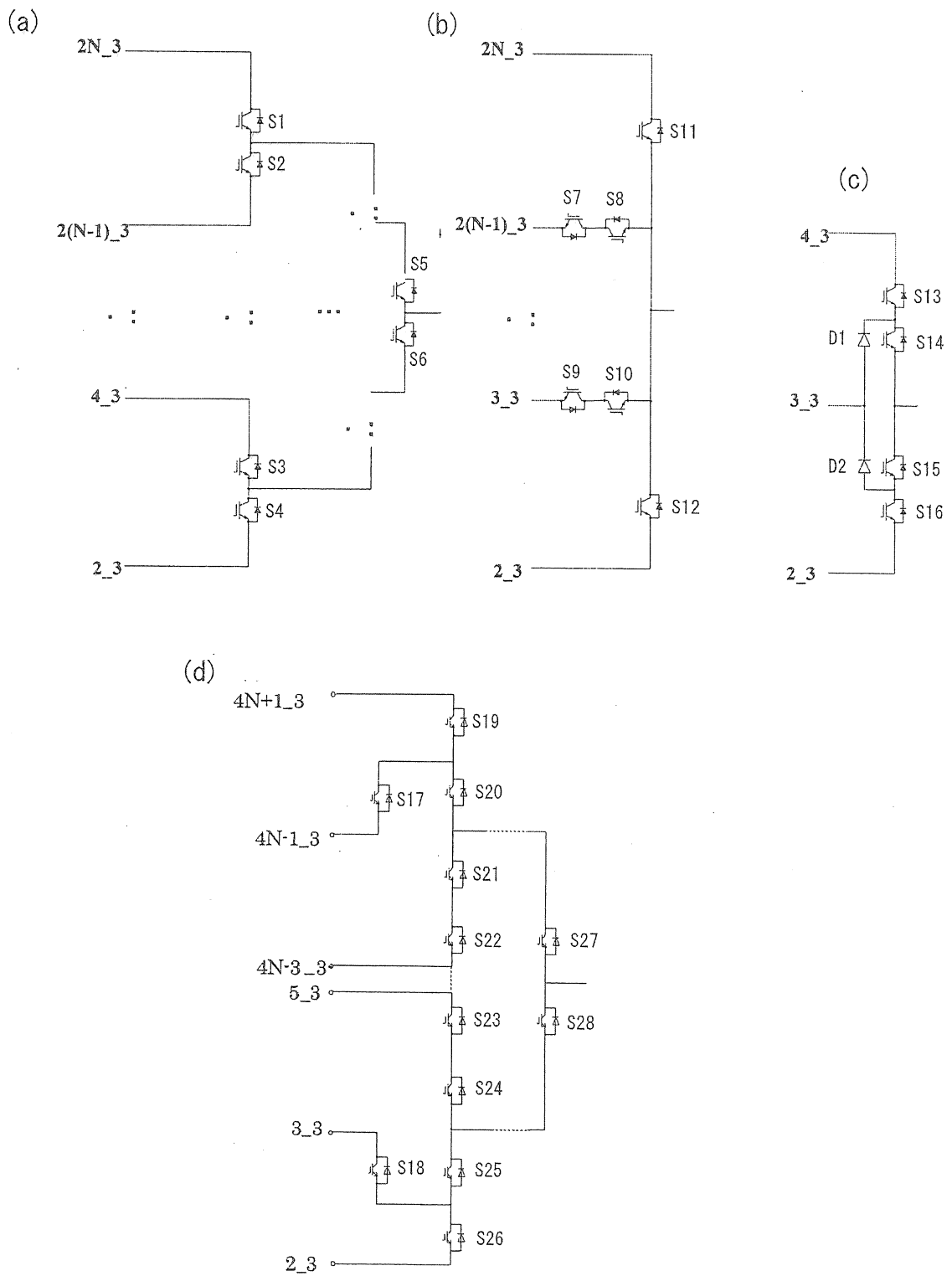
FIG. 3

FIG. 4

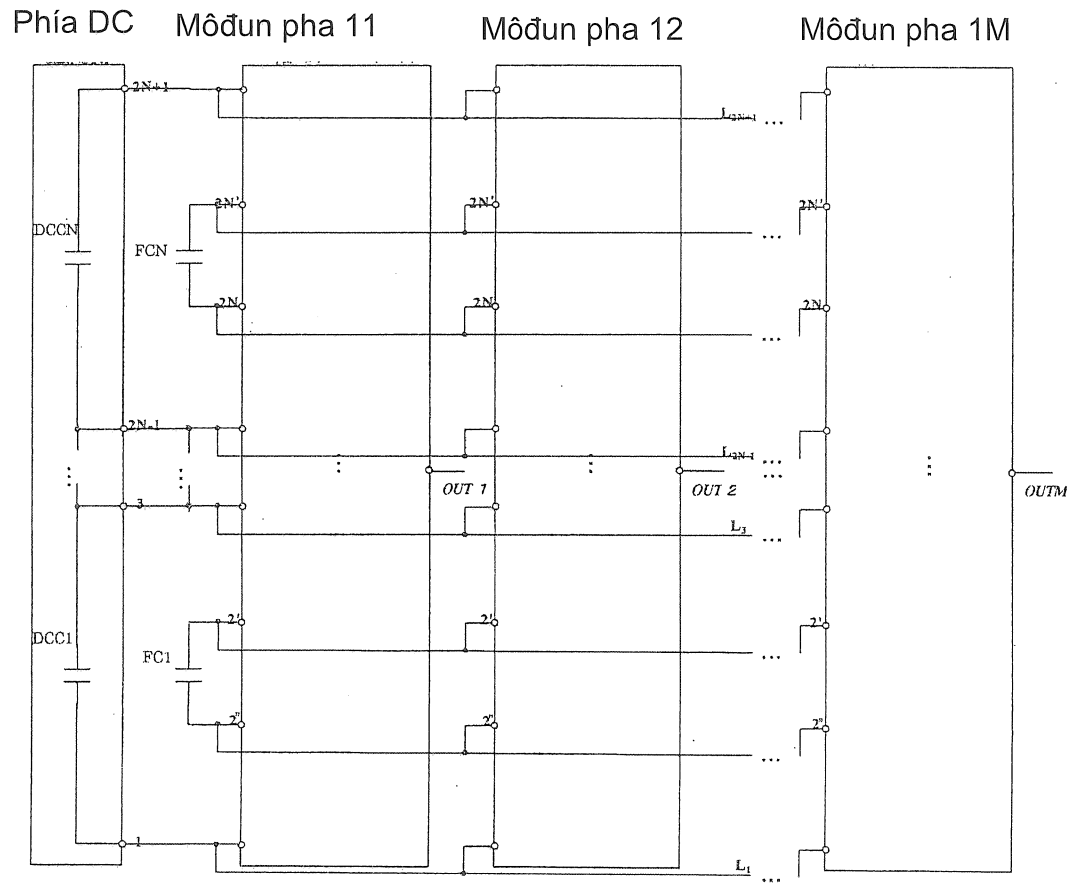


FIG. 5

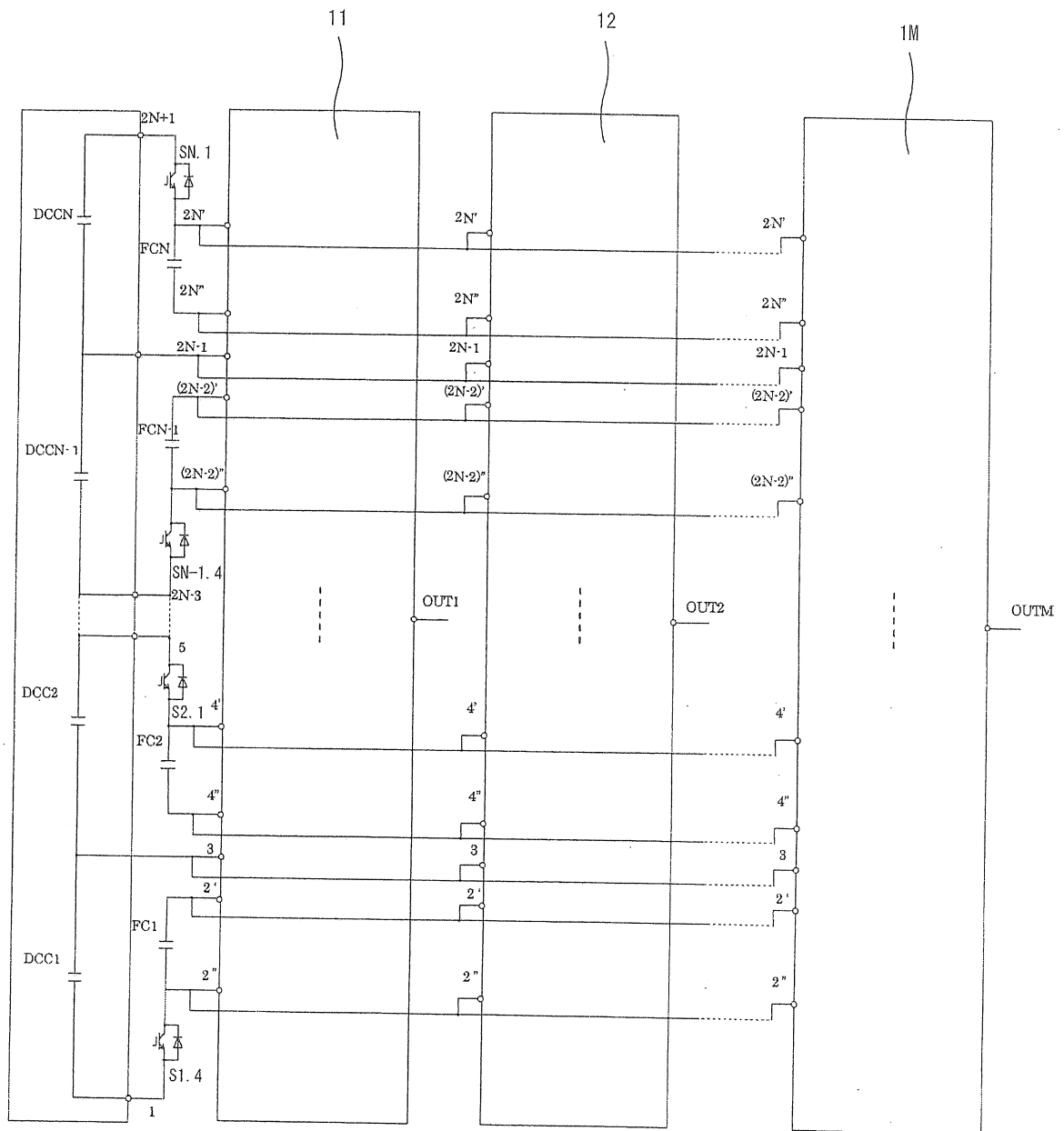


FIG. 6

