



(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)



1-0028523

(51)⁷ H02M 7/48; H02M 5/293

(13) B

(21) 1-2016-01106

(22) 10/09/2014

(86) PCT/JP2014/073891 10/09/2014

(87) WO2015/041111 26/03/2015

(30) 2013-194176 19/09/2013 JP

(45) 25/06/2021 399

(43) 27/06/2016 339A

(73) DAIKIN INDUSTRIES, LTD. (JP)

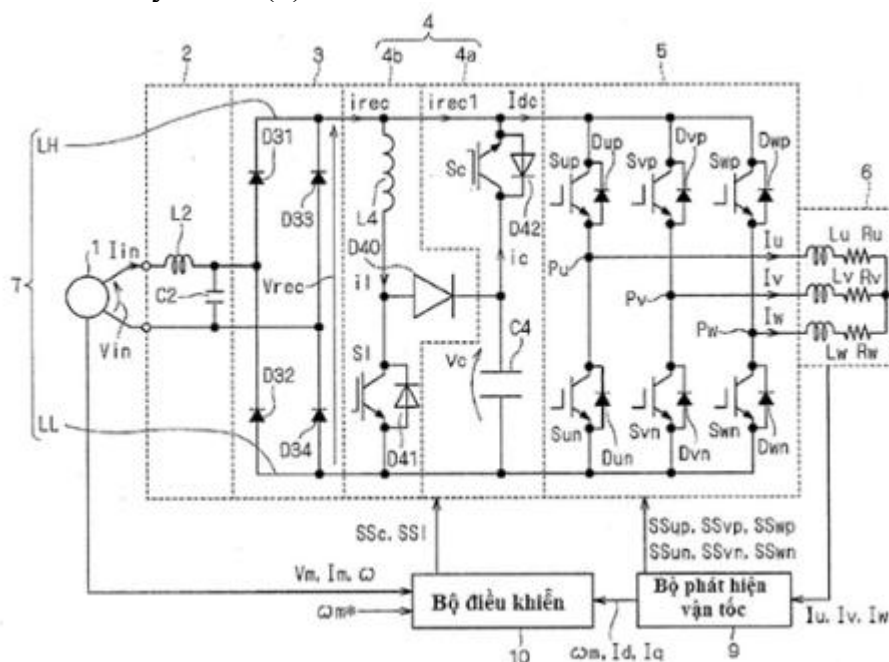
Umeda Center Building, 4-12, Nakazaki-Nishi 2-chome, Kita-ku, Osaka-shi, Osaka
5308323, Japan

(72) Kenichi SAKAKIBARA (JP); Naoya YAMASHITA (JP).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) BỘ CHUYỂN ĐỔI CÔNG SUẤT

(57) Sáng chế đề cập đến bộ chuyển đổi công suất để giảm công suất cần thiết cho mạch đệm công suất. Bộ chuyển đổi (3) chỉnh lưu toàn sóng điện áp một pha (V_{in}), và trích xuất điện áp đã được chỉnh lưu (V_{rec}) giữa các đường cấp nguồn DC (LL và LH). Bộ nghịch lưu (5) nhận điện áp đã được chỉnh lưu (V_{rec}), và cấp dòng điện AC ba pha (I_u , I_v và I_w) đến phụ tải cảm kháng (6). Mạch đệm công suất (4) được mắc giữa các đường cấp nguồn DC (LL và LH). Mạch đệm công suất (4) bao gồm mạch phóng điện (4a) và mạch tích điện (4b). Mạch phóng điện (4a) bao gồm tụ điện (C4) và chuyển mạch (Sc) được mắc nối tiếp nhau. Mạch phóng điện (4b) được tạo cấu hình, ví dụ, bởi mạch boost chopper, và bao gồm chuyển mạch (S1), cuộn cảm (L4), và diốt (D40). Mạch đệm công suất (4) cấp đến, và nhận từ, các đường cấp nguồn DC (LL và LH), một phần trong số các xung động của công suất được đưa vào bộ chuyển đổi (3).



Lĩnh vực kĩ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến bộ chuyển đổi công suất có mạch đệm công suất.

Tình trạng kĩ thuật của sáng chế

Mạch chỉnh lưu toàn sóng thường được dùng để thu được điện áp DC (Direct Current - điện một chiều) từ điện áp AC (Alternating Current - điện xoay chiều) một pha được nhập vào từ nguồn cấp AC một pha. Tuy nhiên, đầu ra của mạch chỉnh lưu toàn sóng có những sự xung động công suất với tần số gấp đôi tần số của điện áp AC một pha. Để giảm những sự xung động công suất này, thì cần phải có mạch đệm công suất để đệm công suất giữa đầu ra của mạch chỉnh lưu toàn sóng và phụ tải. Cần phải có phần tử điện dung, ví dụ, được gọi là tụ điện làm nhẵn, để đệm công suất.

Tài liệu phi sáng chế 1 đề cập đến phương pháp nối tụ đệm với tụ làm nhẵn qua mạch bấm có thể đảo chiều dòng điện, để hấp thụ công suất xung động. Kĩ thuật này làm giảm điện dung tĩnh điện của tụ làm nhẵn và còn cho phép những gợn sóng điện áp ở phía bộ đệm làm giảm đáng kể tổng điện dung tĩnh điện cần thiết để làm nhẵn.

Tài liệu phi sáng chế 2 đề cập đến phương pháp nối tụ đệm vào đường liên kết DC thông qua phần tử chuyển mạch mà không cần đến tụ làm nhẵn của Tài liệu phi sáng chế 1. Tài liệu này bộc lộ mạch chuyển đổi trực tiếp mà tạo ra nguồn điện áp bằng kĩ thuật này, và tạo ra liên kết cao tần cùng với điện áp nguồn cấp.

Tài liệu phi sáng chế 3 đề cập đến phương pháp chuyển đổi dạng sóng đầu vào thành dạng sóng điều hoà, và tăng hiệu quả.

Tài liệu sáng chế 1 và 2 được liệt kê dưới dạng các tài liệu bộc lộ các kĩ thuật liên quan đến đơn này.

Khi chuyển đổi công suất bằng kĩ thuật theo Tài liệu phi sáng chế 1, thì điện áp của tụ đệm không cần phải được điều khiển để không đổi, nên điện dung tĩnh điện cần thiết có thể được thiết lập nhỏ hơn so với của tụ làm nhẵn bình thường, mà không phụ thuộc vào kiểu chuyển đổi trực tiếp hay kiểu chuyển đổi gián tiếp.

Tuy nhiên, biên độ của công suất xung động lại lớn như của thành phần không đổi của công suất. Do đó, giá trị của dòng điện gợn sóng cho phép mà tụ đệm yêu cầu cũng

cao. Mặt khác, mong muốn là dùng tụ điện điện phân làm tụ đệm, xét về mặt giảm kích thước thiết bị và giảm chi phí. Do việc sử dụng tụ điện điện phân làm tụ đệm, nên ngay cả tụ đệm cũng phải có điện dung tĩnh điện lớn hơn điện dung tĩnh điện cần thiết thực tế, và gần như bằng điện dung tĩnh điện của tụ làm nhẵn bình thường để thoả mãn giá trị của dòng điện gợn sóng cho phép.

Ngoài ra, Tài liệu phi sáng chế 4 đề cập đến mạch chuyển đổi trực tiếp một pha đến ba pha không có mạch đệm công suất chủ động. Mối quan hệ giữa dòng điện đầu vào và những gợn sóng công suất đầu ra được thể hiện ở đây. Nhu cầu cấp công suất xung động có tần số gấp đôi tần số nguồn cấp cho công suất ra được thể hiện để chuyển đổi dạng sóng đầu vào thành dạng sóng điều hoà.

Ví dụ, ở máy điều hoà gia đình loại 1,5 kW, thì những gợn sóng tốc độ liên quan đến những sự xung động của mômen cản được dự tính là được hạn chế bằng khoảng 10% mômen quán tính của mô tơ. Tuy nhiên, áp lực của hệ thống đỡ máy nén sẽ tăng lên nếu mômen xung động tăng lên khi công suất tăng lên. Do đó, rõ ràng là công suất có thể được sử dụng có giới hạn trên.

Tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật số 2011-193678

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật số 2012-135184

Tài liệu phi sáng chế 1: Tài liệu của Irie, Yamashita, và Takemoto, “Ripple Compensation for a Single-Phase Rectifier by 2-Quadrant Chopper and Auxiliary Capacitor”, the Institute of Electrical Engineers of Japan Transactions D, Vol. 112, No. 7, pp. 623-629 (1992)

Tài liệu phi sáng chế 2: Ohnuma, Itoh, “Circuit Configuration and Control Strategy of single-to-three Phase Power Converter with Active Buffer and Charge Circuit”, the 2010 Annual Meeting of the Institute of Electrical Engineers of Japan, 4-057 (2010)

Tài liệu phi sáng chế 3: Ohnuma, Itoh, “Comparison between a Boost Chopper and an Active Buffer as a Single to Three Phase Converter”, the 2011 Annual Meeting of the Institute of Electrical Engineers of Japan, 4-042 (2011)

Tài liệu phi sáng chế 4: Haga, Takahashi, Ohishi, “Unity Power Factor Operation Control Method For Single-phase to Three-phase Matrix Converter”, the Institute of Electrical Engineers of Japan Transactions D, Vol. 124, No. 5, pp. 510-516 (2004)

Bản chất kĩ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề cập đến bộ chuyển đổi công suất bao gồm mạch đệm công suất chủ động, làm cho công suất được đệm bởi mạch đệm công suất nhỏ hơn công suất xung động, để nhờ đó giảm điện dung tĩnh điện và công suất của mạch đệm công suất. Điều này cho phép mở rộng khoảng công suất trong trường hợp phụ tải xung động.

Bộ chuyển đổi công suất theo sáng chế bao gồm: đường liên kết DC (7) bao gồm đường cấp nguồn thứ nhất (LH) và đường cấp nguồn thứ hai (LL); bộ chuyển đổi (3) để nhận điện áp AC một pha (V_{in}), và trích xuất công suất xung động (P_{in}) ra đường liên kết DC; bộ nghịch lưu (5) để nhận công suất từ đường liên kết DC, và trích xuất dòng điện AC (I_u , I_v và I_w); và mạch đệm công suất (4) để nhận công suất tích điện (P_I) từ đường liên kết DC, và trích xuất công suất phóng điện (P_c) ra đường liên kết DC.

Theo khía cạnh thứ nhất của bộ chuyển đổi công suất, khi ít nhất công suất xung động vượt quá giá trị xác định trước, thì lượng biến thiên ($P_c - P_I$) của công suất phóng điện so với công suất tích điện nhỏ hơn thành phần AC ($P_{in}^{\wedge}$) của công suất xung động.

Khía cạnh thứ hai của bộ chuyển đổi công suất theo sáng chế là khía cạnh thứ nhất, trong đó công suất đầu vào (P_{dc}) được đưa từ đường liên kết DC (7) vào bộ nghịch lưu (5) lấy giá trị ($P_{in} + P_c - P_I$) thu được bằng cách lấy tổng của công suất xung động và công suất phóng điện trừ đi công suất tích điện. Khi ít nhất công suất xung động vượt quá giá trị xác định trước này, thì công suất tích điện (P_I) lấy giá trị ($k \cdot P_{in}$) tức là hằng số (k) (trong đó hằng số này là số dương nhỏ hơn $1/2$) nhân với công suất xung động (P_{in}), và công suất phóng điện (P_c) lấy giá trị ($2k \cdot P_{in}^{\wedge} + P_I$), thu được bằng cách cộng công suất tích điện với (-2) lần thành phần AC ($P_{in}^{\wedge}$) của công suất xung động nhân với hằng số này.

Khía cạnh thứ ba của bộ chuyển đổi công suất theo sáng chế là khía cạnh thứ hai, trong đó bộ chuyển đổi (3) cấp điện áp đã được chỉnh lưu (V_{rec}), thu được bằng cách chỉnh lưu toàn sóng điện áp AC một pha ($V_m \cdot \sin(\omega t)$), vào đường liên kết DC (7) sao cho điện thế được cấp vào đường cấp nguồn thứ nhất (LH) cao hơn so với đường cấp nguồn thứ hai (LL), và cho phép, khi ít nhất công suất xung động vượt quá giá trị xác

định trước, dòng điện $((1 - k) \cdot I_m \cdot |\sin(\omega t)|)$, thu được bằng cách nhân dòng điện thứ nhất với giá trị $(1 - k)$, mà thu được bằng cách lấy 1 trừ đi hằng số này, đi qua đường liên kết DC này, dòng điện thứ nhất là dòng điện $(I_m \cdot |\sin(\omega t)|)$ thu được bằng cách chia công suất xung động (P_{in}) cho điện áp đã được chỉnh lưu (V_{rec}). Mạch đệm công suất (4) bao gồm: mạch phóng điện (4a) có tụ điện (C_4) và chuyển mạch thứ nhất (S_c và D_{42}) được mắc nối tiếp với tụ điện giữa đường cấp nguồn thứ nhất và đường cấp nguồn thứ hai sao cho nằm gần đường cấp nguồn thứ nhất hơn so với tụ điện; và mạch tích điện (4b) để tích điện cho tụ điện. Khi ít nhất công suất xung động vượt quá giá trị xác định trước này, thì mạch đệm công suất (4) nhận dòng điện tích điện ($i_l = k \cdot I_m \cdot |\sin(\omega t)|$), tức là hằng số nhân với dòng điện thứ nhất, và trích xuất dòng điện phóng điện (i_c), tức là dòng điện (P_c/V_c) thu được bằng cách chia công suất phóng điện (P_c) cho điện áp hai đầu (V_c) của tụ điện.

Khía cạnh thứ tư của bộ chuyển đổi công suất theo sáng chế là khía cạnh thứ hai, trong đó bộ chuyển đổi (3) cấp điện áp đã được chỉnh lưu (V_{rec}), thu được bằng cách chỉnh lưu toàn sóng điện áp AC một pha (V_{in}), vào đường liên kết DC (7) sao cho điện thế được cấp vào đường cấp nguồn thứ nhất (LH) cao hơn so với đường cấp nguồn thứ hai (LL). Mạch đệm công suất (4) bao gồm: mạch phóng điện (4a) có tụ điện (C_4) và chuyển mạch thứ nhất (S_c và D_{42}) được mắc nối tiếp với tụ điện giữa đường cấp nguồn thứ nhất và đường cấp nguồn thứ hai sao cho nằm gần đường cấp nguồn thứ nhất hơn so với tụ điện; và mạch tích điện (4b) để tích điện cho tụ điện. Tỷ số chỉnh lưu trong một chu trình chỉnh lưu (d_{rec}), tức khoảng thời gian trong đó bộ chuyển đổi dẫn điện với đường liên kết DC (7), lấy giá trị $(V_{dc}/V_m \cdot |\sin(\omega t)|)$, thu được bằng cách chia tích số của điện áp xác định trước (V_{dc}) và bình phương ($\sin^2(\omega t)$) của giá trị sin của pha (ωt) của điện áp AC một pha cho điện áp đã được chỉnh lưu (V_{rec}). Tỷ số phóng điện trong một chu trình phóng điện (d_c), tức khoảng thời gian trong đó tụ điện phóng điện, lấy giá trị $(V_{dc}/V_c \cdot \cos^2(\omega t))$ thu được bằng cách chia tích số của điện áp xác định trước và bình phương ($\cos^2(\omega t)$) giá trị cosin của pha cho điện áp hai đầu (V_c) của tụ điện.

Khía cạnh thứ năm của bộ chuyển đổi công suất theo sáng chế là khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ thứ hai đến thứ tư, trong đó hằng số (k) độc lập với dòng điện AC (I_u , I_v và I_w).

Khía cạnh thứ sáu của bộ chuyển đổi công suất theo sáng chế là khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ thứ hai đến thứ tư, trong đó hằng số (k) là tỉ lệ nghịch với độ lớn của dòng điện AC (I_u , I_v và I_w).

Theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ thứ nhất đến thứ sáu, ví dụ, giá trị xác định trước được đặt sao cho nhỏ hơn công suất định mức tối đa của công suất xung động.

Theo cách khác, theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ thứ nhất đến thứ bảy, ví dụ, khi công suất xung động nhỏ hơn hoặc bằng giá trị xác định trước, thì lượng biến thiên ($P_c - P_l$) của công suất phóng điện so với công suất tích điện bằng với thành phần AC (P_{in}) của công suất xung động.

Theo cách khác, theo khía cạnh bất kì trong số các khía cạnh từ thứ nhất đến thứ tám, ví dụ, khi công suất xung động vượt quá giá trị xác định trước, thì lượng biến thiên ($P_c - P_l$) của công suất phóng điện so với công suất tích điện độc lập với công suất xung động.

Với bộ chuyển đổi công suất theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế, thì lượng biến thiên của công suất phóng điện so với công suất tích điện, tức là công suất được đệm bởi mạch đệm công suất, nhỏ hơn thành phần AC của công suất xung động. Do đó, công suất của mạch đệm công suất có thể được giảm so với kĩ thuật thông thường.

Với bộ chuyển đổi công suất theo khía cạnh thứ hai theo sáng chế, thì công suất được đệm bởi mạch đệm công suất là gấp đôi giá trị thu được bằng cách nhân thành phần AC của công suất xung động với hằng số. Do hằng số này nhỏ hơn 1/2, nên công suất được đệm nhỏ hơn công suất được đệm theo mạch đệm công suất thông thường, và khía cạnh thứ hai này cho phép đạt được hiệu quả của khía cạnh thứ nhất.

Với bộ chuyển đổi công suất theo khía cạnh thứ ba theo sáng chế, thì khoảng thời gian trong đó dòng điện pha không đi qua bộ nghịch lưu có thể được giảm, để nhờ đó làm tăng khoảng thời gian trong đó điện áp được cấp đến đường liên kết DC, được sử dụng.

Tổng của tích giữa tỷ số chỉnh lưu trong một chu trình chỉnh lưu với điện áp đã được chỉnh lưu và tích giữa tỷ số phóng điện trong một chu trình phóng điện với điện áp hai đầu là tương ứng với giá trị trung bình của điện áp DC mà bộ nghịch lưu sử dụng. Với bộ chuyển đổi công suất theo khía cạnh thứ tư theo sáng chế, thì tổng này khớp với

điện áp xác định trước, và có thể được thiết lập bằng giá trị không đổi một cách độc lập với pha của điện áp AC một pha.

Với bộ chuyển đổi công suất theo khía cạnh thứ năm theo sáng chế, thì dòng điện gợn sóng của tụ điện có thể được giảm trong khoảng phụ tải nhỏ, và tuổi thọ của bộ chuyển đổi công suất có thể được tăng lên.

Với bộ chuyển đổi công suất theo khía cạnh thứ sáu theo sáng chế, khi mômen xoắn của mô tơ mà có tác dụng như phụ tải của bộ chuyển đổi công suất là nhỏ, thì các rung lắc của mô tơ trong khoảng vòng/phút thấp có thể được giảm.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các mục đích, các dấu hiệu, các khía cạnh và các ưu điểm của sáng chế sẽ được làm rõ hơn trong phần mô tả chi tiết dưới đây và các hình vẽ kèm theo.

Fig.1 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của cấu hình của bộ chuyển đổi công suất trực tiếp theo một phương án;

Fig.2 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối cân bằng công suất trong bộ chuyển đổi công suất trực tiếp theo phương án này;

Fig.3 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa công suất đầu vào, điện dung tĩnh điện của tụ điện, và dòng điện gợn sóng trong bộ chuyển đổi công suất trực tiếp này;

Fig.4 là hình vẽ thể hiện sơ đồ mạch tương đương của mạch điện trên Fig.1;

Fig.5 và Fig.6 là các đồ thị thể hiện sự hoạt động của bộ chuyển đổi công suất trực tiếp theo phương án này;

Fig.7 là đồ thị thể hiện điện áp DC ảo,

Fig.8 là đồ thị thể hiện sự hoạt động ảo của bộ chuyển đổi công suất trực tiếp theo phương án này;

Fig.9 và Fig.10 là các đồ thị thể hiện sự hoạt động của bộ chuyển đổi công suất trực tiếp theo phương án này;

Fig.11 là sơ đồ khối thể hiện một ví dụ của cấu hình điều khiển để thu được dòng điện DC; và

Fig.12 là sơ đồ mạch điện thể hiện một phương án cải biến của bộ chuyển đổi công suất trực tiếp trên Fig.1.

Mô tả chi tiết sáng chế

A. Cấu hình của bộ chuyển đổi công suất trực tiếp

Fig.1 là sơ đồ khối thể hiện cấu hình của bộ chuyển đổi công suất trực tiếp có áp dụng phương pháp điều khiển theo phương án này. Bộ chuyển đổi công suất trực tiếp này bao gồm bộ chuyển đổi 3, mạch đệm công suất 4, bộ nghịch lưu 5, và đường liên kết DC 7.

Bộ chuyển đổi 3 được nối với nguồn cấp AC một pha 1, ví dụ, thông qua bộ lọc 2. Bộ lọc 2 bao gồm cuộn cảm L2 và tụ điện C2. Cuộn cảm L2 được bố trí giữa một trong số hai cực ra của nguồn cấp AC một pha 1 và bộ chuyển đổi 3. Tụ điện C2 được bố trí giữa hai cực ra của nguồn cấp AC một pha 1. Bộ lọc 2 loại bỏ thành phần cao tần của dòng điện. Bộ lọc 2 có thể được lược bỏ. Để đơn giản hoá phần mô tả thì chức năng của bộ lọc 2 sẽ không được mô tả trong phần mô tả sau đây.

Đường liên kết DC 7 bao gồm các đường cấp nguồn DC là LH và LL.

Bộ chuyển đổi 3 sử dụng, ví dụ, cầu điôt, và bao gồm các điôt từ D31 đến D34. Các điôt D31 đến D34 này cấu thành một mạch cầu, và chuyển đổi điện áp AC một pha Vin, tức là điện áp vào từ nguồn cấp AC một pha 1, bằng cách chỉnh lưu toàn sóng một pha thành điện áp đã được chỉnh lưu Vrec, và trích xuất qua các đường cấp nguồn DC LH và LL. Một điện thế cao hơn được cấp đến đường cấp nguồn DC LH so với đến đường cấp nguồn DC LL. Dòng điện đầu vào Iin đi từ nguồn cấp AC một pha 1 vào bộ chuyển đổi 3.

Mạch đệm công suất 4 bao gồm mạch phóng điện 4a và mạch tích điện 4b, và cấp công suất đến và nhận công suất từ đường liên kết DC 7. Mạch phóng điện 4a bao gồm tụ điện C4, và mạch tích điện 4b tăng thế cho điện áp đã được chỉnh lưu Vrec, và tích điện cho tụ điện C4.

Mạch phóng điện 4a còn bao gồm tranzito (ở đây là tranzito lưỡng cực công cách ly - Insulated Gate Bipolar Transistor "IGBT") Sc được mắc đối song với điôt D42. Tranzito Sc này được mắc nối tiếp với tụ điện C4 giữa các đường cấp nguồn DC LH và LL ở phía gần đường cấp nguồn DC LH. Ở đây, mắc đối song có nghĩa là mắc song song

với các chiều thuận quay ngược nhau. Cụ thể là, chiều thuận của tranzito Sc là chiều từ đường cấp nguồn DC LL về phía đường cấp nguồn DC LH, và chiều thuận của điôt D42 là chiều từ đường cấp nguồn DC LH về phía đường cấp nguồn DC LL. Tranzito Sc và điôt D42 có thể được gọi chung là phần tử chuyển mạch (chuyển mạch thứ nhất). Khi chuyển mạch thứ nhất này dẫn điện, thì tụ điện C4 phóng điện để cấp công suất đến đường liên kết DC 7.

Mạch tích điện 4b bao gồm, ví dụ, điôt D40, cuộn cảm L4, và tranzito (ở đây là IGBT) S1. Điôt D40 có catôt và anôt, và catôt được nối giữa chuyển mạch thứ nhất và tụ điện C4. Cấu hình này được gọi là mạch boost chopper (mạch băm tăng áp).

Cuộn cảm L4 được mắc giữa đường cấp nguồn DC LH và anôt của điôt D40. Tranzito S1 được mắc giữa đường cấp nguồn DC LL và anôt của điôt D40. Tranzito S1 được mắc đối song với điôt D41, và chúng có thể được gọi chung là phần tử chuyển mạch (chuyển mạch thứ hai). Cụ thể là, chiều thuận của tranzito S1 là chiều từ đường cấp nguồn DC LH về phía đường cấp nguồn DC LL, và chiều thuận của điôt D41 là chiều từ đường cấp nguồn DC LL về phía đường cấp nguồn DC LH.

Tụ điện C4 được tích điện bởi mạch tích điện 4b, và tạo ra điện áp hai đầu V_c cao hơn so với điện áp đã được chỉnh lưu V_{rec} . Cụ thể là, dòng điện được phép đi từ đường cấp nguồn DC LH đến đường cấp nguồn DC LL qua chuyển mạch thứ hai để tích trữ năng lượng vào cuộn cảm L4, và sau đó chuyển mạch thứ hai được ngắt để tích trữ năng lượng này vào tụ điện C4 thông qua điôt D40.

Do điện áp hai đầu V_c cao hơn điện áp đã được chỉnh lưu V_{rec} , nên dòng điện gần như không đi qua điôt D42. Do đó, sự dẫn điện/không dẫn điện của chuyển mạch thứ nhất chỉ phụ thuộc vào sự dẫn điện/không dẫn điện của tranzito Sc. Do đó, không chỉ tranzito Sc mà còn chuyển mạch thứ nhất bao gồm tranzito Sc và điôt D42 cũng có thể được gọi là chuyển mạch Sc.

Do đường cấp nguồn DC LH có điện thế cao hơn đường cấp nguồn DC LL, nên dòng điện gần như không đi qua điôt D41. Do đó, sự dẫn điện/không dẫn điện của chuyển mạch thứ hai chỉ phụ thuộc vào sự dẫn điện/không dẫn điện của tranzito S1. Do đó, không chỉ tranzito S1 mà còn chuyển mạch thứ hai bao gồm tranzito S1 và điôt D41 cũng có thể được gọi là chuyển mạch S1.

Bộ nghịch lưu 5 chuyển đổi điện áp DC giữa các đường cấp nguồn DC LH và LL thành điện áp AC, và trích xuất các cực ra Pu, Pv và Pw. Bộ nghịch lưu 5 bao gồm sáu phần tử chuyển mạch Sup, Svp, Swp, Sun, Svn và Swn. Các phần tử chuyển mạch Sup, Svp và Swp lần lượt được nối giữa các cực ra Pu, Pv và Pw và đường cấp nguồn DC LH, và các phần tử chuyển mạch Sun, Svn, và Swn lần lượt được nối giữa các cực ra Pu, Pv, và Pw và đường cấp nguồn DC LL. Bộ nghịch lưu 5 bao gồm bộ nghịch lưu nguồn điện áp, và bao gồm sáu điôt Dup, Dvp, Dwp, Dun, Dvn và Dwn.

Các điôt Dup, Dvp, Dwp, Dun, Dvn và Dwn này được bố trí với các catôt của chúng hướng về phía đường cấp nguồn DC LH và các anôt của chúng hướng về phía đường cấp nguồn DC LL. Điôt Dup được mắc song song với phần tử chuyển mạch Sup giữa cực ra Pu và đường cấp nguồn DC LH. Tương tự như vậy, các điôt Dvp, Dwp, Dun, Dvn, và Dwn lần lượt được mắc song song với các phần tử chuyển mạch Svp, Swp, Sun, Svn, và Swn. Các dòng điện AC Iu, Iv, và Iw lần lượt được trích xuất từ các cực ra Pu, Pv, và Pw, và cấu thành dòng điện AC ba pha. Ví dụ, các IGBT được dùng làm các phần tử chuyển mạch Sup, Svp, Swp, Sun, Svn, và Swn.

Phụ tải cảm kháng 6 là, ví dụ, máy nén rôto, và được thể hiện bằng mạch tương đương biểu thị phụ tải cảm kháng. Cụ thể là, cuộn cảm Lu và điện trở Ru được mắc nối tiếp với nhau, và một đầu của thân nối tiếp này được nối với cực ra Pu. Cũng tương tự như vậy đối với cuộn cảm Lv và điện trở Rv, và đối với cuộn cảm Lw và điện trở Rw. Các đầu đối nhau tương ứng của các thân nối tiếp này được nối với nhau.

B. Phương pháp điều khiển

(b-1) Khái niệm cơ bản về sự giảm công suất

Công suất đầu vào tức thời Pin được đưa vào bộ chuyển đổi 3 được biểu diễn bằng công thức (1) sau đây với hệ số công suất đầu vào là 1. Lưu ý rằng giá trị cực đại Vm và vận tốc góc ω của nguồn cấp của điện áp AC một pha Vin, giá trị cực đại Im của dòng điện đầu vào Iin, và thời gian t được sử dụng. Tích ωt của vận tốc góc ω của nguồn cấp và thời gian t biểu thị pha của điện áp AC một pha Vin. Dạng sóng AC được hiểu là tích của giá trị sin của pha ωt của dạng sóng AC và giá trị cực đại.

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_m \cdot I_m \cdot \sin^2(\omega t) \\ &= \frac{1}{2} V_m \cdot I_m - \frac{1}{2} V_m \cdot I_m \cdot \cos(2\omega t) \quad \dots(1) \end{aligned}$$

Công suất đầu vào tức thời Pin có thành phần AC $(-1/2) \cdot V_m \cdot I_m \cdot \cos(2\omega t)$ (dưới đây còn được gọi là “thành phần AC Pin[^]”) được thể hiện bằng số hạng thứ hai của vế phải của công thức (1). Do đó, công suất đầu vào tức thời Pin còn được gọi là công suất xung động Pin dưới đây.

Bộ chuyển đổi công suất trên Fig.1 có thể được hiểu như sau:

Đường liên kết DC 7 bao gồm các đường cấp nguồn DC là LH và LL;

Bộ chuyển đổi 3 nhận điện áp AC một pha Vin, và trích xuất công suất xung động Pin;

Mạch đệm công suất 4 nhận công suất tích điện Pl từ đường liên kết DC 7, và trích xuất công suất phóng điện Pc ra đường liên kết DC 7; và

Bộ nghịch lưu 5 nhận, từ đường liên kết DC 7, công suất đầu vào Pdc (= Pin + Pc - Pl) thu được bằng cách lấy tổng của công suất xung động Pin và công suất phóng điện Pc trừ đi công suất tích điện Pl, và trích xuất các dòng điện AC Iu, Iv, và Iw.

Fig.2 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối cân bằng công suất trong bộ chuyển đổi công suất trực tiếp trên Fig.1. Công suất được đệm (dưới đây được gọi là “công suất đệm Pbuf”) bằng với lượng chênh lệch công suất (Pc - Pl) thu được bằng cách lấy công suất phóng điện Pc trừ đi công suất tích điện Pl. Công suất Prec được đưa từ bộ chuyển đổi 3 vào bộ nghịch lưu 5 bằng Pin - Pl. Do đó, Pdc = Prec + Pc là đúng.

Theo các kĩ thuật thông thường được bộc lộ trong Tài liệu phi sáng chế 2 và Tài liệu sáng chế 1, thì mỗi trong số công suất tích điện Pl và công suất phóng điện Pc lấy cùng giá trị với thành phần AC Pin[^], và được cấp và nhận giữa mạch đệm công suất 4 và các đường cấp nguồn DC LH và LL trong những khoảng thời gian loại trừ lẫn nhau của pha của nguồn cấp để chống lại thành phần AC Pin[^] nêu trên. Do đó, công suất được đệm bởi mạch đệm công suất 4 bằng với giá trị tuyệt đối của thành phần AC Pin[^], và mạch đệm công suất 4 cần phải có công suất lớn hơn hoặc bằng giá trị tuyệt đối của thành phần AC Pin[^].