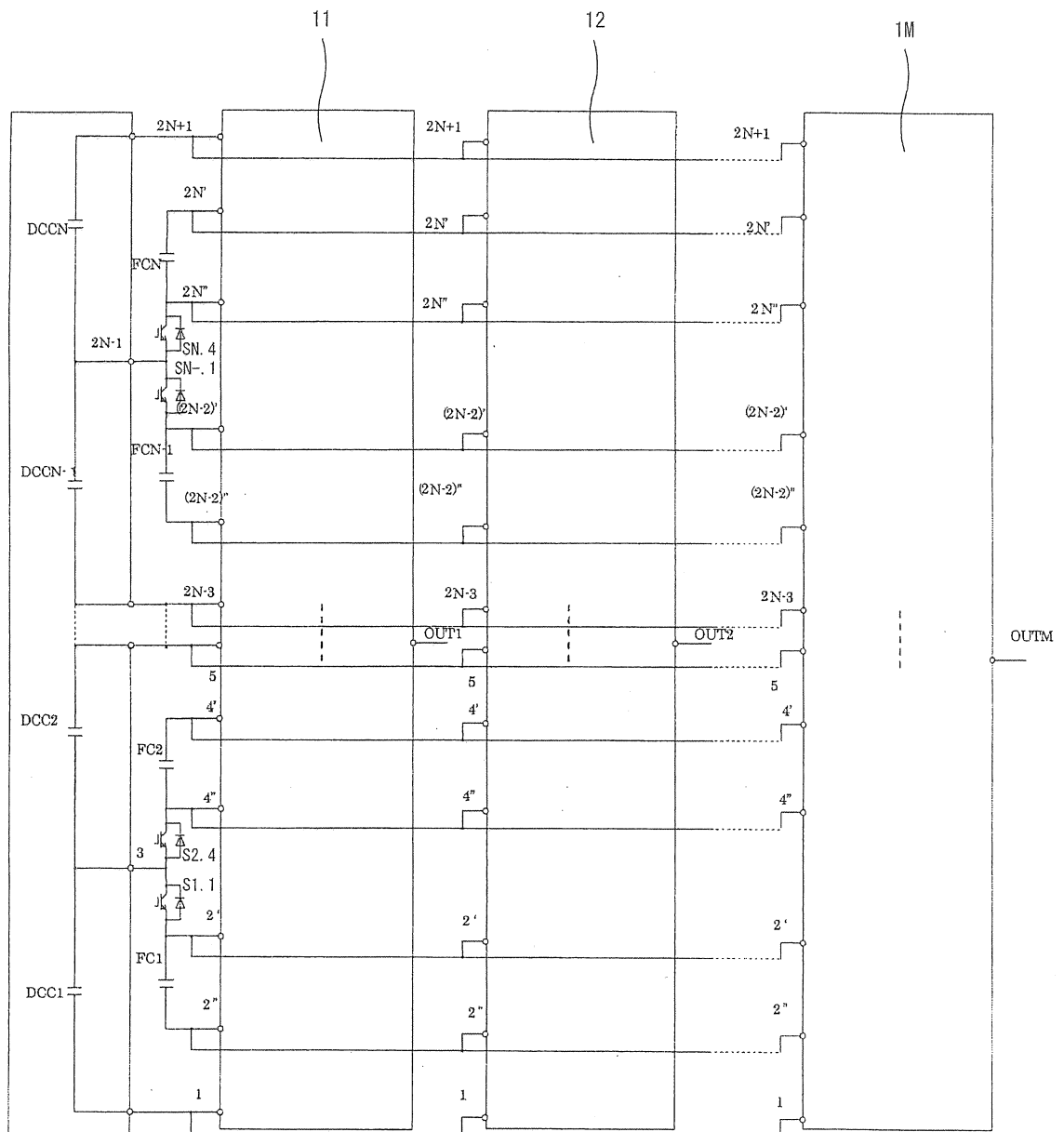


FIG. 7

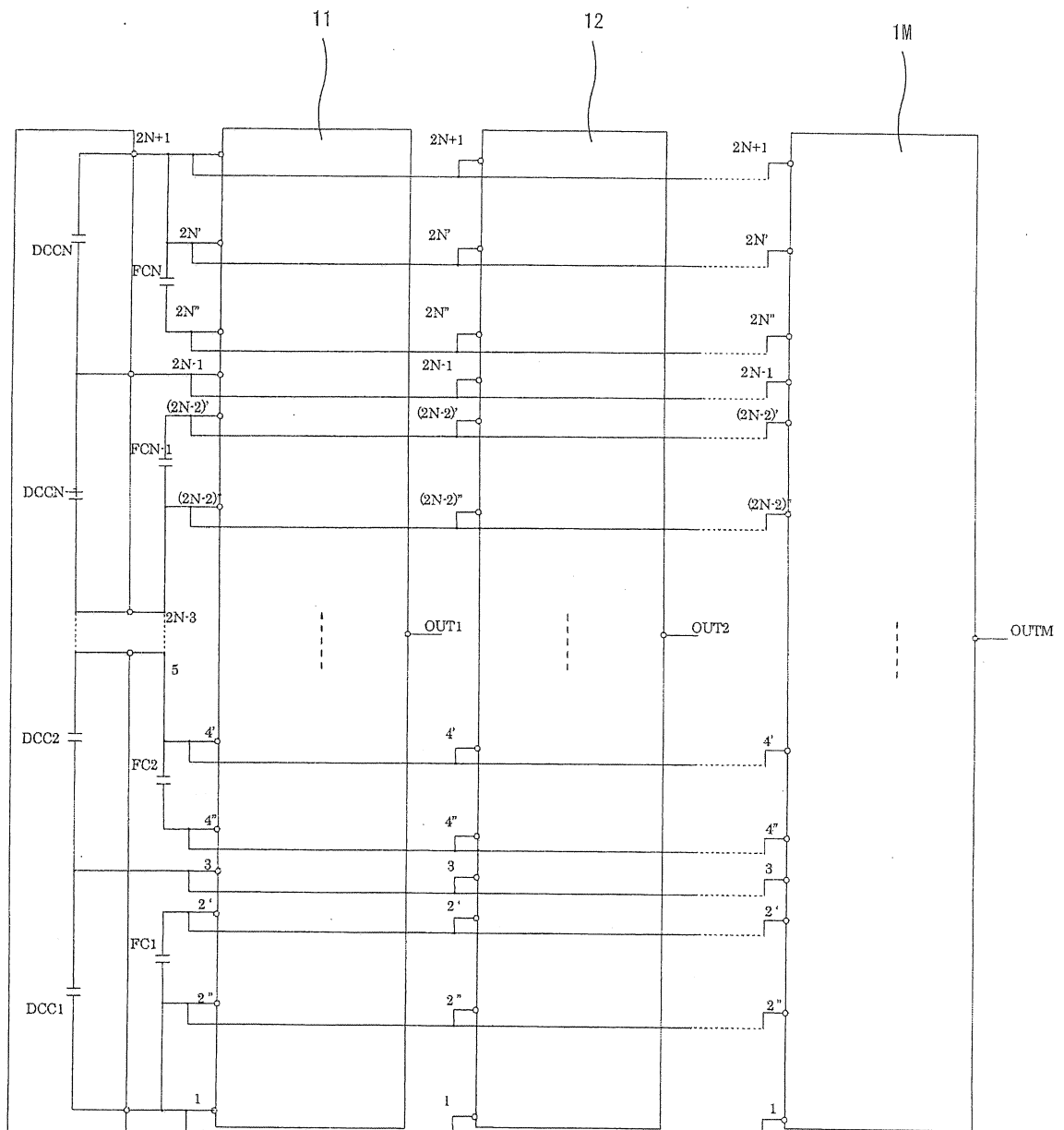


FIG. 8

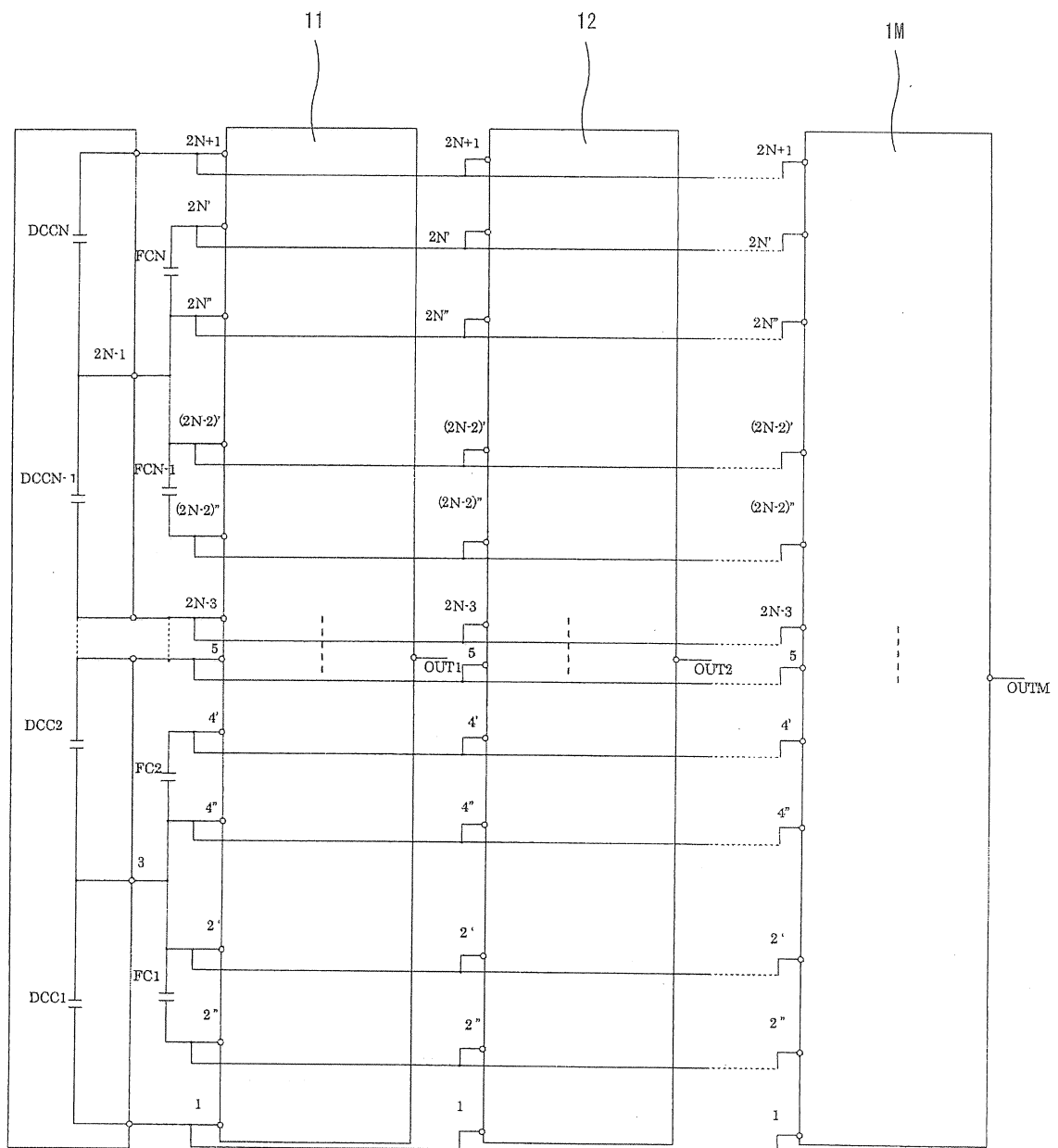


FIG. 9

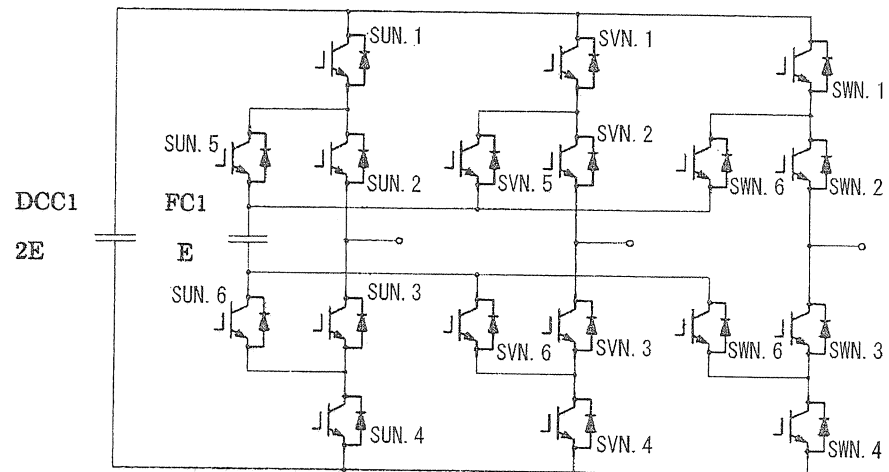


FIG. 10

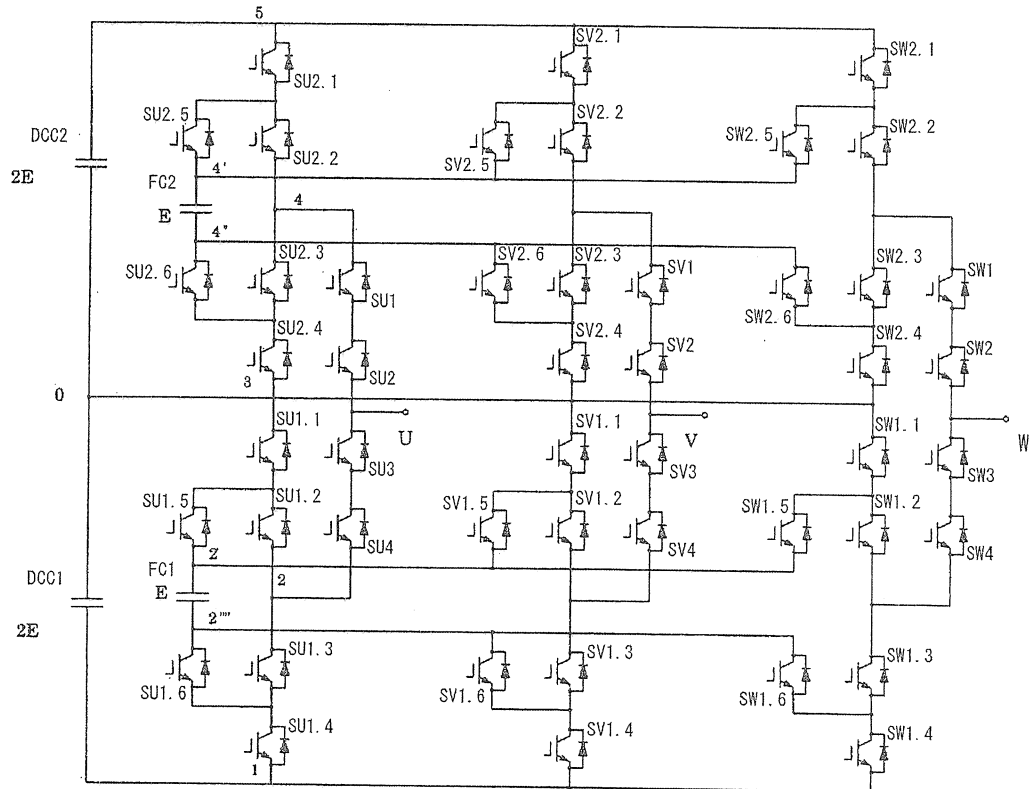


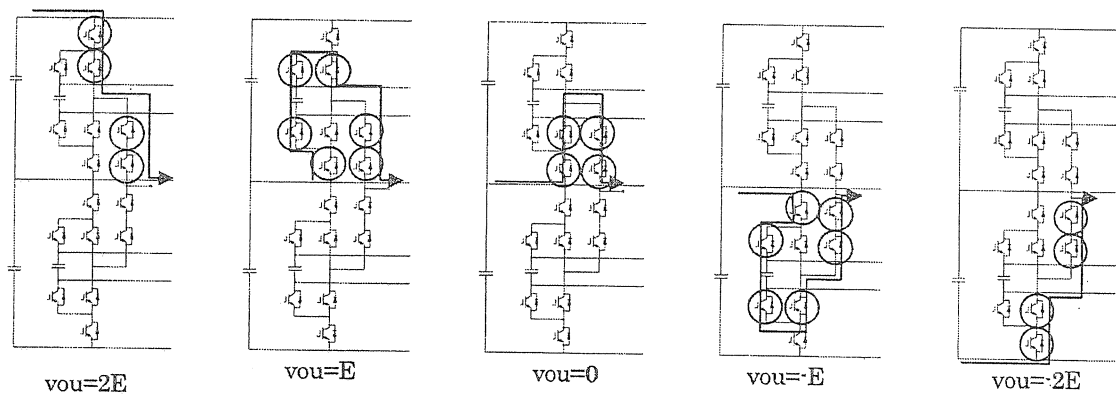
FIG. 11

FIG. 12