Do đó, kĩ thuật mà có thể giảm công suất đệm Pbuf để giảm công suất của mạch đệm công suất 4 sẽ được mô tả.

Tất nhiên là không muốn thiết lập công suất đệm Pbuf hoàn toàn bằng không do công suất được đưa vào bộ nghịch lưu 5 xung động với số hạng thứ hai của vế phải của

công thức (1), và không cần giảm công suất của mạch đệm công suất 4 ngay từ đầu. Công suất đệm P_{buf} được xác định bằng công thức (2) sau đây nhờ sử dụng hằng số dương k nhỏ hơn 1/2. Nói cách khác, khi đạt được công suất đệm P_{buf} này thì sẽ cho phép giảm công suất của mạch đệm công suất.

$$P_{buf} = k \cdot V_m \cdot I_m \cdot \cos(2\omega t) \quad \dots(2)$$

Điều này có nghĩa là lượng chênh lệch giữa các công suất được cấp và nhận giữa mạch đệm công suất 4 và các đường cấp nguồn DC LH và LL thỏa mãn công thức (2). Nói cách khác, nếu giá trị tuyệt đối của công suất ($P_c - P_l$), tức là lượng biến thiên của công suất phóng điện P_c so với công suất tích điện P_l , nhỏ hơn giá trị tuyệt đối của thành phần AC P_{in} , thì công suất của mạch đệm công suất 4 có thể được giảm so với kỹ thuật thông thường.

Bằng cách sử dụng hằng số k nhỏ hơn 1/2 như đã mô tả trên đây, thì công suất đệm P_{buf} có thể được chọn sao cho nhỏ so với các kỹ thuật được bộc lộ trong các Tài liệu phi sáng chế 2 và 3. Điều này đem lại các ưu điểm sau đây của mạch đệm công suất 4.

(b-2) Mô tả các ưu điểm của mạch phóng điện 4a

Trong phần này, việc giảm công suất đệm P_{buf} sẽ cho phép dùng tụ điện điện phân làm tụ điện C4, và cách thức tạo ra mạch phóng điện 4a một cách không đắt đỏ sẽ được mô tả.

Fig.3 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa điện dung tĩnh điện (còn được gọi một cách đơn giản là “điện dung của tụ điện”) (trục thẳng đứng bên trái) của tụ điện được dùng hay cần dùng trong bộ chuyển đổi công suất trực tiếp để nhận và xử lý công suất đầu vào (giá trị trung bình của công suất đầu vào tức thời P_{in} : là trục ngang) và dòng điện gợn sóng và giá trị cho phép (trục thẳng đứng bên phải) của dòng điện gợn sóng trong tụ điện này.

Mỗi trong số các kí hiệu H1 và H2 biểu thị điện dung của tụ điện được sử dụng trong trường hợp mà mạch hiệu chỉnh hệ số công suất một pha được sử dụng. Các kí hiệu H1 và H2 lần lượt biểu thị dữ liệu trong các trường hợp sử dụng các máy điều hoà không khí có công suất điều hoà không khí là 6 kW và 11,2 kW. Ở đây, mạch hiệu chỉnh hệ số công suất có thể được hiểu là có cấu hình trong đó chuyển mạch Sc được nối tắt và được loại bỏ khỏi mạch đệm công suất 4, và điểm nối giữa cuộn cảm L4 và bộ chuyển đổi 3

không được nối trực tiếp với bộ nghịch lưu 5. Trong cấu hình này, điôt D40 và cuộn cảm L4, vốn được mắc nối tiếp với nhau, được bố trí giữa bộ chuyển đổi 3 và bộ nghịch lưu 5 trong đường cấp nguồn DC LH, và tụ điện C4 được mắc song song với bộ nghịch lưu 5 giữa các đường cấp nguồn DC LH và LL.

Do $P_{dc} = P_{in} - P_{in}^*$ đúng khi $k = 1/2$, nên điện dung tĩnh điện C cần thiết cho tụ điện C4 có thể thu được từ Tài liệu phi sáng chế 3 bằng công thức (3) sau đây. Lưu ý rằng giá trị cực đại V_{cmax} và giá trị cực tiểu V_{cmin} của điện áp hai đầu V_c được sử dụng.

$$C = \frac{V_m \cdot I_m}{\omega(V_{cmax}^2 - V_{cmin}^2)} \quad \dots(3)$$

Các giá trị tính được cần thiết cho các điện dung của tụ điện khi $k = 1/2$ (tức công suất đệm P_{buf} bằng giá trị tuyệt đối của thành phần AC P_{in}^*) được vẽ thành đồ thị G1. Lưu ý rằng giá trị cực đại $V_{cmax} = 400 + 50 = 450$ (V) và giá trị cực tiểu $V_{cmin} = 400 - 50 = 350$ (V) là đúng. Các đường tròn nét liền trên đồ thị G1 cho biết các trường hợp giống nhau được biểu thị bởi các kí hiệu H1 và H2 trong công suất đầu vào. Tuy nhiên, các điện dung của tụ điện mà được sử dụng thực tế được vẽ thành đồ thị như các kí hiệu H1 và H2, và khi chúng được tính ngược từ công thức (3), thì điện áp hai đầu V_c biến thiên khoảng $\pm 5\%$.

Như có thể thấy từ sự so sánh giữa các kí hiệu H1 và H2 và các đường tròn nét liền trên đồ thị G1, các điện dung của tụ điện được giảm xuống còn khoảng 1/3 đến 1/4 so với mạch hiệu chỉnh hệ số công suất bình thường khi $k = 1/2$.

Tuy nhiên, khi $k = 1/2$, thì dòng điện gợn sóng như được thể hiện bằng đồ thị G2 sẽ đi qua tụ điện C4. Mặt khác, dòng điện gợn sóng (ví dụ, các giá trị thu được tại 45°C bằng tụ điện điện phân của chuỗi GW (các đặc tả 105°C) của công ty Nichicon Corporation), mà được cho phép khi điện dung của tụ điện thu được bằng đồ thị G1 được thu thập nhờ sử dụng tụ điện điện phân này, được thể hiện bằng đồ thị G3. Phép so sánh giữa các đồ thị G2 và G3 cho thấy rằng việc sử dụng tụ điện điện phân sẽ không thể đạt được kết quả như tụ điện C4 khi $k = 1/2$ xét về mặt cho phép dòng điện gợn sóng.

Tuy nhiên, dòng điện gợn sóng đi qua tụ điện C4 có thể được giảm bằng cách thiết lập hằng số k sao cho hằng số k nhỏ hơn 1/2 so với trường hợp $k = 1/2$. Tụ điện C4 có thể

được thực hiện bằng tụ điện điện phân bằng cách thiết lập hằng số k theo điện dung của tụ điện mong muốn, để thực hiện mạch đệm công suất 4 một cách không đắt đỏ.

(b-3) Mô tả các ưu điểm của mạch tích điện 4b

Phần này sẽ mô tả cách giảm công suất đệm Pbuf để thực hiện mạch tích điện 4b một cách không đắt đỏ.

Tất cả các công suất đầu vào tức thời Pin đều đi qua mạch hiệu chỉnh hệ số công suất bình thường. Ngược lại, khi mạch đệm công suất 4 được sử dụng, thì công suất mà đi qua mạch tích điện 4b là công suất tích điện Pl, tương ứng với công suất đệm Pbuf được biểu diễn bằng công thức (2) trong trường hợp mà công suất đệm Pbuf là dương (xem Fig.2).

Công suất cần thiết cho mạch tích điện 4b giảm khi công suất đệm Pbuf giảm. Bằng cách giảm công suất đệm Pbuf, thì dòng điện il (dòng điện này có thể được hiểu là dòng điện tích điện đi vào mạch tích điện 4b) đi qua cuộn cảm L4 được giảm, do đó, công suất cần thiết cho cuộn cảm L4 cũng được giảm.

(b-4) Các ví dụ cụ thể về công suất tích điện Pl và công suất phóng điện Pc

Ở phần này và phần sau, công suất tích điện Pl và công suất phóng điện Pc nêu trên lần lượt được xác định bằng các công thức (4) và (5) làm ví dụ.

$$P_l = k \cdot V_m \cdot I_m \cdot \sin^2(\omega t) \quad \dots(4)$$

$$\begin{aligned} P_c &= k \cdot V_m \cdot I_m \cdot \cos^2(\omega t) \\ &= k \cdot V_m \cdot I_m \cdot \cos(2\omega t) + P_l \quad \dots(5) \end{aligned}$$

Điều này có nghĩa là công suất tích điện Pl là công suất bằng hằng số k lần công suất xung động Pin, và công suất phóng điện Pc là công suất thu được bằng cách cộng công suất tích điện Pl với (-2) lần thành phần AC Pin nhân với hằng số k.

Công suất tích điện Pl có thể được hiểu là công suất k·Pin được phân phối từ công suất xung động Pin đến mạch đệm công suất 4 qua đường liên kết DC 7 ở tỷ số phân phối là hằng số k. Do đó, dưới đây hằng số k còn được gọi là tỷ số phân phối mạch đệm k.

Có thể thấy rõ từ các công thức (4) và (5) và $P_{buf} = P_c - P_l$ rằng công thức (2) được thỏa mãn.

Ngược lại so với Tài liệu sáng chế 1 và Tài liệu phi sáng chế 2 trong đó công suất tích điện P_I và công suất phóng điện P_c được cấp và nhận giữa mạch đệm công suất 4 và đường liên kết DC 7 trong những khoảng thời gian riêng của pha của nguồn cấp, theo sáng chế, những khoảng thời gian riêng của pha của nguồn cấp đối với công suất tích điện P_I và công suất phóng điện P_c không được thiết lập.

Tuy nhiên, sự phóng điện là trội hơn sự tích điện trong khoảng thời gian trong đó $P_c > P_I$ (tức $P_{buf} > 0$) (sau đây được gọi là “khoảng thời gian phóng điện trội”), và sự tích điện là trội hơn sự phóng điện trong khoảng thời gian trong đó $P_c < P_I$ (tức $P_{buf} < 0$) (sau đây được gọi là “khoảng thời gian tích điện trội”). Như có thể thấy từ các công thức (4) và (5), khoảng thời gian trong đó $(n+1/4)\pi \leq \omega t \leq (n+3/4)\pi$ là khoảng thời gian tích điện trội, và khoảng thời gian trong đó $(n+3/4)\pi \leq \omega t \leq (n+5/4)\pi$ là khoảng thời gian phóng điện trội (n là số nguyên, dưới đây cũng vậy).

Bằng cách xác định công suất tích điện P_I và công suất phóng điện P_c như đã nêu trên, thì phần mô tả công suất cần thiết cho mạch tích điện 4b có thể có tính định lượng hơn so với phần trước đó.

Giá trị trung bình của công suất được đưa vào mạch hiệu chỉnh hệ số công suất thông thường, tức được đưa vào cuộn cảm, trong mỗi khoảng thời gian của tần số nguồn cấp có thể được thu thập từ công thức (6) dựa vào công thức (1).

$$\frac{V_m \cdot I_m}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} (1 - \cos 2\theta) d\theta = \frac{V_m \cdot I_m}{2} \quad \dots (6)$$

Ngược lại, khi mạch đệm công suất 4 được sử dụng, thì công suất tích điện P_I được đưa vào mạch đệm công suất. Dựa vào công thức (4), có thể thu được giá trị trung bình của công suất được đưa vào mạch đệm công suất 4, tức là được đưa vào mạch tích điện 4b, trên mỗi khoảng thời gian của tần số nguồn cấp, từ công thức (7).

$$\frac{V_m \cdot I_m}{2\pi} \int_0^{2\pi} |k \cdot \sin^2 2\theta| d\theta = \frac{V_m \cdot I_m}{2} \cdot k \quad \dots (7)$$

Như có thể thấy từ phép so sánh giữa các công thức (6) và (7), công suất cần thiết cho mạch tích điện 4b là k lần so với mạch hiệu chỉnh hệ số công suất. Bằng cách thiết lập tỷ số phân phối mạch đệm k nhỏ hơn $1/2$, thì công suất cần thiết cho mạch tích điện 4b được giảm xuống còn dưới một nửa công suất trong mạch hiệu chỉnh hệ số công suất.

(b-5) Sự phân phối dòng điện phụ thuộc vào hằng số k

Phần này sẽ mô tả kĩ thuật để thiết lập dòng điện irec1, vốn đi từ bộ chuyển đổi 3 đến bộ nghịch lưu 5, khỏi dòng điện irec vốn được trích xuất từ bộ chuyển đổi 3, theo cách phụ thuộc vào tỷ số phân phối mạch đệm k.

Điện áp đã được chỉnh lưu Vrec, mà được biểu diễn bằng công thức (8), được cấp vào phía đầu ra của bộ chuyển đổi 3.

$$V_{rec} = |V_{in}| = V_m \cdot |\sin(\omega t)| \quad \dots(8)$$

Công thức (9) sau đây đúng khi $P_{rec} = P_{in} - P_l$.

$$P_{rec} = (1 - k) \cdot V_m \cdot I_m \cdot \sin^2(\omega t) = |V_{in}| \cdot i_{rec1} \quad \dots(9)$$

Do đó, dòng điện irec1 được biểu diễn bằng công thức (10) sau đây.

$$i_{rec1} = (1 - k) \cdot I_m \cdot |\sin(\omega t)| \quad \dots(10)$$

Công thức (1) dựa trên tiền đề là dòng điện đầu vào I_{in} được biểu diễn bằng $I_m \cdot \sin(\omega t)$, tức là có dạng sóng điều hoà, do đó, dòng điện i_l thoả mãn công thức (11) sau đây. Như có thể thấy từ Fig.2, điều này là vì dòng điện irec ra từ bộ chuyển đổi 3 bằng tổng của dòng điện irec1 và dòng điện i_l .

$$i_l = k \cdot I_m \cdot |\sin(\omega t)| \quad \dots(11)$$

Do đó, giá trị đỉnh của dòng điện i_l là $k \cdot I_m$. Do giá trị đỉnh của dòng điện đầu vào mạch hiệu chỉnh hệ số công suất thông thường là I_m , nên có thể thấy rằng công suất cần thiết cho cuộn cảm L_4 được giảm so với kĩ thuật thông thường.

Khi dòng điện phóng i_c , vốn đi từ tụ điện C_4 đến bộ nghịch lưu 5, được đưa vào, thì công suất phóng điện P_c ra từ mạch đệm công suất 4 được biểu diễn bằng tích $V_c \cdot i_c$. Để cho công suất phóng điện P_c thoả mãn công thức (5), thì dòng điện phóng i_c phải thoả mãn công thức (12) sau đây.

$$i_c = \frac{P_c}{V_c} = \frac{k \cdot V_m \cdot I_m}{2V_c} (1 + \cos(2\omega t)) \quad \dots(12)$$

Fig.4 là hình vẽ thể hiện mạch tương đương của mạch điện trên Fig.1. Mạch tương đương này được giới thiệu trong, ví dụ, Tài liệu sáng chế 1. Trong mạch tương đương này, dòng điện irec1 được biểu diễn tương đương dưới dạng dòng điện irec1 đi qua chuyển mạch Srec khi chuyển mạch Srec dẫn điện. Tương tự như vậy, dòng điện phóng

ic được biểu diễn tương đương dưới dạng dòng điện ic đi qua chuyển mạch Sc khi chuyển mạch Sc dẫn điện. Dòng điện mà đi qua bộ nghịch lưu 5 đến phụ tải cảm kháng 6, khi các cực ra Pu, Pv và Pw được nối chung với bất kì trong số các đường cấp nguồn DC LH và LL trong bộ nghịch lưu 5, cũng được biểu diễn tương đương dưới dạng dòng điện pha không iz đi qua chuyển mạch Sz khi chuyển mạch Sz dẫn điện. Fig.4 cũng thể hiện cuộn cảm L4, điôt D40 và chuyển mạch S1 cấu thành mạch tích điện 4b, và còn thể hiện dòng điện il đi qua cuộn cảm L4.