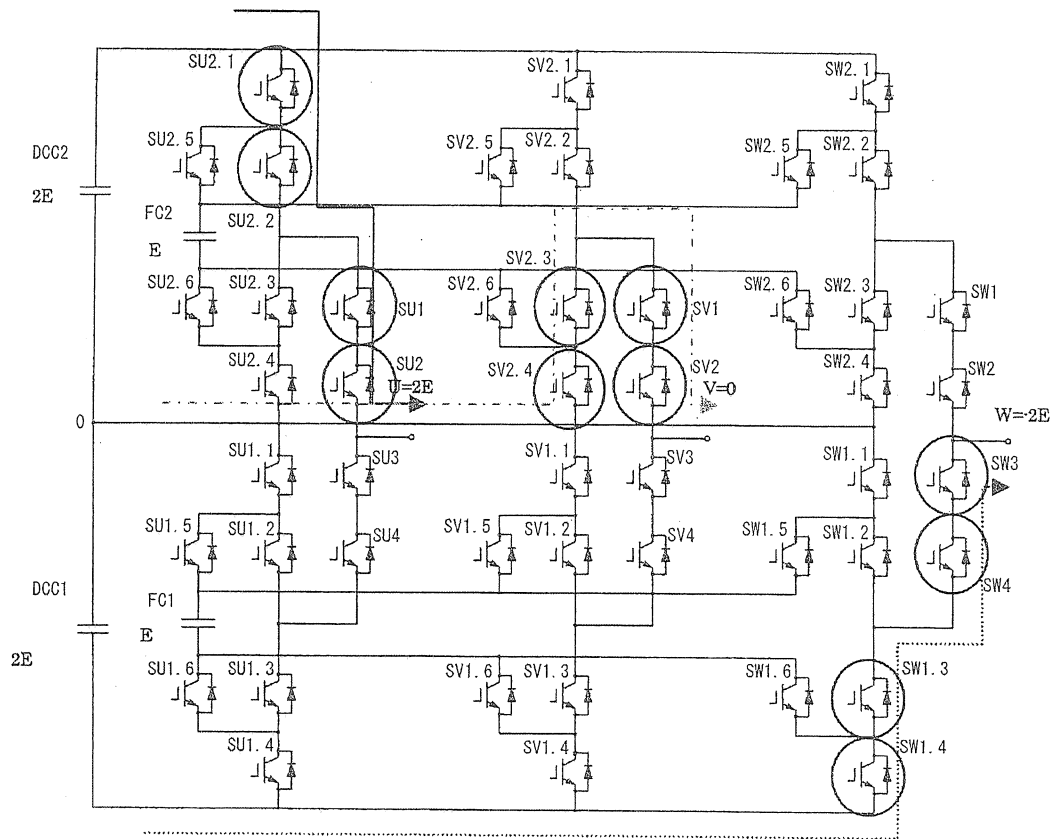


FIG. 13

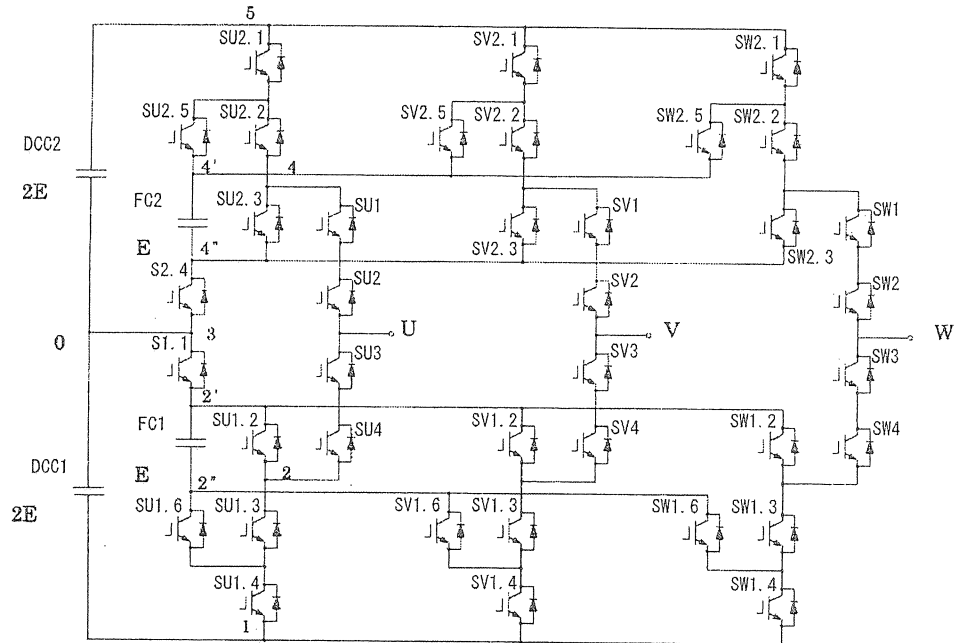


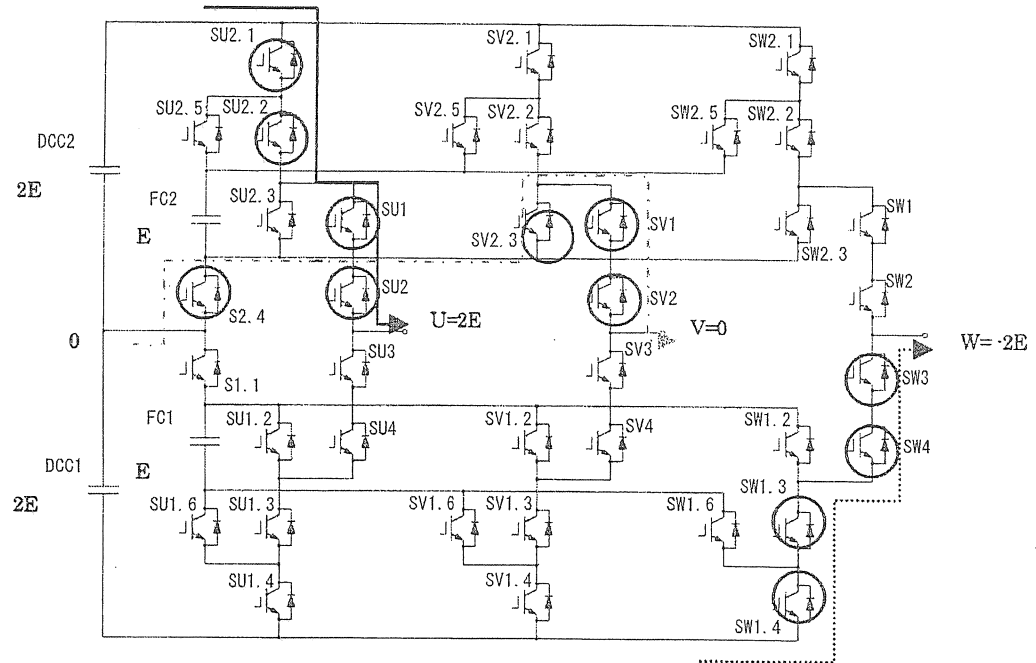
FIG. 14

FIG. 15

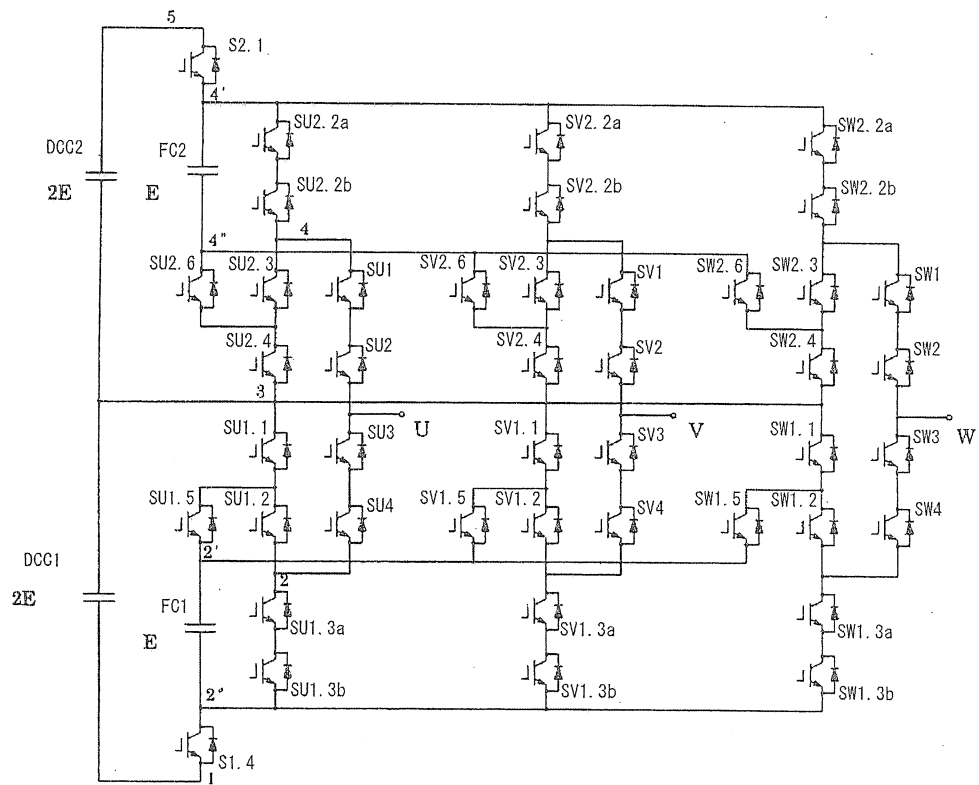


FIG. 16

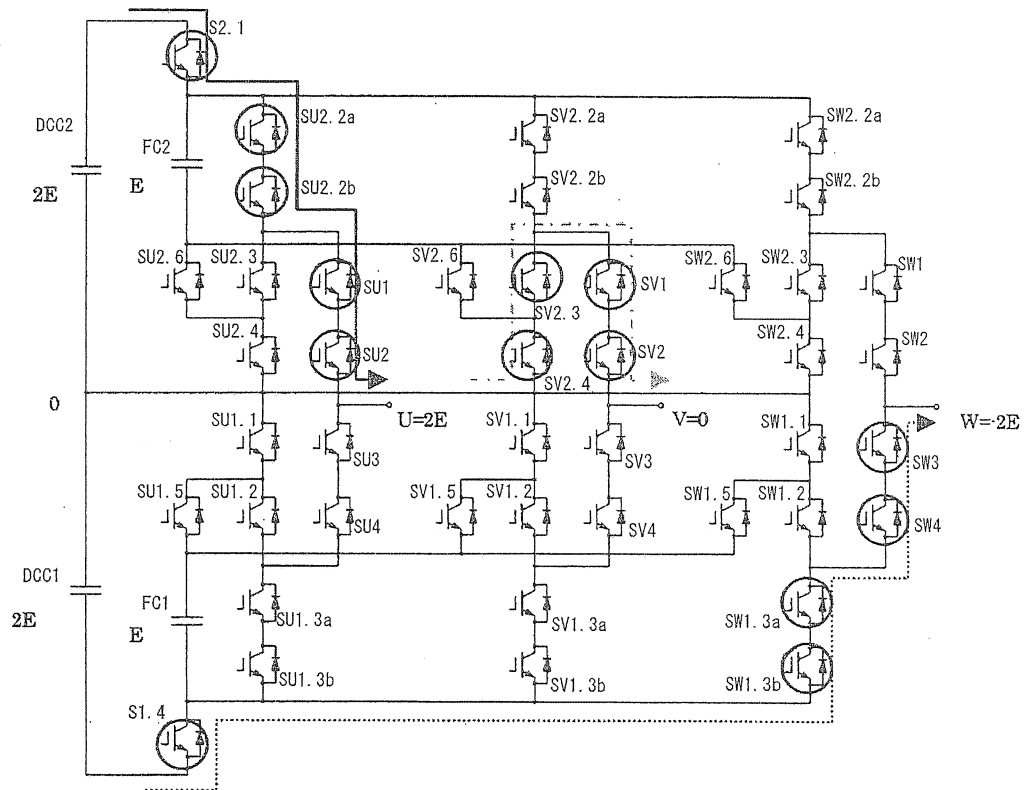


FIG. 17

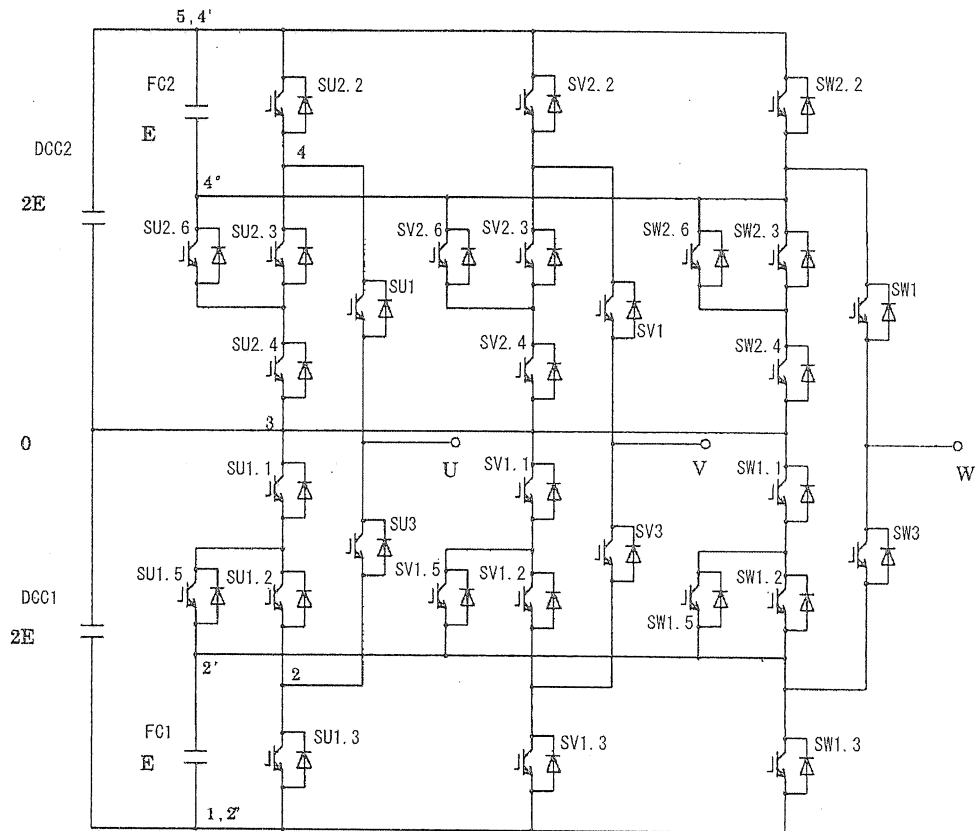


FIG. 18

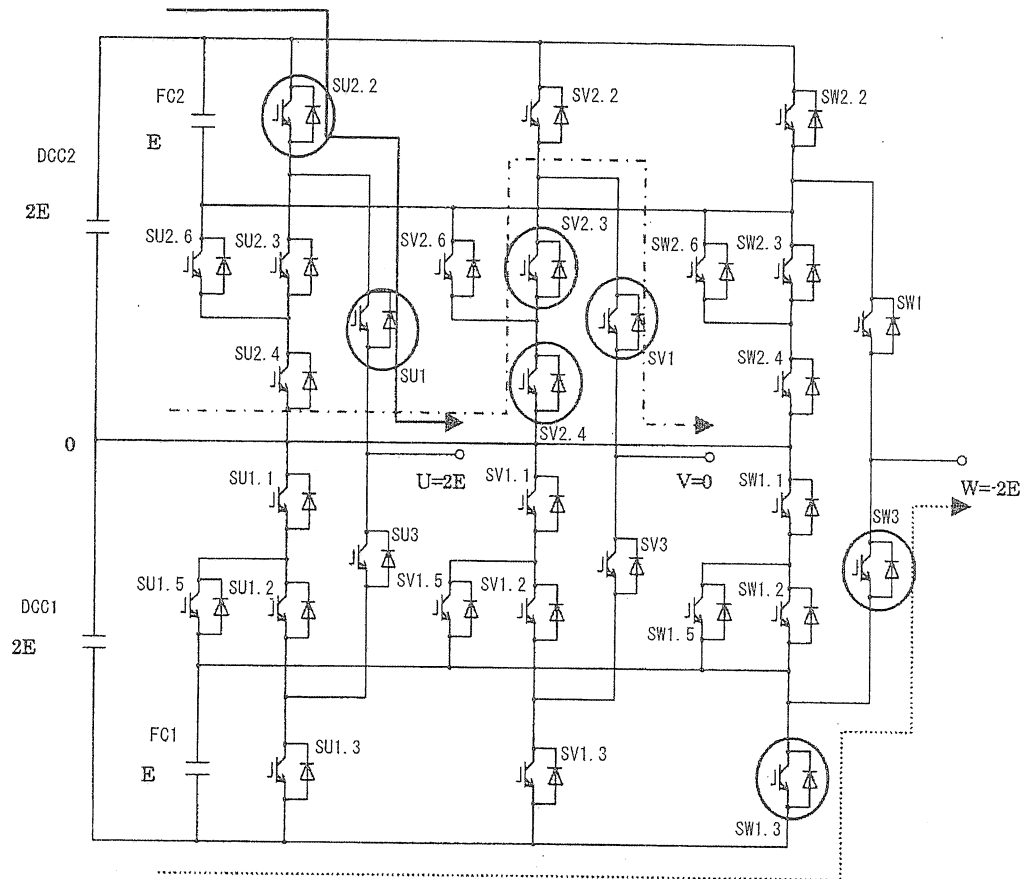