Trong mạch tương đương thu được này, công thức sau đây là đúng khi đưa vào các tỷ số drec, dc, và dz trong chu trình trong đó các chuyển mạch Srec, Sc, và Sz lần lượt dẫn điện và dòng điện DC I_{dc} vào bộ nghịch lưu 5.

$$\begin{bmatrix} i_{rec} \\ i_c \\ i_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{rec} & 1 \\ d_c & 0 \\ d_z & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{dc} \\ i_l \end{bmatrix} \quad \dots(13)$$

Các dòng điện i_{rec1}, i_c và i_z thu được bằng cách nhân dòng điện DC I_{dc} với lần lượt các tỷ số drec, dc và dz, do đó, chúng là các giá trị trung bình trong các chu kì chuyển mạch của các chuyển mạch tương ứng Srec, Sc và Sz.

Dòng điện DC I_{dc} là tổng của các dòng điện i_{rec1}, i_c, và i_z đi qua các chuyển mạch tương ứng Srec, Sc và Sz, do đó, công thức sau đây là đúng. Lưu ý rằng $0 \leq d_{rec} \leq 1$, $0 \leq d_c \leq 1$, và $0 \leq d_z \leq 1$.

$$d_{rec} + d_c + d_z = 1 \quad \dots(14)$$

Do đó, các tỷ số drec, dc và dz có thể được hiểu là các tỷ số phân phối dòng điện giữa dòng điện DC I_{dc} so với các dòng điện tương ứng i_{rec1}, i_c, và i_z. Dưới đây, tỷ số drec còn được gọi là tỷ số chỉnh lưu trong một chu trình chỉnh lưu drec, vì tỷ số drec là tỷ số trong khoảng thời gian trong đó bộ chuyển đổi 3 được nối với đường liên kết DC 7 và cho phép dòng điện đi qua bộ nghịch lưu 5. Dưới đây, tỷ số dc có thể còn được gọi là tỷ số phóng điện trong một chu trình phóng điện dc do tỷ số dc là tỷ số trong khoảng thời gian mà tụ điện C4 phóng điện. Dưới đây, tỷ số dz có thể còn được gọi là tỷ số trong chu trình không dz do tỷ số dz là tỷ số trong khoảng thời gian mà dòng điện pha không iz luôn đi qua bộ nghịch lưu 5 mà không phụ thuộc vào điện áp ra từ bộ nghịch lưu 5.

Tỷ số chỉnh lưu trong một chu trình chỉnh lưu drec và tỷ số phóng điện trong một chu trình phóng điện dc lần lượt được thiết lập bằng các công thức (15) và (16) sau đây từ các công thức (10), (12) và (13).

$$d_{rec} = (1 - k) \cdot \frac{I_m}{I_{dc}} \cdot |\sin(\omega t)| \quad \dots (15)$$

$$d_c = k \cdot \frac{V_m}{2V_c} \cdot \frac{I_m}{I_{dc}} \cdot (1 + \cos(2\omega t)) \quad \dots (16)$$

Tức là các công thức (10), (12), (15) và (16) được dùng để thỏa mãn yêu cầu cân bằng công suất, và công thức (11) được dùng để tiếp tục thỏa mãn yêu cầu làm cho dòng điện đầu vào I_{in} có dạng sóng điều hoà và thỏa mãn công thức (1) mà các công thức nêu trên dựa trên đó.

Trong trường hợp cầu điôt được dùng làm bộ chuyển đổi 3, thì bộ chuyển đổi 3 không thể chủ động được chuyển mạch với tỷ số chỉnh lưu trong một chu trình chỉnh lưu drec được biểu diễn bằng công thức (15). Bằng cách chuyển mạch bộ nghịch lưu 5 và chuyển mạch Sc lần lượt theo tỷ số trong chu trình không dz và tỷ số phóng điện trong một chu trình phóng điện dc xác định được bằng các công thức (14), (15) và (16), thì có thể thu được dòng điện irec1 được biểu diễn bằng công thức (10).

Bộ nghịch lưu 5 không thể sử dụng điện áp DC tại đường liên kết DC 7 trong khoảng thời gian có dòng điện pha không iz. Điện áp DC ảo Vdc trong khoảng thời gian trong đó bộ nghịch lưu 5 có thể thực hiện hoạt động chuyển đổi công suất đối với điện áp DC giữa các đường cấp nguồn DC LH và LL có thể được hiểu là như sau.

$$V_{dc} = V_{rec} \cdot d_{rec} + V_c \cdot d_c + 0 \cdot dz \quad \dots (17)$$

Điện áp này có thể được hiểu là điện áp được cấp đến đường liên kết DC 7 dưới dạng trung bình của giá trị cực đại của điện áp mà bộ nghịch lưu 5 có thể trích xuất, trong khoảng thời gian trong đó hoạt động chuyển mạch của các chuyển mạch Sc và Sl và bộ nghịch lưu 5 được điều khiển. Trên Fig.4, điện áp DC ảo Vdc được hiểu là điện áp được tạo ra giữa nguồn dòng Idc (vốn sinh ra dòng điện DC Idc) vốn biểu thị bộ nghịch lưu 5 và phụ tải của nó.

Dưới đây, tỷ số R (= V_{dc}/V_m) giữa điện áp DC ảo Vdc và giá trị cực đại V_m được gọi là tỷ số sử dụng điện áp. Có thể thấy từ các công thức (13), (14) và (16) rằng, bằng cách giảm tỷ số trong chu trình không dz, thì có thể giảm được khoảng thời gian trong đó

bộ nghịch lưu 5 sinh ra dòng điện pha không, nhờ đó có thể tăng khoảng thời gian trong đó điện áp cấp đến đường liên kết DC 7 được sử dụng. Điều này làm tăng tỷ số sử dụng điện áp R.

Ngoài ra, công suất đầu vào P_{dc} , được đưa từ đường liên kết DC 7 vào bộ nghịch lưu 5, là tích của điện áp DC ảo V_{dc} và dòng điện DC I_{dc} . Do bộ nghịch lưu 5 nhận được, từ đường liên kết DC 7, công suất đầu vào P_{dc} ($= P_{in} + P_c - P_l$) thu được bằng cách trừ đi công suất tích điện P_l từ tổng của công suất xung động P_{in} và công suất phóng điện P_c , nên công thức (18) sau đây là đúng.

$$\begin{aligned} I_{dc} &= \frac{P_{in} + P_c - P_l}{V_{dc}} \\ &= \frac{V_m \cdot I_m}{2} (1 - (1 - 2k) \cos(2\omega t)) \cdot \frac{1}{V_{dc}} \quad \dots (18) \end{aligned}$$

Lưu ý rằng cả điện áp DC ảo V_{dc} lẫn dòng điện DC I_{dc} đều không bị giới hạn ở các thiết lập đã được mô tả ở đây. Điều này có nghĩa là, khi tỷ số phân phối mạch đệm k được xác định, thì các tỷ số d_{rec} , d_c , và d_z có thể được thiết lập mà không phụ thuộc vào các thiết lập của điện áp DC ảo V_{dc} và dòng điện DC I_{dc} , miễn là điện áp DC ảo V_{dc} và dòng điện DC I_{dc} thỏa mãn công thức (18).

Các yêu cầu để tăng tỷ số sử dụng điện áp R như một hiệu quả mới sẽ được mô tả. Như đã mô tả trên đây, tỷ số sử dụng điện áp R có thể được tăng lên bằng cách giảm tỷ số trong chu trình không d_z , và giới hạn dưới của tỷ số trong chu trình không d_z bằng không. Có thể thu được các tỷ số d_{rec} và d_c khi điện áp DC ảo V_{dc} là cao nhất trên mỗi tỷ số phân phối mạch đệm k khi tỷ số trong chu trình không d_z bằng không.

Nếu tỷ số trong chu trình không d_z bằng không, thì thu được công thức (19) từ các công thức (14), (15) và (16).

$$\frac{I_m}{I_{dc}} \left\{ (1 - k) \cdot |\sin(\omega t)| + \frac{k \cdot V_m}{2V_c} (1 + \cos(2\omega t)) \right\} = 1 \quad \dots (19)$$

Ở đây, điện áp hai đầu V_c có thể được coi gần như là hằng số (ví dụ, biến thiên khoảng 5%, như đã mô tả trên đây) ngay cả khi hoạt động tích điện và phóng điện được thực hiện bởi mạch đệm công suất 4. Dòng điện DC I_{dc} khi điện áp DC ảo V_{dc} là cao nhất trên mỗi tỷ số phân phối mạch đệm k được xác định từ công thức (19). Kết quả là, các tỷ số d_{rec} và d_c khi điện áp DC ảo V_{dc} là cao nhất trên mỗi tỷ số phân phối mạch

đệm k được xác định từ các công thức (15) và (16). Điện áp DC ảo V_{dc} trong trường hợp này được xác định bằng các công thức (18) và (19).

Dòng điện DC I_{dc} khi điện áp DC ảo V_{dc} là cao nhất như được mô tả trên đây lấy giá trị cực tiểu dựa vào công thức (18). Điều này là được mong muốn để giảm các công suất danh định của các phần tử chuyển mạch S_{up} , S_{vp} , S_{wp} , S_{un} , S_{vn} và S_{wn} và các diốt D_{up} , D_{vp} , D_{wp} , D_{un} , D_{vn} và D_{wn} được sử dụng trong bộ nghịch lưu 5.

Fig.5 và Fig.6 là các đồ thị thể hiện sự hoạt động của bộ chuyển đổi công suất trực tiếp trên Fig.1, và thể hiện sự hoạt động trong trường hợp mà các tỷ số d_{rec} , d_c , và $d_z (= 0)$ được thiết lập để thỏa mãn các công thức (14) đến (19). Lưu ý rằng $k = 1/6$ trên Fig.5, và k được đặt $= 1/2$ trên Fig.6.

Trên mỗi trong số Fig.5 và Fig.6, các tỷ số d_{rec} , d_c và d_z được thể hiện trên tầng thứ nhất, điện áp DC ảo V_{dc} , thành phần thứ nhất $d_{rec} \cdot V_{rec}$ và thành phần thứ hai $d_c \cdot V_c$ của điện áp DC ảo V_{dc} , và dòng điện DC I_{dc} được thể hiện trên tầng thứ hai, dòng điện i_{rec} (bằng giá trị tuyệt đối của dòng điện đầu vào I_{in}) trích xuất từ bộ chuyển đổi 3 và các dòng điện i_{rec1} , i_l và i_c được thể hiện trên tầng thứ ba, và các công suất P_{in} , P_c , P_{buf} và P_{rec} được thể hiện trên tầng thứ tư. Trên mỗi trong số các đồ thị này, trục ngang biểu thị pha ωt với đơn vị là “độ”.

Lưu ý rằng thành phần thứ nhất $d_{rec} \cdot V_{rec}$ của điện áp DC ảo V_{dc} là điện áp xuất hiện trong số hạng thứ nhất của công thức (17), và biểu thị sự ảnh hưởng của bộ chuyển đổi 3 đến điện áp DC ảo V_{dc} . Thành phần thứ hai $d_c \cdot V_c$ của điện áp DC ảo V_{dc} là điện áp xuất hiện trong số hạng thứ hai của công thức (17), và biểu thị sự ảnh hưởng của tụ điện C_4 đến điện áp DC ảo V_{dc} . Việc tính toán được thực hiện với giả sử rằng $V_m = 1$, $I_m = \sqrt{2}$, và $V_c = 1,5V_m = 1,5$ để cho thuận tiện.

Do $k = 1/2$ trên Fig.6, nên tất cả những sự xung động (trong số hạng thứ hai của phía ngoài cùng bên phải của công thức (1)) của công suất xung động đều bị triệt tiêu bởi mạch đệm công suất 4. Do đó, công suất đầu vào P_{dc} được đưa vào bộ nghịch lưu 5 được giữ không đổi. Trong trường hợp này, $i_{rec1} = i_l$ là đúng dựa vào các công thức (10) và (11).

Fig.7 là đồ thị thể hiện điện áp DC ảo V_{dc} trong trường hợp $k = 1/2$, $1/4$ hoặc $1/6$, và $d_z = 0$. Điều này có nghĩa là điện áp DC ảo V_{dc} xác định được bằng các công thức (18) và (19) được thể hiện.

Như có thể thấy từ công thức (15), $d_{rec} = 0$ là đúng khi $\omega t = n\pi$, do đó, $d_c = 1$ là đúng nếu đặt $d_z = 0$. Do đó, $V_{dc} = V_c (= 1,5)$ đúng khi pha ωt là 0 độ, 180 độ, và 360 độ trên Fig.7. Như có thể thấy từ công thức (16), $d_c = 0$ đúng khi $\omega t = (2n-1)\pi/2$, do đó, $d_{rec} = 1$ đúng bằng cách đặt $d_z = 0$. Do đó, $V_{dc} = V_m (= 1)$ đúng khi pha ωt là 90 độ và 270 độ trên Fig.7.

Như có thể thấy từ các đồ thị này, có thể thu được tỷ số sử dụng điện áp R cao hơn so với tỷ số sử dụng điện áp $(1/\sqrt{2})$ của Tài liệu phi sáng chế 2 và Tài liệu sáng chế 1.

Trong trường hợp d_z không được đặt bằng không, thì điện áp DC ảo V_{dc} có thể được đặt bằng giá trị không đổi. Một ví dụ cụ thể về trường hợp này và giới hạn trên của điện áp DC ảo V_{dc} dưới dạng hằng số sẽ được mô tả dưới đây.

Như có thể thấy rõ trên Fig.7, điện áp DC ảo V_{dc} sẽ tăng nếu tăng tỷ số phân phối mạch đệm k , do đó, trường hợp $k = 1/2$ được xét đến. Trong trường hợp này, điện áp DC ảo V_{dc} gần như lấy giá trị lớn hơn hoặc bằng giá trị cực đại V_m trong toàn bộ phần pha ωt , nhưng lấy giá trị nhỏ hơn hoặc bằng giá trị cực đại V_m khi pha ωt nằm trong khoảng từ 30 độ đến 150 độ và nằm trong khoảng từ 210 độ đến 330 độ. Ngay cả khi $k = 1/2$ và $d_z = 0$, thì điện áp DC ảo V_{dc} cũng không thể được đặt bằng giá trị không đổi lớn hơn hoặc bằng giá trị cực đại V_m .

Fig.8 là đồ thị thể hiện sự hoạt động của bộ chuyển đổi công suất trực tiếp trong trường hợp $d_z < 0$ gần như được cho phép, và $V_{dc} = V_m$ đúng khi $k = 1/2$ trong khi thỏa mãn các công thức (15) và (16). Cũng như trên các hình vẽ từ Fig.5 đến Fig.7, việc tính toán ở đây được thực hiện với giả sử rằng $V_m = 1$, $I_m = \sqrt{2}$, và $V_c = 1,5V_m = 1,5$. Dựa vào Fig.7, có thể thấy rằng $d_z < 0$ đúng khi pha ωt nằm trong khoảng từ 30 độ đến 150 độ và nằm trong khoảng từ 210 độ đến 330 độ.