FIG. 19

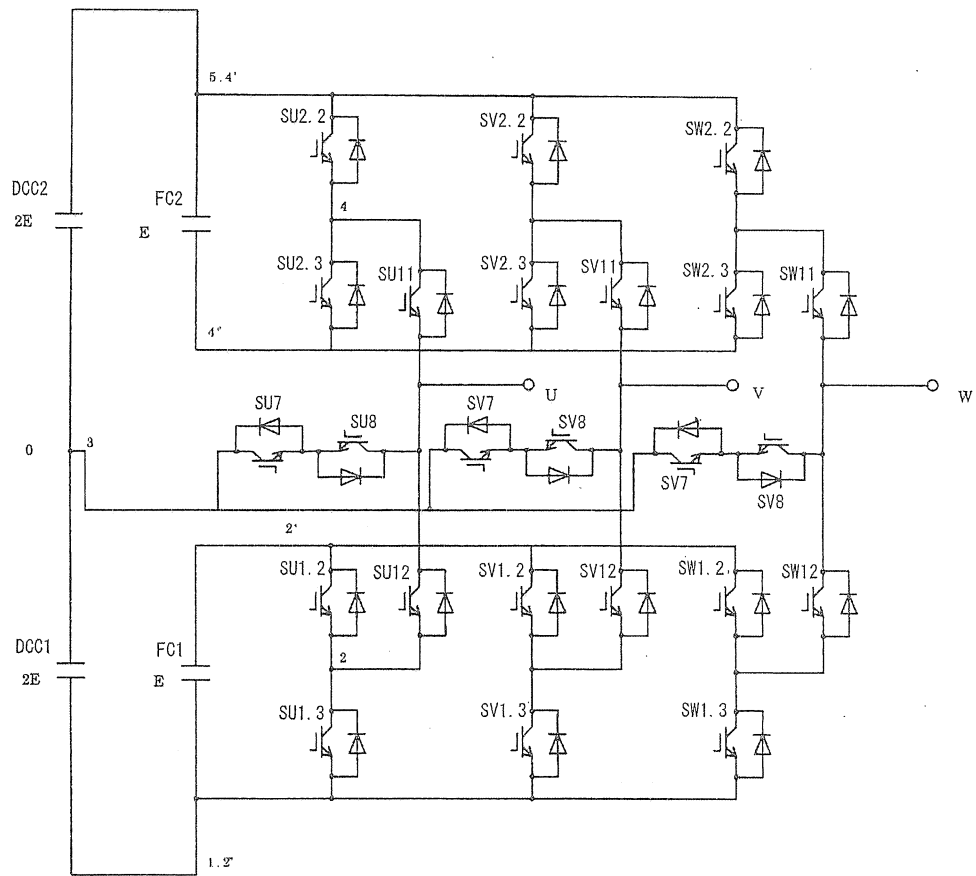


FIG. 20

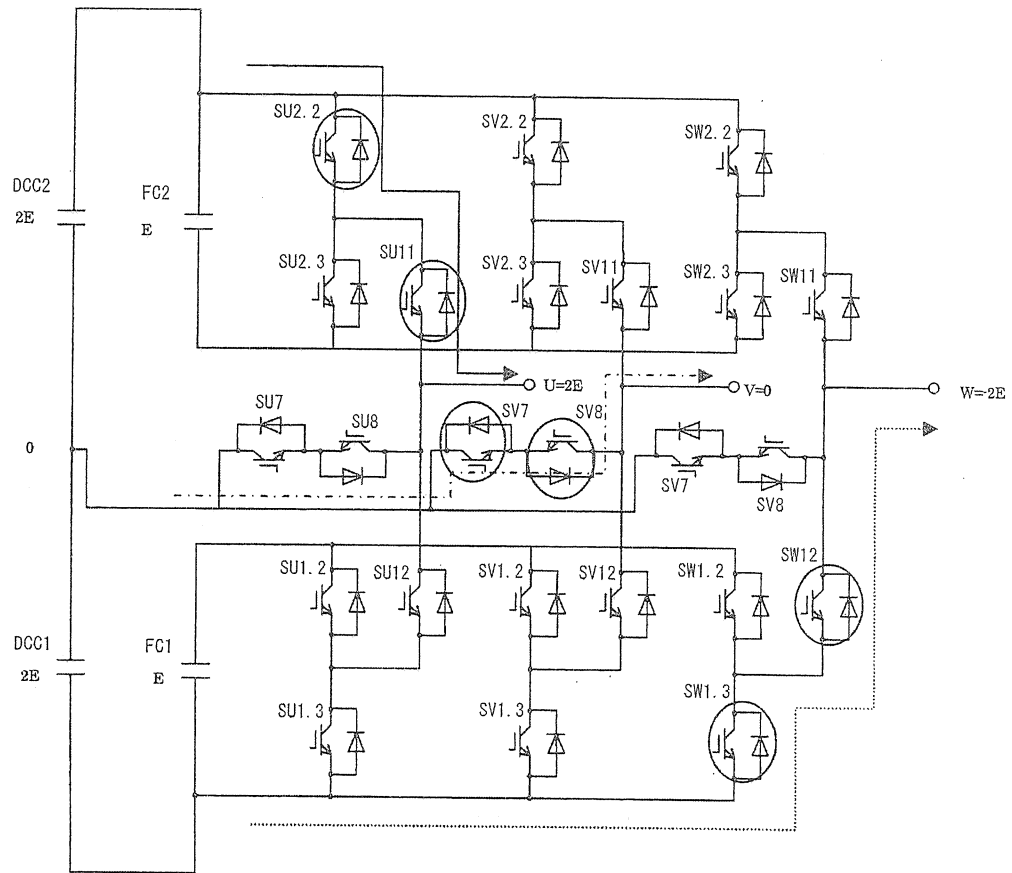
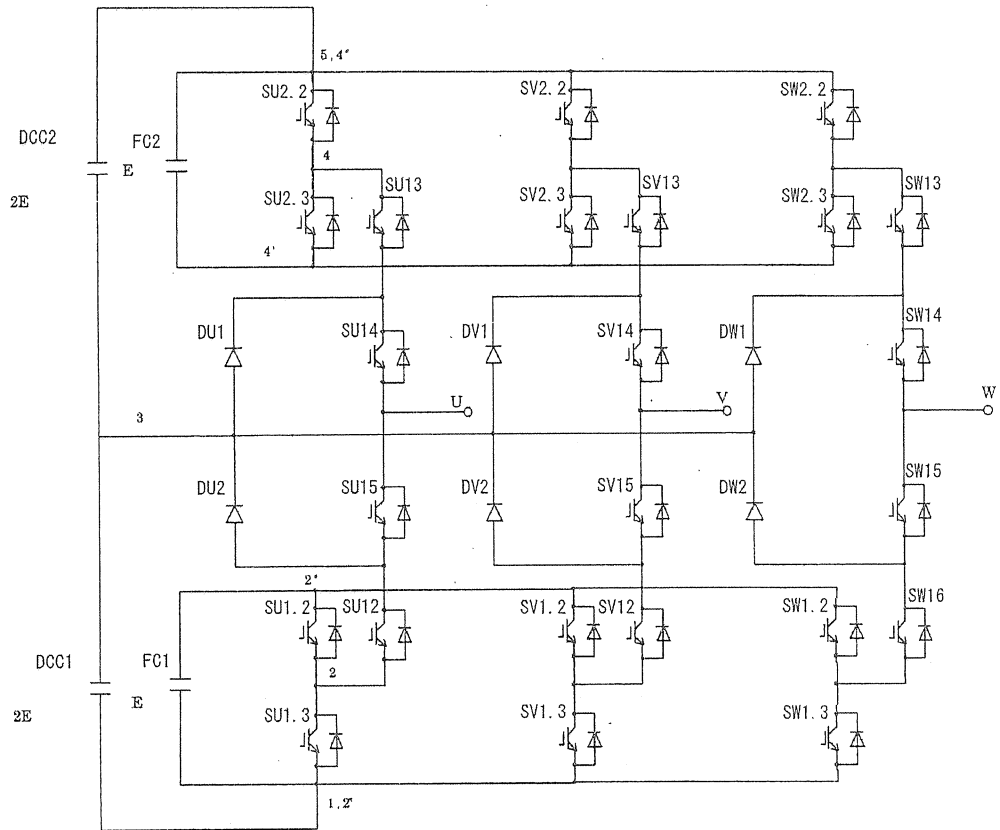


FIG. 21



23291

FIG. 22

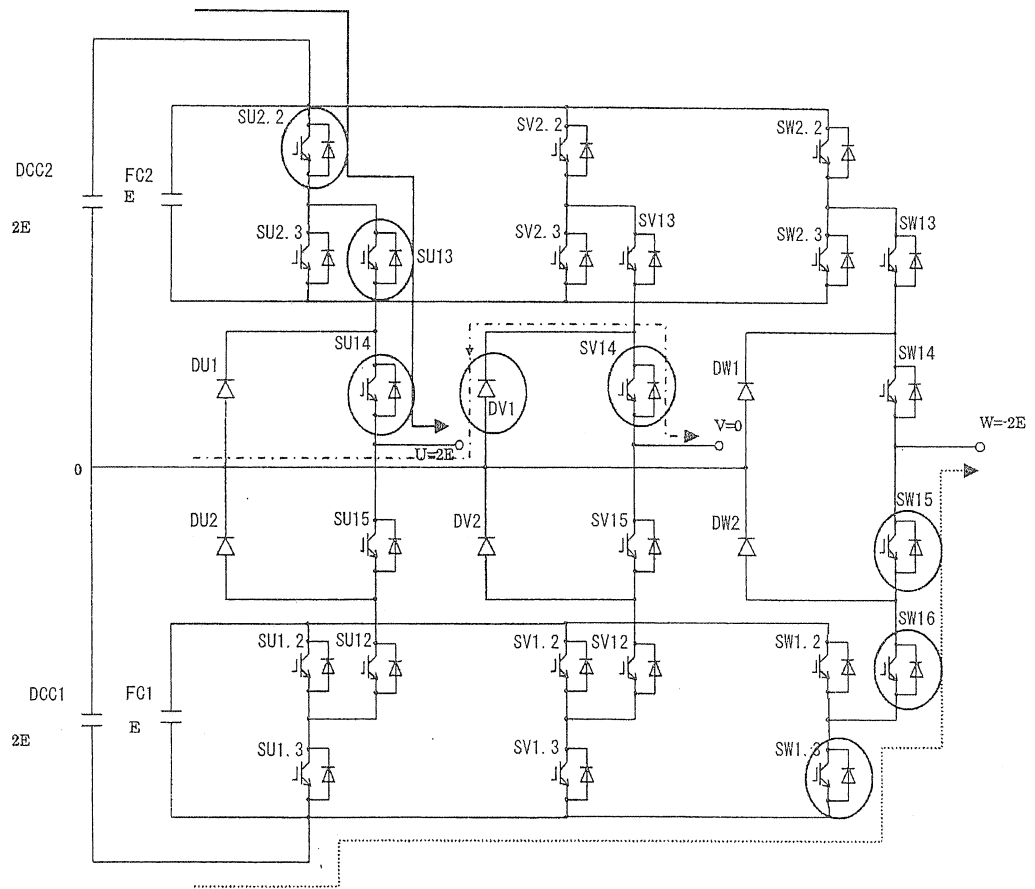


FIG. 23

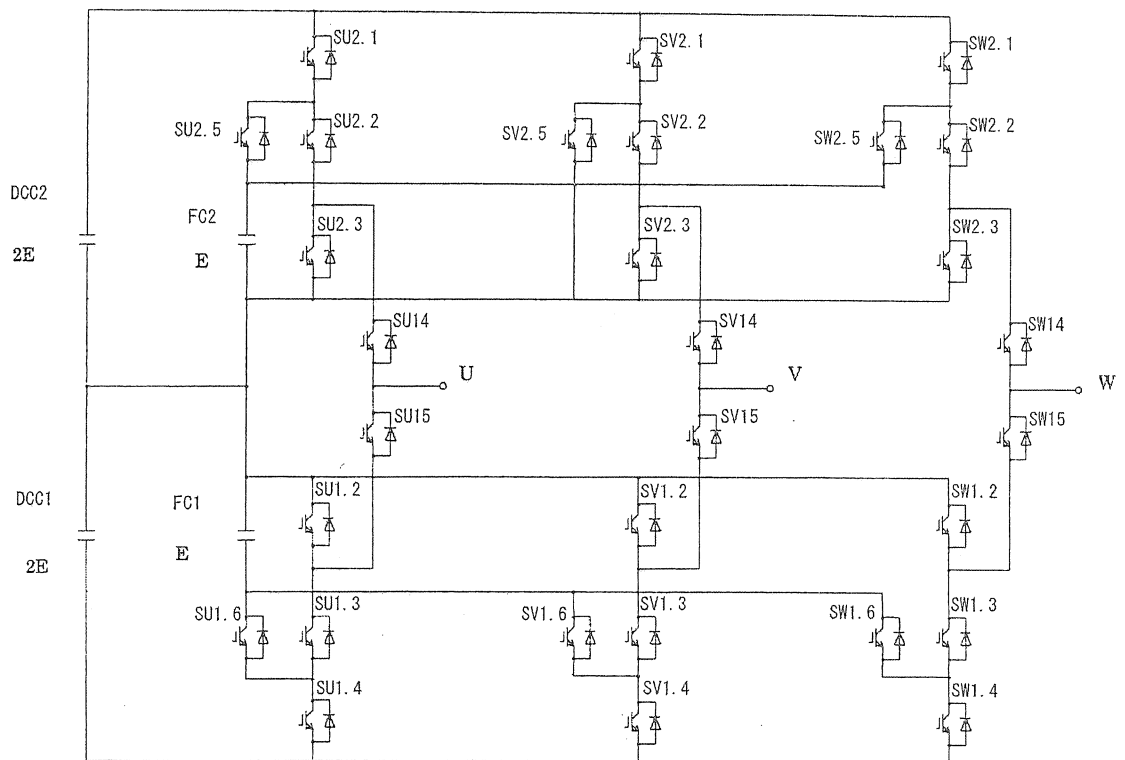


FIG. 24

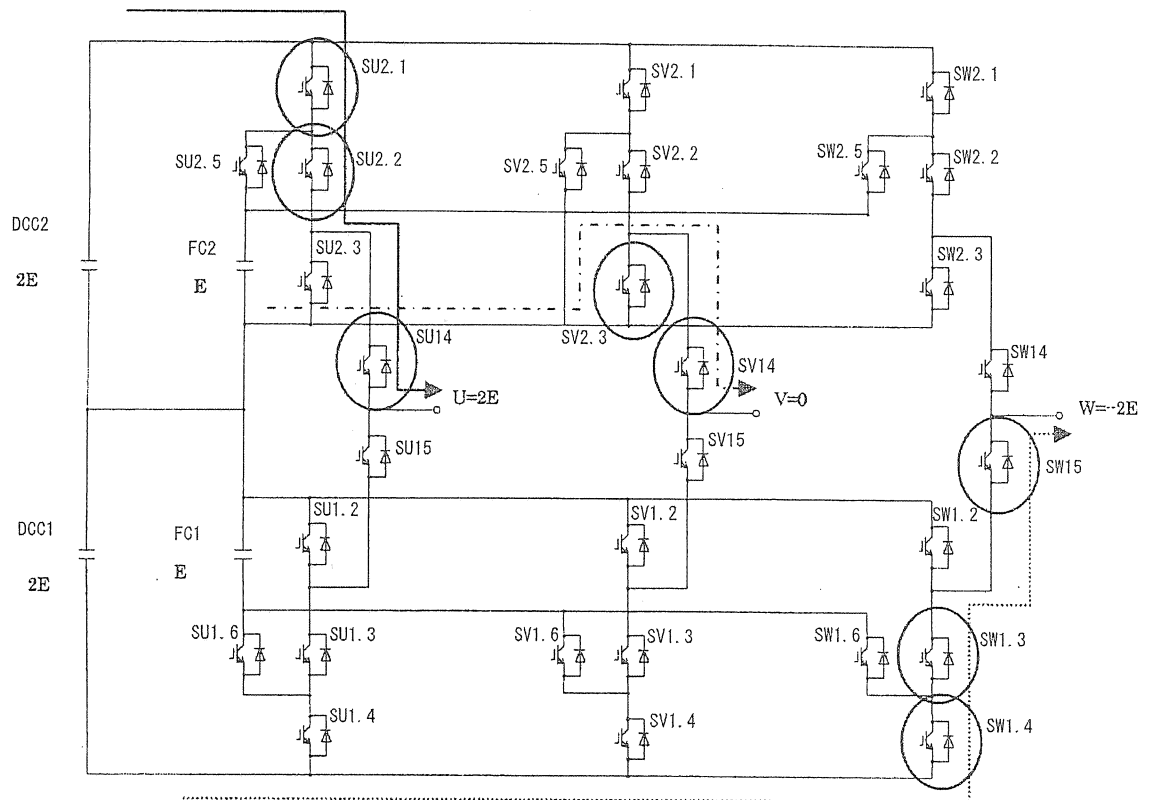


FIG. 25

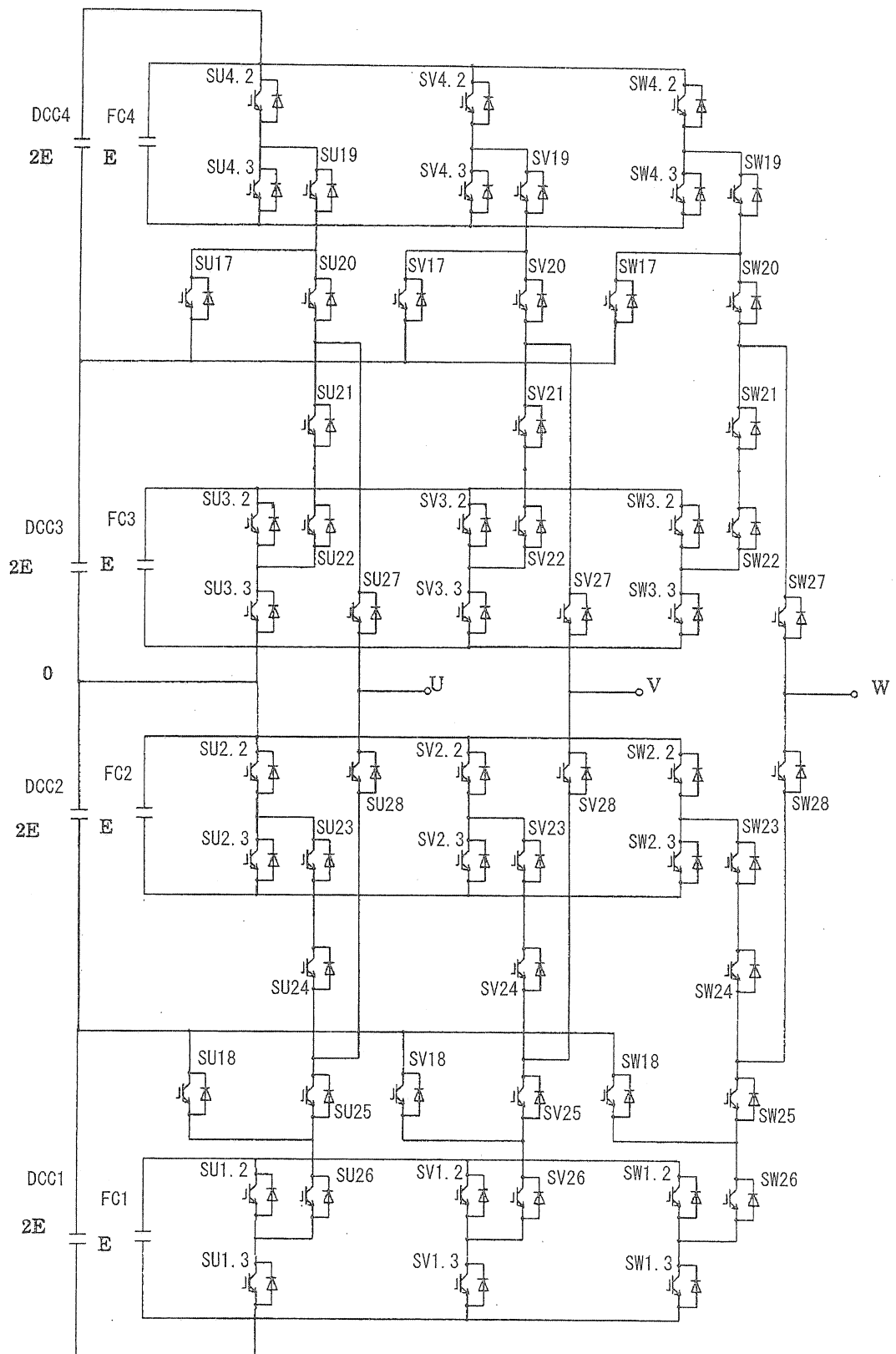