Do đó, thu được giá trị cực đại của điện áp DC ảo V_{dc} , mà là hằng số, bằng cách đặt $d_z = 0$ như sau. Do điện áp DC ảo V_{dc} là cao nhất khi $k = 1/2$ như đã mô tả trên đây, nên điều kiện để thỏa mãn $d_{rec} + d_c = 1$ trong trường hợp này được xét đến. Công thức (20) đúng bằng cách thay $k = 1/2$ vào công thức (19). Lưu ý rằng $x = |\sin(\omega t)|$ được đưa vào.

$$d_{rec} + d_c = \frac{1}{2} \cdot \left[x + \frac{V_m}{V_c} (1 - x^2) \right] = 1 \quad \dots (20)$$

$P_{dc} = V_m \cdot I_m / 2$ đúng khi $P_{dc} = V_{dc} \cdot I_{dc}$ và $k = 1/2$, do đó thu được công thức (21).

$$V_{dc} = \frac{V_m}{2} \cdot \frac{I_m}{I_{dc}} = \frac{V_m}{x + \frac{V_m}{V_c}(1-x^2)} \quad \dots (21)$$

Pha ωt mà cung cấp giá trị cực đại của điện áp DC ảo V_{dc} sẽ cung cấp giá trị cực tiểu của mẫu số của vế phải của công thức (21). Do đó, sẽ thu được pha ωt khi giá trị của công thức (22) cho thấy đạo hàm của mẫu số bằng không.

$$\begin{aligned} \frac{d}{d(\omega t)} \left[|\sin(\omega t)| + \frac{V_m}{V_c}(1 - \sin^2(\omega t)) \right] \\ = \cos(\omega t) \cdot \left[1 - \frac{2V_m}{V_c} \sin(\omega t) \right] \quad \dots (22) \end{aligned}$$

Trong trường hợp này, $x = V_c / (2 \cdot V_m)$. Trong ví dụ nêu trên, có thể thấy rằng giá trị cực đại của điện áp DC ảo V_{dc} , mà là hằng số, là gần như $0,96V_m$ khi $V_c = 1,5V_m$.

Fig.9 là đồ thị thể hiện sự hoạt động của bộ chuyển đổi công suất trực tiếp trong trường hợp $V_c = 1,5V_m = 1,5$ và $V_{dc} = 0,96V_m = 0,96$ ($V_m = 1$). Có thể thấy rằng $dz \geq 0$ đúng trong toàn bộ phần pha ωt .

Khi tỷ số phân phối mạch đệm k được cố định bằng $1/2$ như đã mô tả trên đây, bằng cách cố định các tỷ số theo các công thức (14), (15) và (16), thì điện áp DC ảo V_{dc} có thể được đặt bằng hằng số. Cần hiểu rằng với kỹ thuật này, thì tỷ số sử dụng điện áp R có thể được đặt bằng $\alpha / (1 + \alpha \cdot \alpha / 4)$ (trong đó $\alpha = V_c / V_m$) bằng cách đặt x bằng $V_c / (2 \cdot V_m)$ trong công thức (21) bằng cách giảm tỷ số trong chu trình không dz .

Điều kiện mà tỷ số α cần thỏa mãn để cho tỷ số sử dụng điện áp $R = \alpha / (1 + \alpha \cdot \alpha / 4)$ lớn hơn tỷ số sử dụng điện áp $(1/\sqrt{2})$ của Tài liệu phi sáng chế 2 và Tài liệu sáng chế 1 là $2\sqrt{2} - 2 < \alpha < 2\sqrt{2} + 2$. Điện áp hai đầu V_c được tích đến mức cao hơn giá trị cực đại V_m , và tỷ số α là lớn hơn 1. Để thiết lập điện áp DC ảo V_{dc} bằng hằng số, thì $\alpha \leq 2$ đúng khi $x = |\sin(\omega t)| = \alpha/2$. Do đó, điều kiện này được thỏa mãn, và có thể thu được tỷ số sử dụng điện áp R lớn hơn tỷ số sử dụng điện áp $(1/\sqrt{2})$ của Tài liệu phi sáng chế 2 và Tài liệu sáng chế 1.

Có thể thấy rằng tỷ số sử dụng điện áp R lấy giá trị cực đại là 1 khi giá trị thu được bằng cách lấy tích phân tỷ số sử dụng điện áp R theo tỷ số α bằng không, tức là $\alpha = 2$.

Tức là có thể thu được giá trị cực đại bằng 1 của tỷ số sử dụng điện áp R bằng cách thiết lập điện áp hai đầu V_c bằng hai lần giá trị cực đại V_m .

(b-6) Thiết lập các tỷ số độc lập với hằng số k

Phần này sẽ mô tả kỹ thuật thiết lập các tỷ số d_{rec} , d_c , và d_z một cách độc lập ở tỷ số phân phối mạch đệm k. Trong phần này, các tỷ số d_{rec} và d_c lần lượt được thiết lập bằng các công thức (23) và (24). Tỷ số trong chu trình không d_z được xác định bằng các công thức (23), (24) và (14).

$$\begin{aligned} d_{rec} &= \frac{V_{dc}}{V_m} |\sin(\omega t)| \\ &= \frac{V_{dc}}{V_{rec}} \cdot \sin^2(\omega t) \quad \dots (23) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_c &= \frac{V_{dc}}{V_c} \cdot \cos^2(\omega t) \\ &= \frac{V_{dc}}{2V_c} (1 + \cos(2\omega t)) \quad \dots (24) \end{aligned}$$

Tỷ số chỉnh lưu trong một chu trình chỉnh lưu d_{rec} có thể được biểu diễn dưới dạng, ví dụ, giá trị thu được bằng cách chia tích của bình phương giá trị sin của pha ωt và điện áp DC ảo V_{dc} cho điện áp đã được chỉnh lưu V_{rec} . Tỷ số phóng điện trong một chu trình phóng điện d_c có thể được biểu diễn dưới dạng, ví dụ, giá trị thu được bằng cách chia tích của bình phương giá trị cosin của pha ωt và điện áp DC ảo V_{dc} cho điện áp hai đầu V_c .

Có thể thấy rõ từ công thức (25) rằng tỷ số chỉnh lưu trong một chu trình chỉnh lưu d_{rec} và tỷ số phóng điện trong một chu trình phóng điện d_c thiết lập được này là thỏa mãn công thức (17).

$$\begin{aligned} d_{rec} \cdot V_{rec} + d_c \cdot V_c &= V_{dc} |\sin(\omega t)| \cdot |\sin(\omega t)| + V_{dc} \cdot \cos^2(\omega t) \\ &= V_{dc} \quad \dots (25) \end{aligned}$$

Do đó, điện áp DC ảo V_{dc} có thể được thiết lập tùy ý, ví dụ, bằng giá trị không đổi độc lập với pha ωt , còn tỷ số chỉnh lưu trong một chu trình chỉnh lưu d_{rec} và tỷ số phóng điện trong một chu trình phóng điện d_c được thiết lập bằng các giá trị độc lập ở tỷ số phân phối mạch đệm k.

Với thiết lập này, dòng điện DC I_{dc} được biểu diễn bằng công thức (18) khi mối quan hệ $P_{dc} = V_{dc} \cdot I_{dc} = P_{in} + P_c - P_l$ đúng.

Giả sử rằng dòng điện đầu vào I_{in} được biểu diễn bằng $I_m \cdot \sin(\omega t)$, tức là dòng điện đầu vào I_{in} có dạng sóng điều hoà, thì dòng điện i_l thoả mãn công thức (26) sau đây một cách phụ thuộc vào dòng điện DC I_{dc} .

$$\begin{aligned} i_l &= I_m \cdot |\sin(\omega t)| - d_{rec} \cdot I_{dc} \\ &= (I_m - \frac{V_{dc}}{V_m} \cdot I_{dc}) \cdot |\sin(\omega t)| \quad \dots (26) \end{aligned}$$

Phần mô tả nêu trên thể hiện rằng tỷ số chỉnh lưu trong một chu trình chỉnh lưu d_{rec} và tỷ số phóng điện trong một chu trình phóng điện dc được đặt bằng các giá trị độc lập ở tỷ số phân phối mạch đệm k , và điện áp DC ảo V_{dc} có thể được đặt bằng hằng số. Tuy nhiên, điện áp DC ảo V_{dc} , mà là hằng số, có giới hạn trên. Như đã được mô tả trong phần trước, công thức (27) đúng dựa vào các công thức (23) và (24) bằng cách coi $d_{rec} + d_c = 1$ và sử dụng $x = |\sin(\omega t)|$.

$$d_{rec} + d_c = \frac{V_{dc}}{V_m} \cdot x + \frac{V_{dc}}{V_c} \cdot (1 - x^2) = 1 \quad \dots (27)$$

Do đó, thu được công thức (28), và công thức này là giống với công thức (21). Trong ví dụ nêu trên, có thể thấy rằng giá trị cực đại của điện áp DC ảo V_{dc} , mà là hằng số, là gần như $0,96V_m$ khi $V_c = 1,5V_m$.

$$V_{dc} = \frac{1}{\frac{x}{V_m} + \frac{1-x^2}{V_c}} = \frac{V_m}{x + \frac{V_m}{V_c}(1-x^2)} \quad \dots (28)$$

Do đó, đồ thị thể hiện sự hoạt động của bộ chuyển đổi công suất trực tiếp thu được khi $k = 1/2$ là khớp với đồ thị trên Fig.9 đã được mô tả trong phần trước. Ví dụ, công thức (26) là khớp với công thức (11) với $k = 1/2$ trong công thức (18).

Tuy nhiên, trong phần này, các tỷ số d_{rec} , d_c , và d_z được thiết lập độc lập ở tỷ số phân phối mạch đệm k , do đó, tỷ số phân phối mạch đệm k được giảm, và điện áp DC ảo V_{dc} có thể được điều khiển để hằng số trong lúc công thức (28) được thoả mãn.

Fig.10 là đồ thị thể hiện sự hoạt động của bộ chuyển đổi công suất trực tiếp trong trường hợp $V_c = 1,5V_m = 1,5$ và $V_{dc} = 0,96V_m = 0,96$ ($V_m = 1$). Có thể thấy rằng $d_z \geq 0$ đúng trong toàn bộ phần pha ωt . Các công thức (10) và (11) không đúng, ngược lại với

kỹ thuật được mô tả trong phần trước vì ở đây k bằng $1/6$, khác với $1/2$. Cụ thể là, dòng điện i_{rec1} được biểu diễn bằng công thức (29) dựa vào các công thức (13), (18) và (23).

$$\begin{aligned} i_{rec1} &= d_{rec} \cdot I_{dc} = \frac{V_{dc}}{V_m} |\sin(\omega t)| \cdot \frac{V_m \cdot I_m}{2V_{dc}} (1 - (1 - 2k) \cos(2\omega t)) \\ &= \frac{I_m}{2} |\sin(\omega t)| \cdot (1 - (1 - 2k) \cos(2\omega t)) \quad \dots (29) \end{aligned}$$

(b-7) Thiết lập dòng điện DC I_{dc}

Không chỉ các tỷ số d_{rec} , d_c , và d_z mà còn dòng điện DC I_{dc} cần phải được thiết lập dựa trên công thức (18) trong trường hợp kỹ thuật bất kỳ trong số các kỹ thuật được mô tả trong các phần (b-5) và (b-6) nêu trên được sử dụng. Một ví dụ để thu được công thức (18) vốn được dùng cho dòng điện DC I_{dc} sẽ được mô tả trong phần này.

Đối với sự hoạt động của phụ tải AC bình thường, thì trường hợp mà hoạt động điều khiển trực dq đã biết được thực hiện sẽ được lấy làm ví dụ. Công thức công suất trên các trục dq thường được biểu diễn bằng công thức (30). Các ký hiệu V^* và I lần lượt biểu thị giá trị lệnh của điện áp được cấp đến phụ tải AC và dòng điện đi qua phụ tải AC. Chúng đều xoay chiều, nên dấu chấm biểu thị rằng mỗi trong số chúng đều được biểu diễn dưới dạng số phức được đánh vào mỗi trong số các ký hiệu V^* và I . Lưu ý rằng điện áp trục q tuân theo giá trị lệnh V_{q^*} của nó một cách lý tưởng, và điện áp trục d tuân theo giá trị lệnh V_{d^*} của nó một cách lý tưởng.

$$P + jQ = \dot{V}^* \cdot \dot{I} = V_{d^*} \cdot I_d + V_{q^*} \cdot I_q + j(V_{q^*} \cdot I_d - V_{d^*} \cdot I_q) \quad \dots (30)$$

Công suất được cấp từ các đường cấp nguồn DC LH và LL đến bộ nghịch lưu 5 không có công suất phản kháng, do đó, công suất này được biểu diễn bằng công thức (31) bằng cách bỏ qua số hạng thứ ba của công thức (30).

$$P_{dc} = V_{d^*} \cdot I_d + V_{q^*} \cdot I_q \quad \dots (31)$$

Ngược lại, công thức (32) đúng dựa vào công thức (18) khi $P_{dc} = V_{dc} \cdot I_{dc}$.

$$\begin{aligned} P_{dc} &= \frac{V_m \cdot I_m}{2} (1 - (1 - 2k) \cos(2\omega t)) \\ &= \frac{V_m \cdot I_m}{2} - \frac{(1 - 2k) \cdot V_m \cdot I_m}{2} \cos(2\omega t) \quad \dots (32) \end{aligned}$$

Do đó, hoạt động điều khiển để thu được công thức (18) có thể được thực hiện bằng cách điều khiển sao cho thành phần AC của công thức (31) và số hạng thứ hai ở

phía ngoài cùng bên phải của công thức (32) khớp với nhau. Fig.11 là sơ đồ khối thể hiện một ví dụ về cấu hình để thực hiện hoạt động điều khiển nêu trên. Cấu hình này được cung cấp, ví dụ, trong cấu hình được thể hiện dưới dạng bộ điều khiển 10 trên Fig.1.

Một phần của cấu hình trên Fig.11 vốn thể hiện kỹ thuật đã biết sẽ được mô tả vắn tắt. Giá trị điều khiển pha dòng điện β^* được đưa vào để thu được các giá trị hàm lượng giác $\cos\beta^*$ và $-\sin\beta^*$, và từ các giá trị này và giá trị điều khiển dòng điện I_a^* , thì giá trị điều khiển dòng điện trục q I_q^* và giá trị điều khiển dòng điện trục d I_d^* được tạo ra. Giả sử rằng phụ tải cảm kháng 6 là máy nén rôto, giá trị điều khiển điện áp trục q V_q^* và giá trị điều khiển điện áp trục d V_d^* thu được dựa trên vận tốc góc quay ω_m của máy nén rôto này, từ thông Φ_a của máy nén rôto này, điện cảm trục d L_d và điện cảm trục q L_q của máy nén rôto này, giá trị điều khiển dòng điện trục q I_q^* và giá trị điều khiển dòng điện trục d I_d^* , và dòng điện trục q I_q và dòng điện trục d I_d . Các giá trị điều khiển điện áp V_u^* , V_v^* , và V_w^* để điều khiển bộ nghịch lưu 5 được tạo ra từ giá trị điều khiển điện áp trục q V_q^* và giá trị điều khiển điện áp trục d V_d^* .

Trong cấu hình được thể hiện trên Fig.1, ví dụ, bộ phát hiện vận tốc 9 dò các dòng điện AC I_u , I_v và I_w đi qua phụ tải cảm kháng 6, và dựa trên kết quả này, vận tốc góc quay ω_m , dòng điện trục q I_q và dòng điện trục d I_d được cung cấp đến bộ điều khiển 10.

Bộ điều khiển 10 thu được, dựa trên các giá trị điều khiển điện áp V_u^* , V_v^* , và V_w^* , các tín hiệu SS_{up} , SS_{vp} , SS_{wp} , SS_{un} , SS_{vn} và SS_{wn} (xem Fig.1) để lần lượt điều khiển sự hoạt động của các phần tử chuyển mạch Sup , Svp , Swp , Sun , Svn và Swn của bộ nghịch lưu 5 thông qua tiến trình xử lý số học (không được thể hiện trên hình vẽ) (ví dụ, xem Tài liệu sáng chế 1).

Bộ điều khiển 10 cũng tạo ra các tín hiệu SS_c và SS_l để lần lượt điều khiển sự hoạt động của các chuyển mạch Sc và Sl , vốn được tạo ra dựa trên các tỷ số d_{rec} , d_c , d_z , và d_l (xem, ví dụ, Tài liệu sáng chế 1).

Bộ xử lý 71, để thực hiện hoạt động điều khiển sao cho thành phần AC của công thức (31) và số hạng thứ hai của phía ngoài cùng bên phải của công thức (32) khớp nhau, được mô tả dưới đây. Bộ xử lý 71 bao gồm bộ tính công suất DC 711, bộ trích xuất thành phần xung động 712, bộ tính thành phần xung động 713, bộ trừ 714, bộ cộng 715 và bộ xử lý PI 716.

Bộ tính công suất DC 711 nhận giá trị điều khiển điện áp trục q V_q^* và giá trị điều khiển điện áp trục d V_d^* và dòng điện trục q I_q và dòng điện trục d I_d , tính công suất đầu vào P_{dc} dựa trên công thức (31) nêu trên, và cấp công suất đầu vào P_{dc} vào bộ trích xuất thành phần xung động 712.

Bộ trích xuất thành phần xung động 712 trích ra và trích xuất thành phần AC của công thức (31). Bộ trích xuất thành phần xung động 712 được thực hiện bằng, ví dụ, bộ lọc thông cao HPF (High Pass Filter).

Bộ tính thành phần xung động 713 nhận các giá trị cực đại V_m và I_m , vận tốc góc của nguồn cấp ω , và tỷ số phân phối mạch đệm k , và thu thập số hạng thứ hai của phía ngoài cùng bên phải của công thức (32). Các giá trị cực đại V_m và I_m và vận tốc góc của nguồn cấp ω có thể được nhập vào bộ tính thành phần xung động 713 dưới dạng thông tin thu được từ nguồn cấp AC một pha 1 (xem Fig.1).

Như đã mô tả trên đây, tiến trình mong muốn này làm cho thành phần AC của công thức (31) và số hạng thứ hai của phía ngoài cùng bên phải của công thức (32) khớp nhau, do đó, cần phải điều khiển để giảm sự chênh lệch giữa đầu ra của bộ trích xuất thành phần xung động 712 và đầu ra của bộ tính thành phần xung động 713. Do đó, bộ trừ 714 tiếp nhận sự chênh lệch này, và giá trị thu được bằng tiến trình điều chỉnh tỉ lệ tích phân đối với sự chênh lệch này của bộ xử lý PI 716 được trích xuất bộ cộng 715.

Bộ cộng 715 thực hiện tiến trình xử lý để hiệu chỉnh giá trị điều khiển dòng điện I_a^* trong tiến trình chuẩn tắc với đầu ra của bộ xử lý PI 716. Cụ thể là, trước hết, bộ trừ 701 thu thập độ lệch của vận tốc góc quay ω_m từ giá trị lệnh ω_m^* của nó trong tiến trình chuẩn tắc để thu được giá trị điều khiển dòng điện I_a^* . Bộ xử lý PI 702 thực hiện hoạt động điều chỉnh tỉ lệ tích phân đối với độ lệch này để thu được giá trị điều khiển dòng điện I_a^* một lần. Sau đó, bộ cộng 715 thực hiện tiến trình làm tăng giá trị điều khiển dòng điện I_a^* với đầu ra của bộ xử lý PI 716.

Kĩ thuật đã biết nêu trên được áp dụng cho giá trị điều khiển dòng điện I_a^* đã được hiệu chỉnh bởi bộ xử lý 71 như đã mô tả trên đây, để tạo ra giá trị điều khiển điện áp trục q V_q^* và giá trị điều khiển điện áp trục d V_d^* . Hoạt động điều khiển này là hoạt động điều khiển để tạo ra hồi tiếp đối với giá trị điều khiển điện áp trục q V_q^* và giá trị điều khiển điện áp trục d V_d^* , và dòng điện trục q I_q và dòng điện trục d I_d , và để làm cho sự chênh lệch được trích xuất từ bộ trừ 714 càng gần đến không. Điều này có nghĩa

là thành phần AC của công thức (31) và số hạng thứ hai của phía ngoài cùng bên phải của công thức (32) có thể được làm cho khớp nhau bằng cách thực hiện hoạt động điều khiển này.

C. Các phương án cải biến

(c-1) Chọn tỷ số phân phối mạch đệm k

Tỷ số phân phối mạch đệm k có thể được thiết lập không phụ thuộc vào độ lớn của phụ tải. Việc thiết lập này là được mong muốn để giảm dòng điện gợn sóng của tụ điện C4 trong khoảng phụ tải nhỏ, và để tăng tuổi thọ của bộ chuyển đổi công suất.

Ngược lại, tỷ số phân phối mạch đệm k có thể được thiết lập giảm khi độ lớn của phụ tải tăng lên. Trong cấu hình được thể hiện trên Fig.11, ví dụ, tỷ số phân phối mạch đệm k có thể được thiết lập tỉ lệ nghịch với giá trị điều khiển dòng điện I_a^* mà bộ cộng 715 thu được, hoặc có thể được thiết lập tỉ lệ thuận với nghịch đảo của tổng của bình phương dòng điện trực q I_q và bình phương dòng điện trực d I_d . Việc thiết lập tỷ số phân phối mạch đệm k này có thể được thực hiện bằng kỹ thuật đã biết.

Trong trường hợp này, bộ chuyển đổi công suất trực tiếp này sẽ thực hiện hoạt động làm tăng tỷ số phân phối mạch đệm k trong tỉ lệ nghịch với dòng điện đi qua phụ tải cảm kháng 6. Hoạt động này là được mong muốn, ví dụ, trong trường hợp sau đây. Cụ thể là, đối với phụ tải của bộ chuyển đổi công suất, thì phụ tải có quán tính lớn, chẳng hạn mô tơ dẫn động máy nén, có thể được sử dụng. Quán tính lớn sẽ hạn chế các rung động của mô tơ, và cuối cùng là hạn chế các rung động của máy nén vốn bị gây ra bởi sự biến thiên mômen xoắn. Tuy nhiên, tác dụng của quán tính đối với sự biến thiên mômen xoắn sẽ bị giảm trong khoảng tốc độ thấp. Tỷ số phân phối mạch đệm k có thể được tăng lên để nhờ đó hạn chế sự biến thiên mômen xoắn của mô tơ, tức là phụ tải, trong khoảng tốc độ thấp của mô tơ, tức khoảng trong đó có dòng điện nhỏ đi qua bộ nghịch lưu.

Theo cách khác, tỷ số phân phối mạch đệm k có thể được đặt bằng 1/2 khi phụ tải nhỏ hơn hoặc bằng một giới hạn định trước. Tỷ số phân phối mạch đệm k bằng 1/2 có nghĩa là công suất đệm P_{buf} (tương ứng với công suất $P_c - P_l$ dưới dạng lượng biến thiên, xem (b-1)) bằng thành phần AC $P_{in}^{\wedge}$ của công suất xung động. Giá trị xác định trước này có thể được đặt bằng không. Trong trường hợp này, công suất $P_c - P_l$ bằng không nếu công suất xung động P_{in} bằng không. Trong trường hợp này, công suất $P_c - P_l$ được điều khiển để nhỏ hơn công suất xung động P_{in} nếu công suất xung động P_{in} là dương.

Bằng cách thiết lập cho giới hạn này bằng giá trị tương ứng với giá trị xác định trước nhỏ hơn công suất định mức tối đa $P_{in(max)}$ của công suất xung động P_{in} , thì công suất có thể được đệm khi công suất xung động P_{in} bằng công suất định mức tối đa $P_{in(max)}$.

Khi phụ tải vượt quá giới hạn này (công suất xung động P_{in} vượt quá giá trị xác định trước tương ứng với giới hạn này), ví dụ, công suất đệm P_{buf} có thể được thiết lập bằng giá trị không đổi một cách độc lập với công suất xung động P_{in} .

(c-2) Cải biến cấu hình mạch

Trong trường hợp mà kĩ thuật bất kì trong số các kĩ thuật nêu trên được sử dụng, thì bộ lọc 2 cũng có thể được bố trí giữa bộ chuyển đổi 3 và mạch đệm công suất 4.

Fig.12 là hình vẽ thể hiện sơ đồ mạch điện trong trường hợp mà bộ lọc 2 được bố trí giữa bộ chuyển đổi 3 và mạch đệm công suất 4 theo một phương án cải biến, chỉ thể hiện vùng xung quanh chúng.

Khi cấu hình này được sử dụng, thì mong muốn là bố trí điôt D0 trên đường cấp nguồn DC LH giữa bộ lọc 2 và mạch phóng điện 4a. Anôt của điôt D0 được đặt ở phía bộ lọc 2, và catôt của điôt D0 được đặt ở phía mạch phóng điện 4a.

Điôt D0 có thể ngăn không cho điện áp hai đầu của tụ điện C2 bị ảnh hưởng bởi điện áp hai đầu V_c của tụ điện C4 bằng cách chuyển mạch phần tử chuyển mạch Sc.

Mặc dù sáng chế đã được mô tả chi tiết, nhưng phần mô tả trên đây chỉ nhằm mục đích minh họa chứ không giới hạn. Do đó, cần hiểu rằng nhiều phương án cải biến chưa được mô tả có thể được tạo ra mà không nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Bộ chuyển đổi công suất bao gồm:

đường liên kết điện một chiều (DC-Direct Current) bao gồm đường cấp nguồn thứ nhất và đường cấp nguồn thứ hai;

bộ chuyển đổi để nhận điện áp điện xoay chiều một pha (AC-Alternating Current), và trích xuất công suất xung động đến đường liên kết DC này;

bộ nghịch lưu để nhận công suất từ đường liên kết DC này, và trích xuất dòng điện AC; và

mạch đệm công suất để nhận công suất tích điện từ đường liên kết DC này, và trích xuất công suất phóng điện đến đường liên kết DC này, trong đó:

công suất tích điện PI là công suất được phân phối từ công suất xung động đến mạch đệm công suất ở tỷ số phân phối, và

khi ít nhất công suất xung động này vượt quá giá trị xác định trước, thì lượng biến thiên giữa công suất phóng điện so với công suất tích điện nhỏ hơn thành phần AC của công suất xung động do tỷ số phân phối này được thiết lập là giá trị dương nhỏ hơn 1/2.

2. Bộ chuyển đổi công suất theo điểm 1, trong đó giá trị xác định trước này được thiết lập sao cho nhỏ hơn công suất định mức tối đa của công suất xung động.

3. Bộ chuyển đổi công suất theo điểm 1, trong đó khi công suất xung động nhỏ hơn hoặc bằng giá trị xác định trước, thì lượng biến thiên giữa công suất phóng điện so với công suất tích điện bằng thành phần AC của công suất xung động.

4. Bộ chuyển đổi công suất theo điểm 1, trong đó khi công suất xung động vượt quá giá trị xác định trước, thì lượng biến thiên giữa công suất phóng điện so với công suất tích điện độc lập với công suất xung động.

5. Bộ chuyển đổi công suất theo điểm 1, trong đó tần số của thành phần AC của công suất xung động gấp đôi tần số của điện áp AC một pha.

6. Bộ chuyển đổi công suất bao gồm:

đường liên kết DC bao gồm đường cấp nguồn thứ nhất và đường cấp nguồn thứ hai;

bộ chuyển đổi để nhận điện áp điện AC một pha, và trích xuất công suất xung động đến đường liên kết DC này;

bộ nghịch lưu để nhận công suất từ đường liên kết DC này, và trích xuất dòng điện AC; và

mạch đệm công suất để nhận công suất tích điện từ đường liên kết DC này, và trích xuất công suất phóng điện đến đường liên kết DC này, trong đó:

khi ít nhất công suất xung động này vượt quá giá trị xác định trước, thì lượng biến thiên giữa công suất phóng điện so với công suất tích điện nhỏ hơn thành phần AC của công suất xung động, công suất đầu vào được đưa từ đường liên kết DC vào bộ nghịch lưu lấy giá trị thu được bằng cách lấy tổng của công suất xung động và công suất phóng điện trừ đi công suất tích điện, và

khi ít nhất công suất xung động vượt quá giá trị xác định trước này, thì công suất tích điện lấy giá trị là hằng số (trong đó hằng số này là số dương nhỏ hơn $1/2$) nhân với công suất xung động, và công suất phóng điện lấy giá trị thu được bằng cách cộng công suất tích điện với (-2) lần thành phần AC của công suất xung động nhân với hằng số này.

7. Bộ chuyển đổi công suất theo điểm 6, trong đó:

bộ chuyển đổi

cấp điện áp đã được chỉnh lưu, thu được bằng cách chỉnh lưu toàn sóng điện áp AC một pha, đến đường liên kết DC sao cho điện thế được cấp đến đường cấp nguồn thứ nhất cao hơn so với đường cấp nguồn thứ hai, và

cho phép, khi ít nhất công suất xung động vượt quá giá trị xác định trước, dòng điện thu được bằng cách nhân dòng điện thứ nhất với giá trị thu được bằng cách lấy 1 trừ đi hằng số nêu trên, đi qua đường liên kết DC, dòng điện thứ nhất này là dòng điện thu được bằng cách chia công suất xung động cho điện áp đã được chỉnh lưu,

mạch đệm công suất bao gồm:

mạch phóng điện bao gồm tụ điện và chuyển mạch thứ nhất được mắc nối tiếp với tụ điện này giữa đường cấp nguồn thứ nhất và đường cấp nguồn thứ hai sao cho gần đường cấp nguồn thứ nhất hơn so với tụ điện; và

mạch tích điện để tích điện cho tụ điện này, và

khi ít nhất công suất xung động vượt quá giá trị xác định trước này, thì mạch đệm công suất nhận dòng điện tích điện thu được bằng cách nhân hằng số nêu trên với dòng điện thứ nhất, và trích xuất dòng điện phóng điện là dòng điện thu được bằng cách chia công suất phóng điện cho điện áp hai đầu của tụ điện.

8. Bộ chuyển đổi công suất theo điểm 6, trong đó:

bộ chuyển đổi cấp điện áp đã được chỉnh lưu, thu được bằng cách chỉnh lưu toàn sóng điện áp AC một pha, đến đường liên kết DC sao cho điện thế được cấp đến đường cấp nguồn thứ nhất cao hơn so với đường cấp nguồn thứ hai,

mạch đệm công suất bao gồm:

mạch phóng điện bao gồm tụ điện và chuyển mạch thứ nhất được mắc nối tiếp với tụ điện này giữa đường cấp nguồn thứ nhất và đường cấp nguồn thứ hai sao cho gần đường cấp nguồn thứ nhất hơn so với tụ điện; và

mạch tích điện để tích điện cho tụ điện này,

tỷ số chỉnh lưu trong một chu trình chỉnh lưu, tức khoảng thời gian trong đó bộ chuyển đổi dẫn điện với đường liên kết DC, lấy giá trị thu được bằng cách chia tích của điện áp xác định trước và bình phương của giá trị sin của pha của điện áp AC một pha cho điện áp đã được chỉnh lưu, và

tỷ số phóng điện trong một chu trình phóng điện, tức khoảng thời gian trong đó tụ điện phóng điện, lấy giá trị thu được bằng cách chia tích số của điện áp xác định trước và bình phương giá trị cosin của pha cho điện áp hai đầu của tụ điện.