FIG. 26

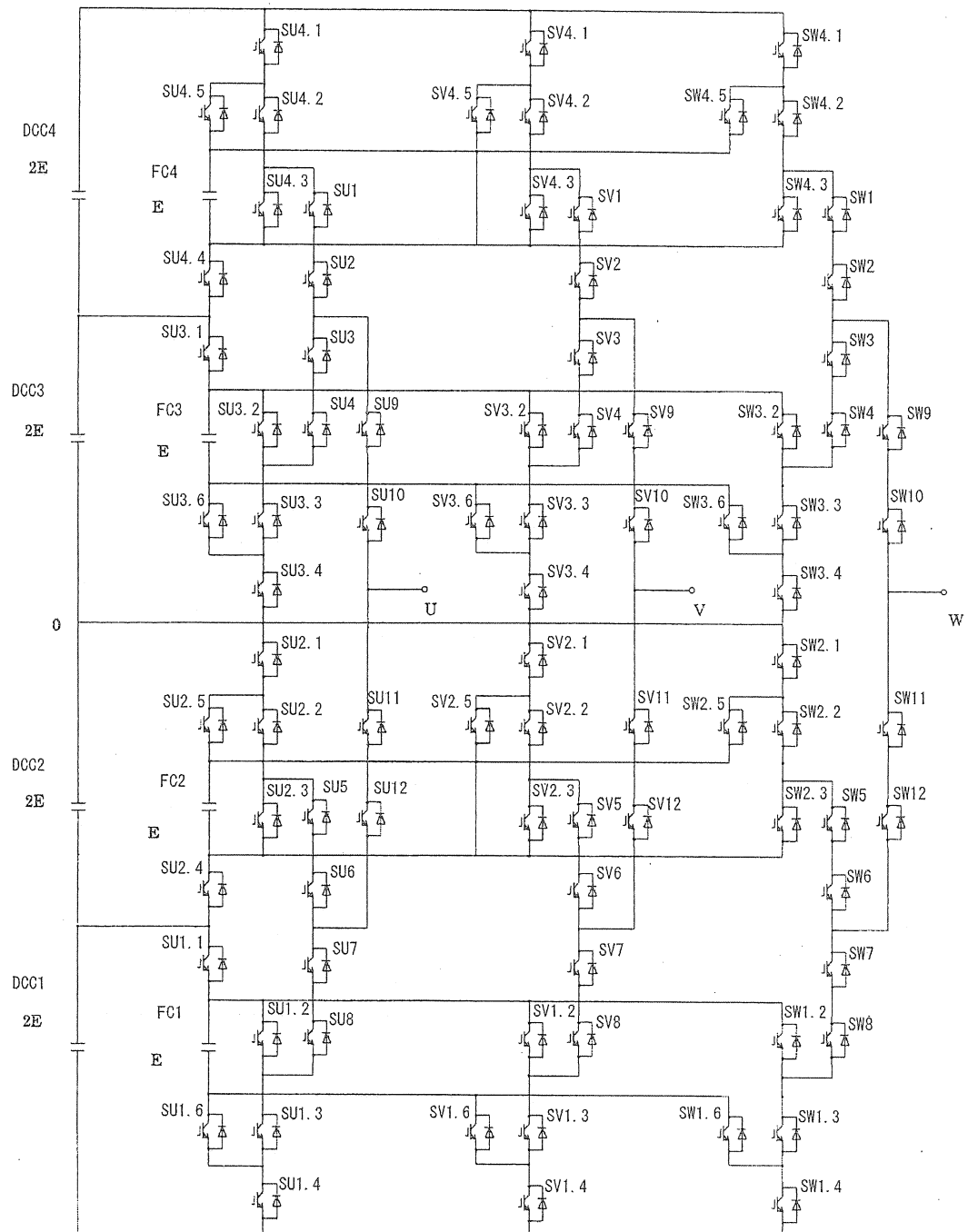


FIG. 27

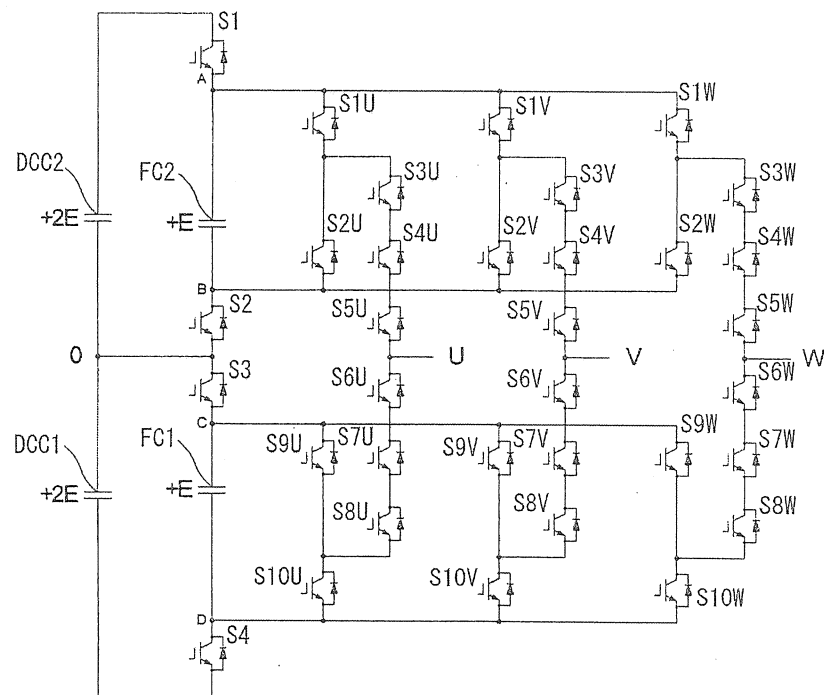


FIG. 28

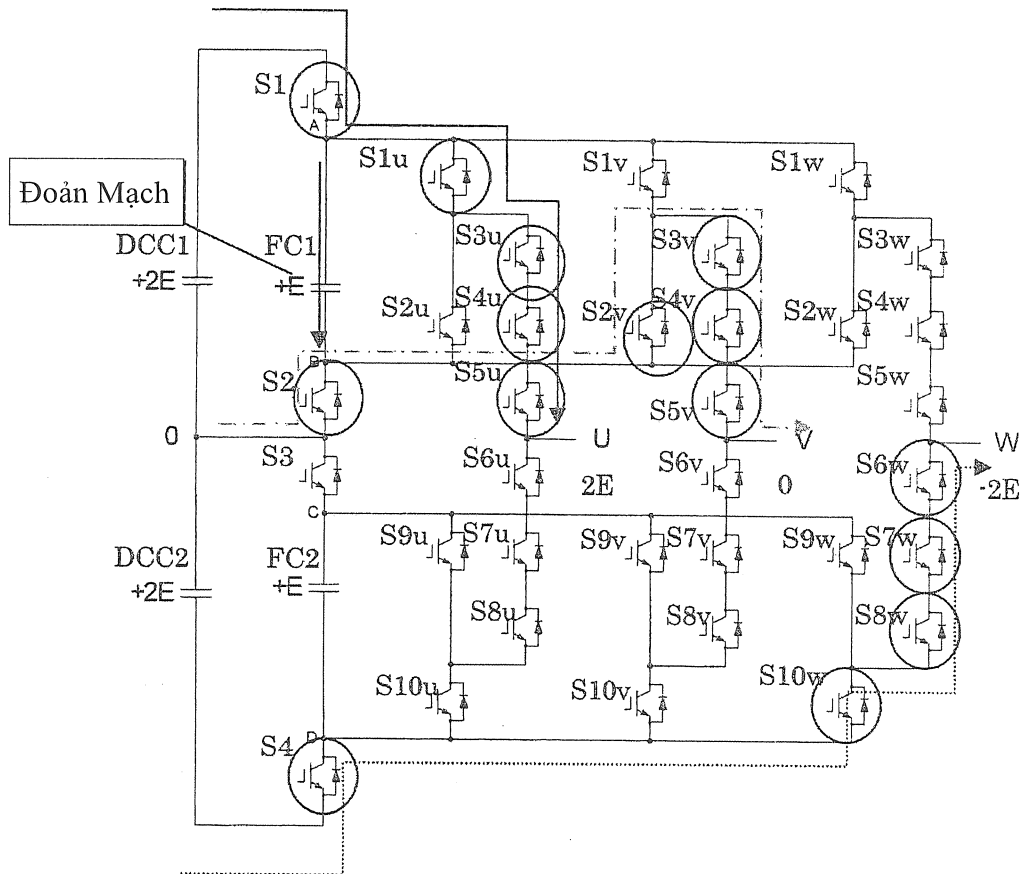
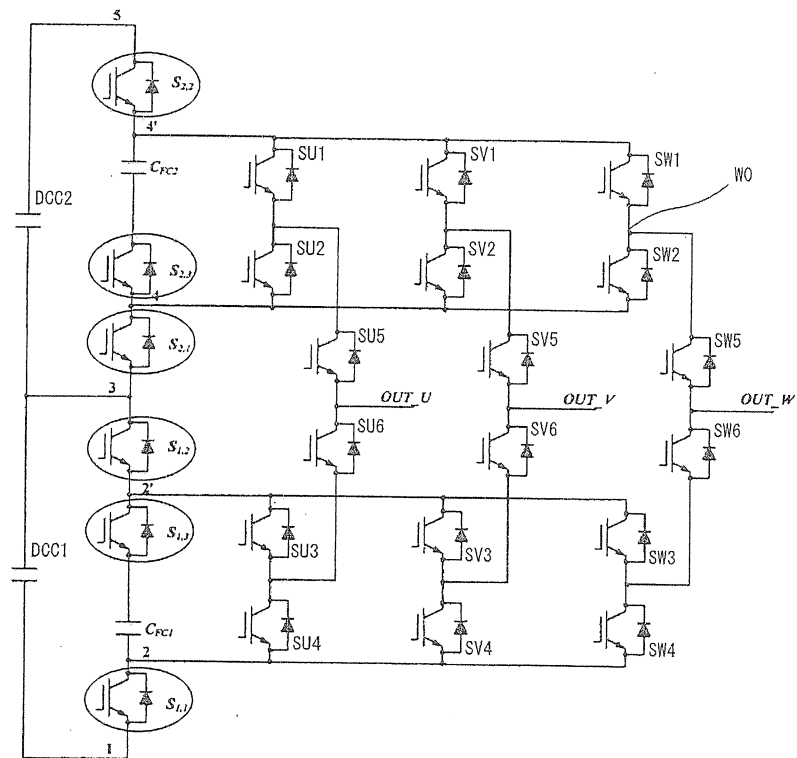


FIG. 29

(a)



(b)