9. Bộ chuyển đổi công suất theo điểm 6, trong đó hằng số nêu trên độc lập với dòng điện AC.

10. Bộ chuyển đổi công suất theo điểm 6, trong đó hằng số nêu trên tỉ lệ nghịch với độ lớn của dòng điện AC.

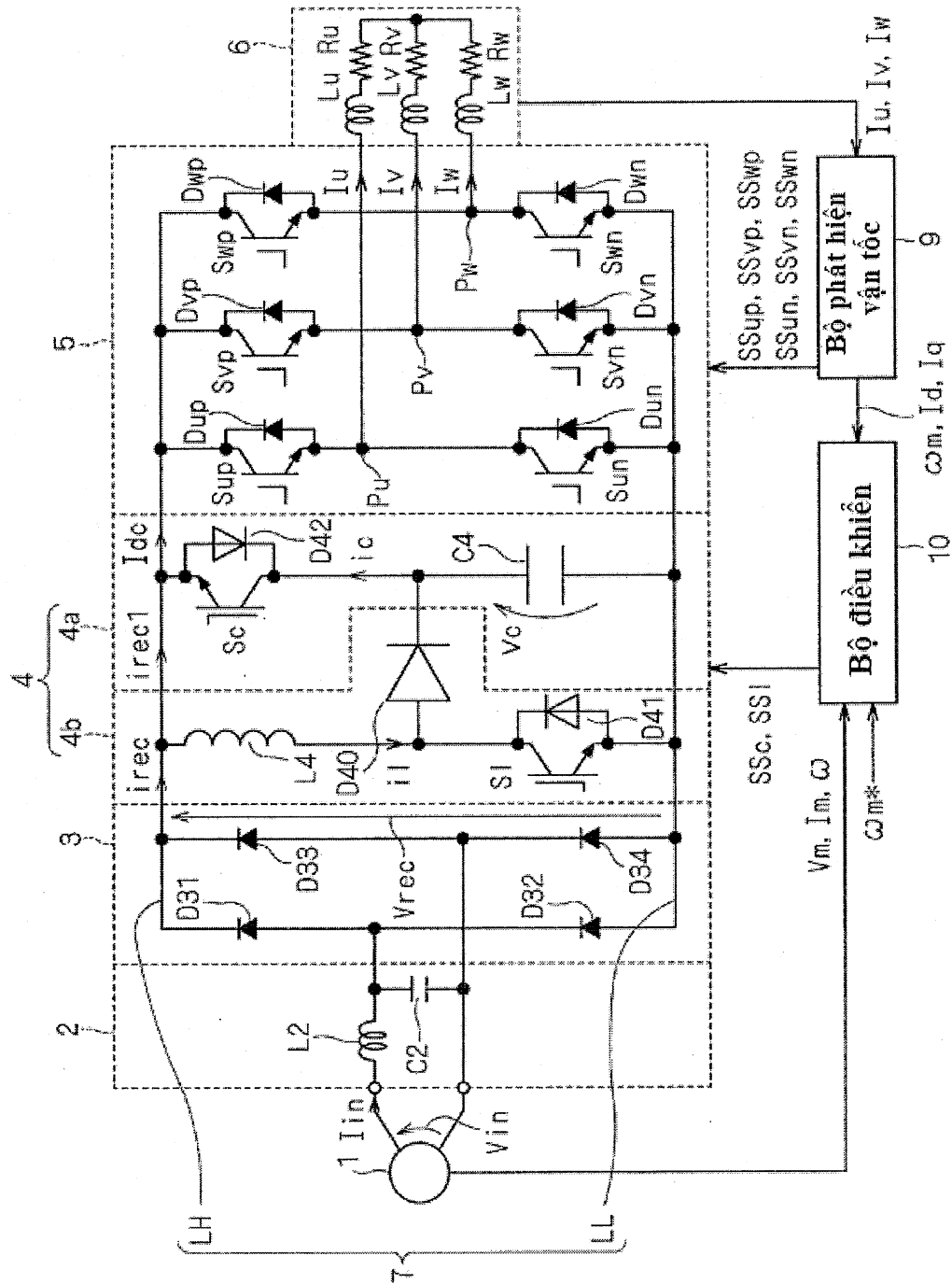
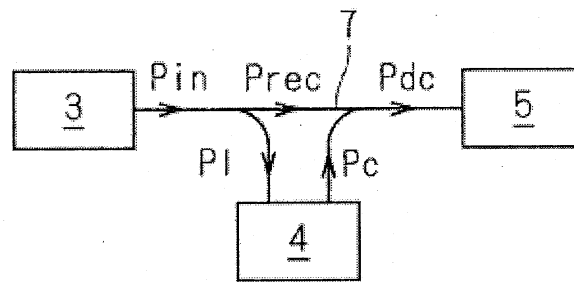
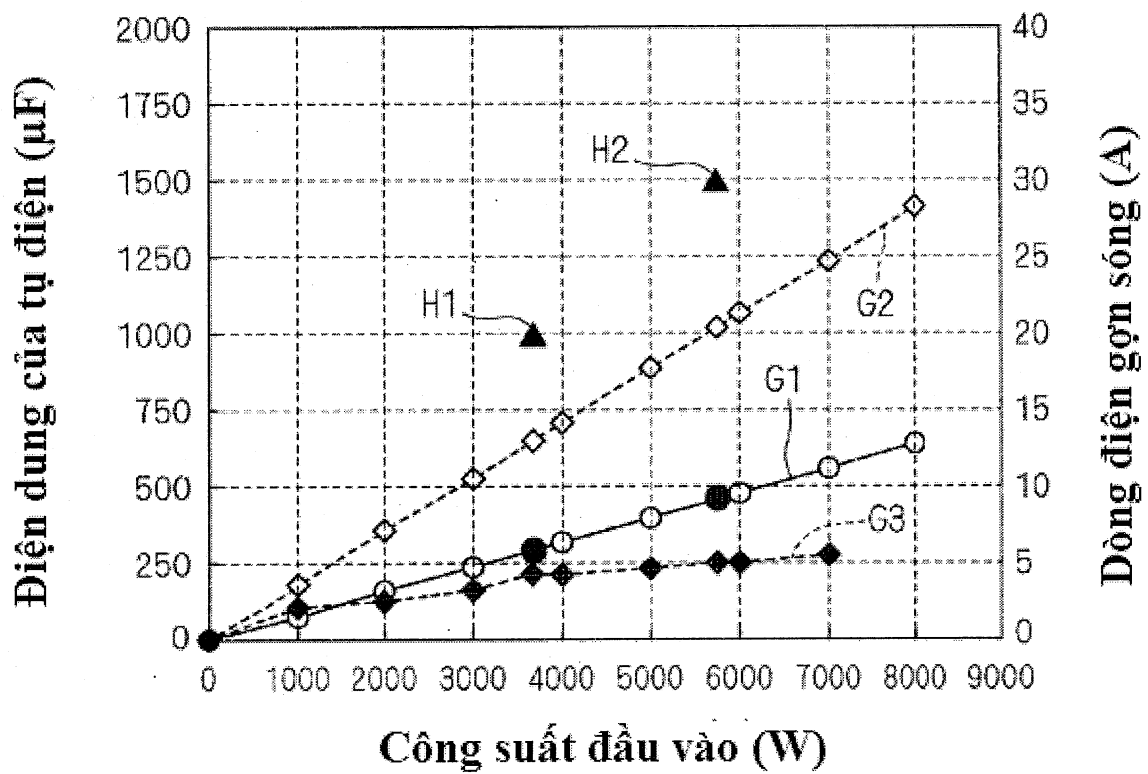


Fig. 1

**Fig.2****Fig.3**

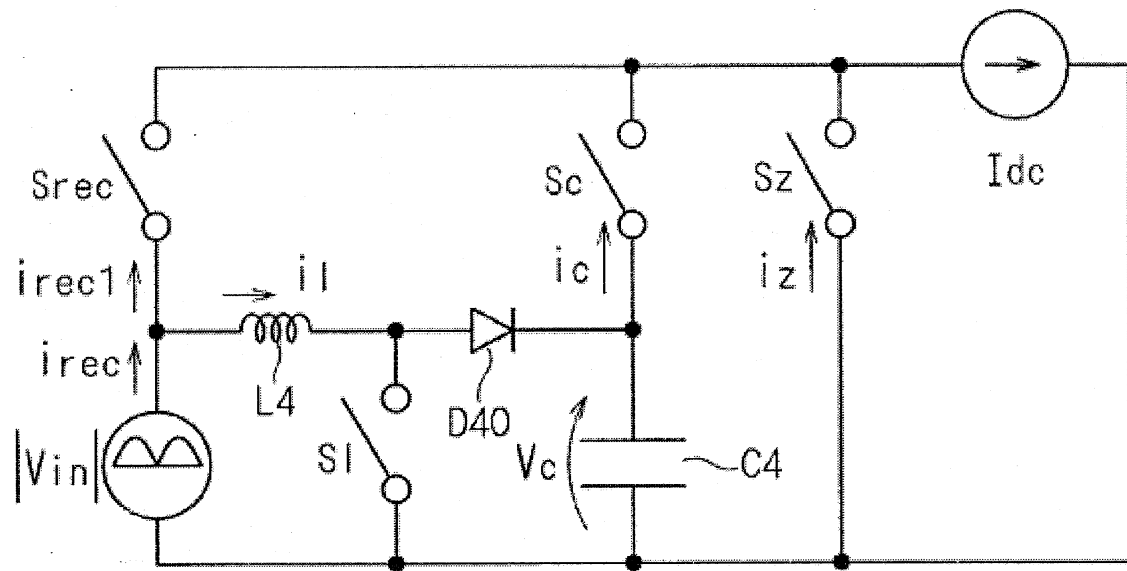
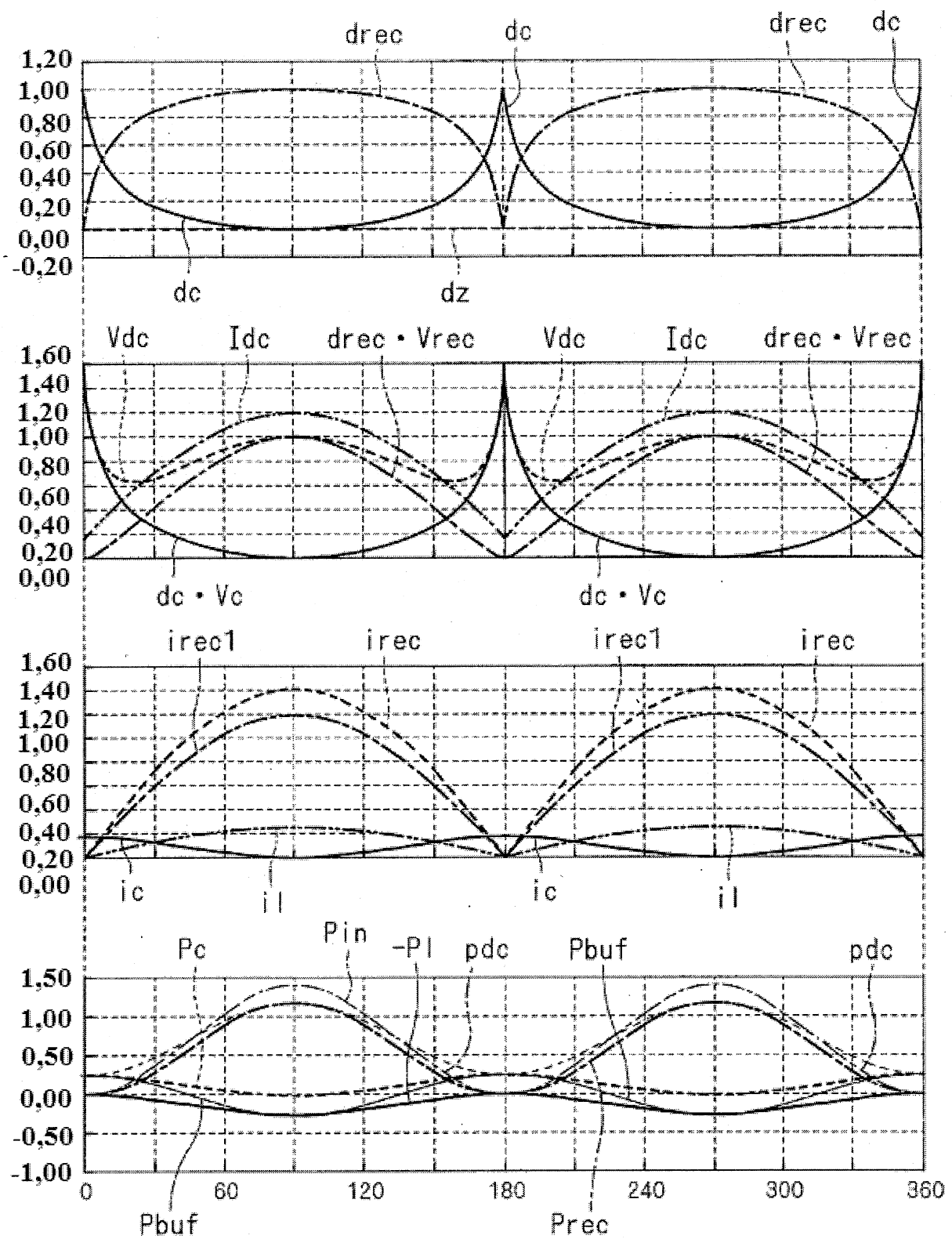
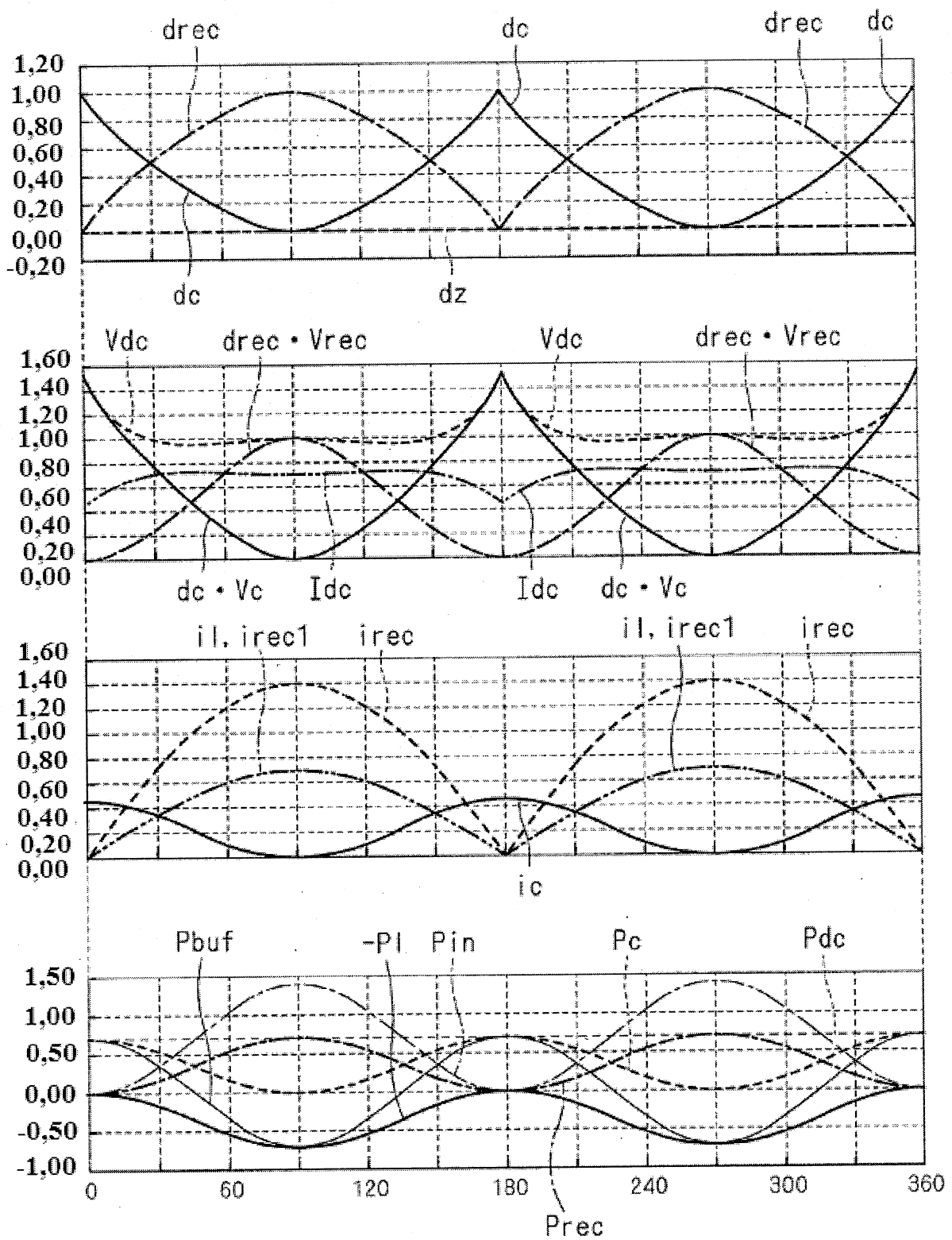


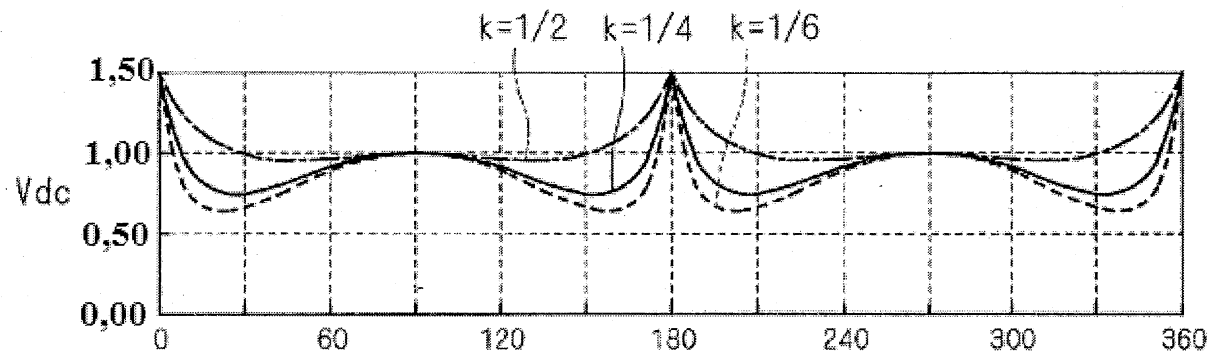
Fig.4



Pha ωt (độ)

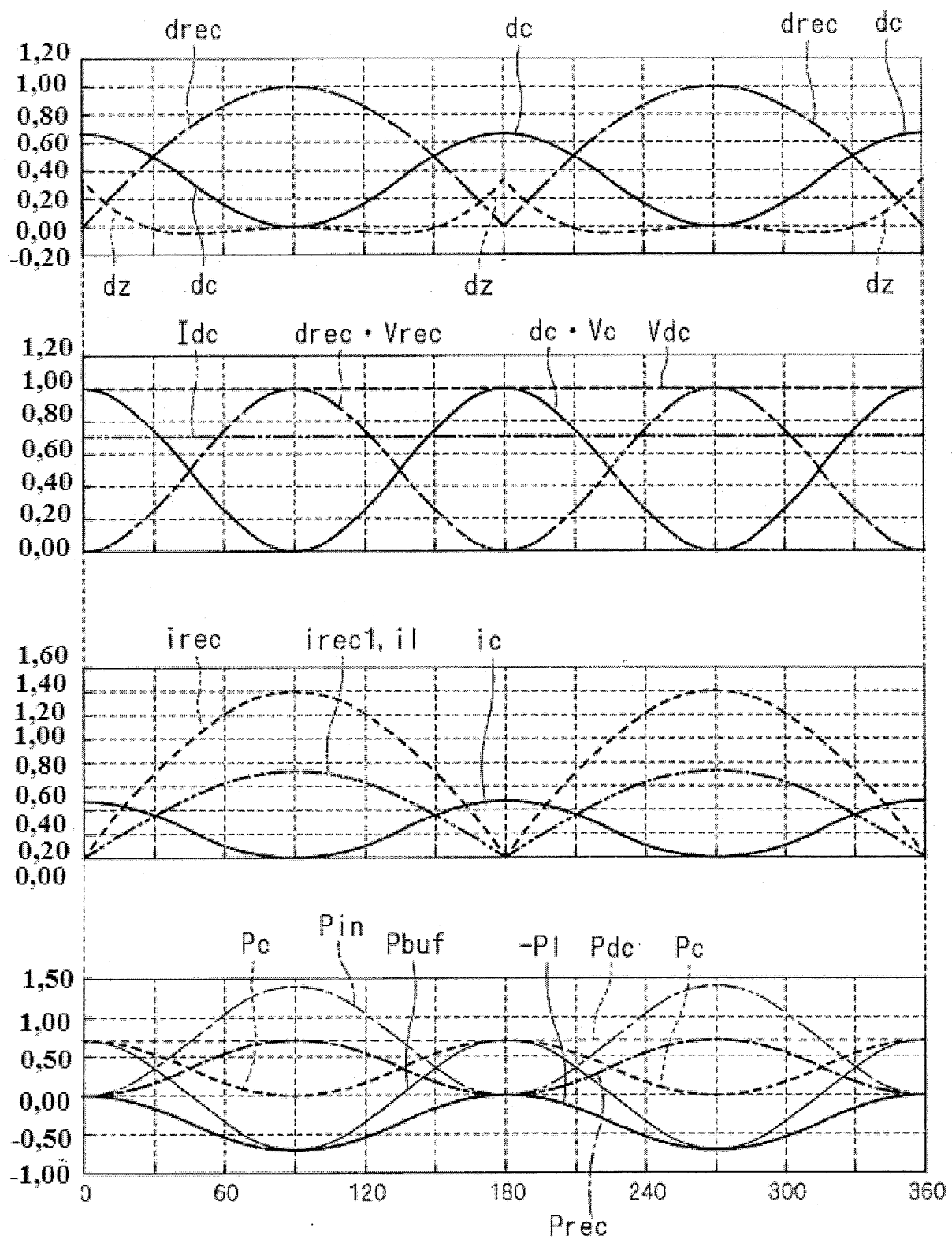
Fig.5

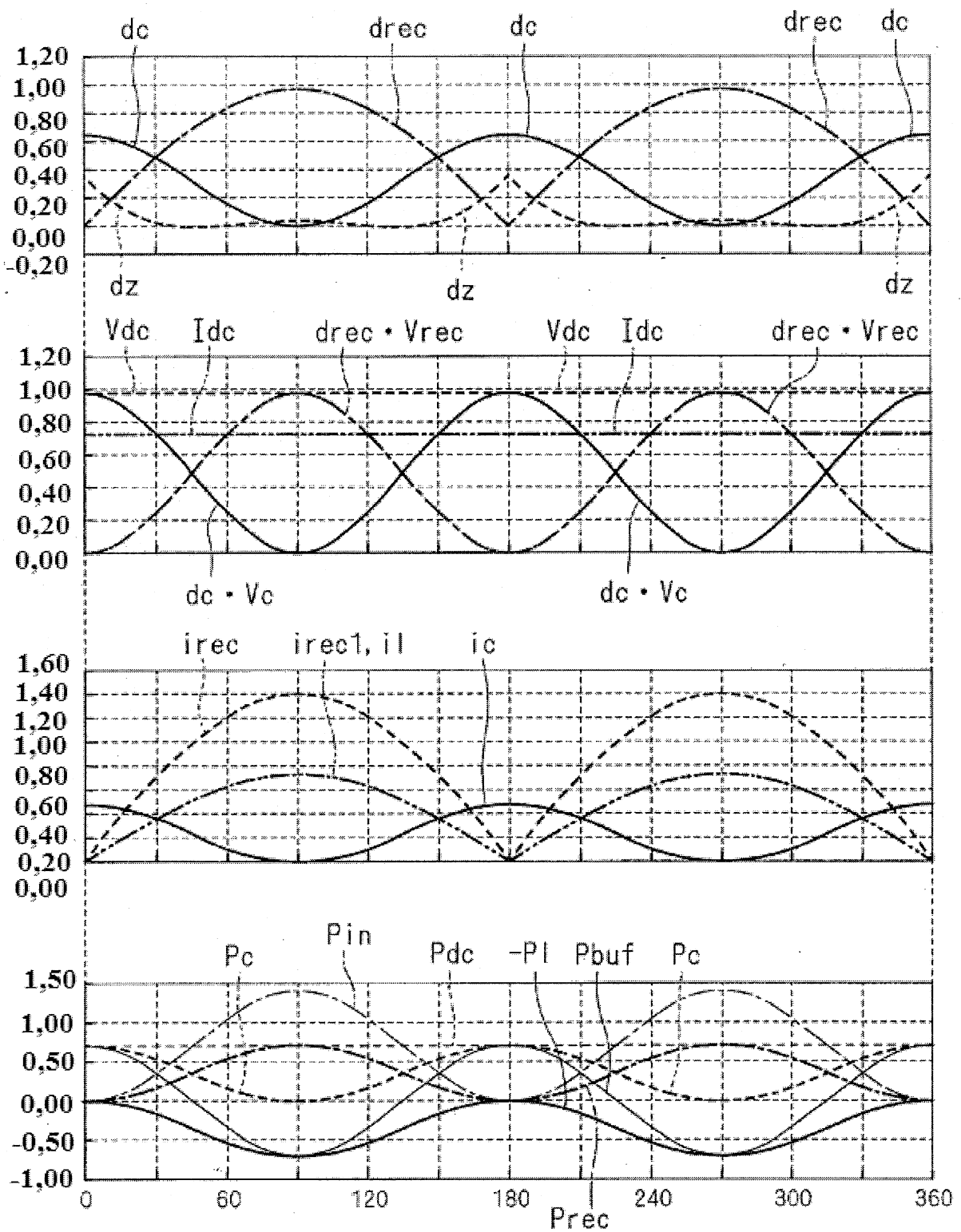
Pha ωt (độ)**Fig.6**



Pha ωt (độ)

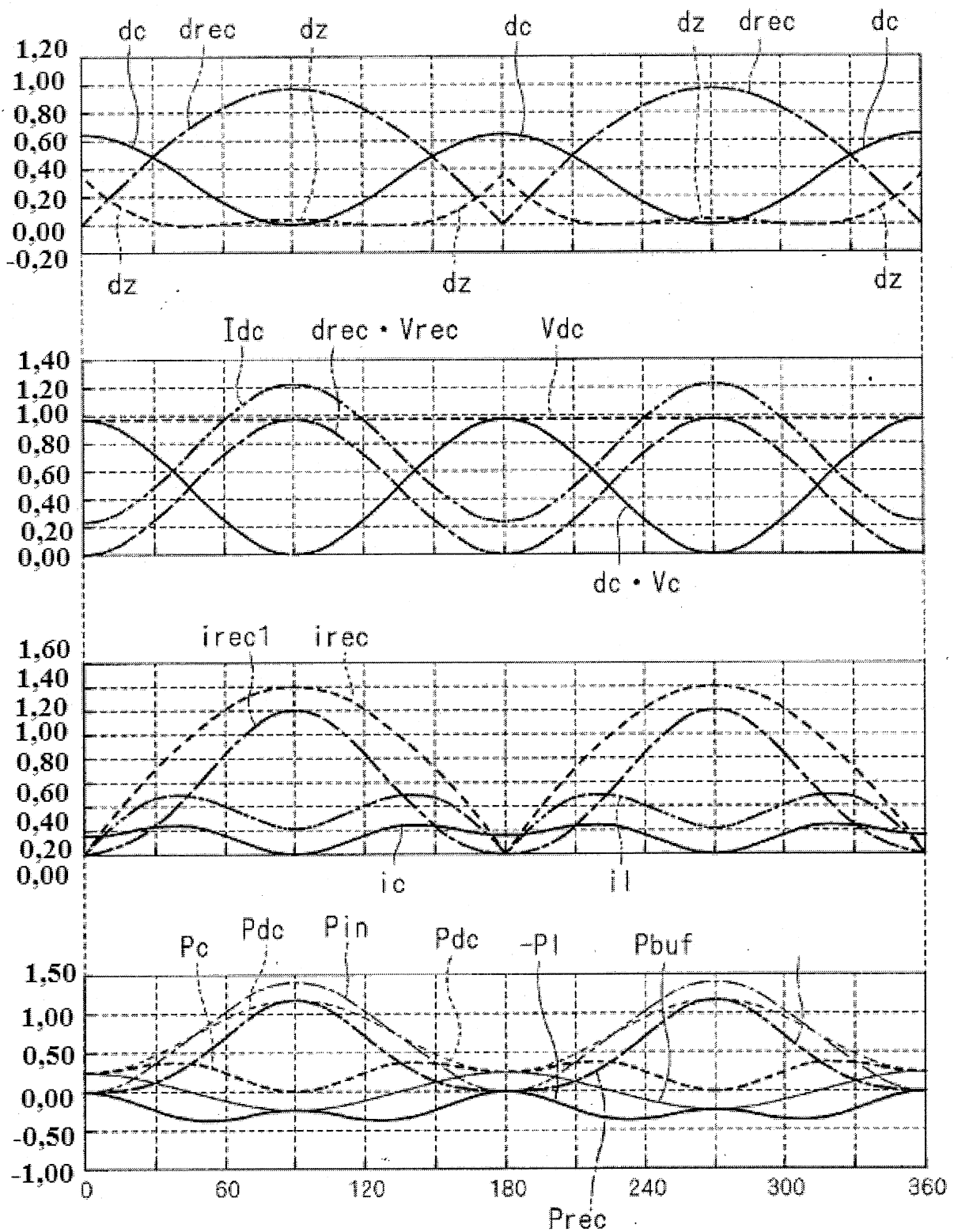
Fig.7

Pha ωt (độ)**Fig.8**



Pha ωt (độ)

Fig.9



Pha ωt (độ)

Fig.10

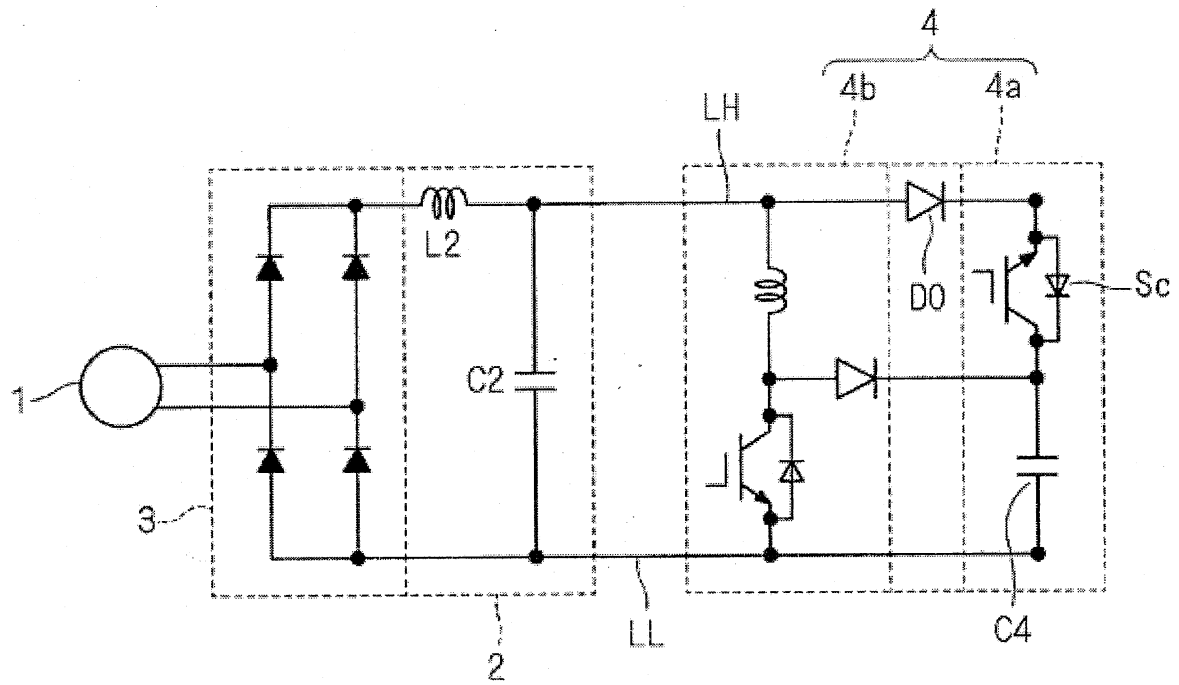


Fig.12