



(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)



1-0051598

(51)^{2006.01} H02J 3/24; H02M 7/48; H02J 3/38

(13) B

(21) 1-2022-01406

(22) 06/08/2020

(86) PCT/JP2020/030141 06/08/2020

(87) WO 2021/029313 18/02/2021

(30) 2019-147562 09/08/2019 JP; 2019-147564 09/08/2019 JP; 2019-147563 09/08/2019 JP

(45) 25/09/2025 450

(43) 27/06/2022 411A

(73) 1. TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY HOLDINGS, INCORPORATED (JP)

1-3, Uchisaiwai-cho 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1008560 Japan

2. MEIDENSHA CORPORATION (JP)

1-1, Osaki 2-chome, Shinagawa-ku, Tokyo 1416029 Japan

(72) SUZUKI, Kenichi (JP); TAKAMI, Jun (JP); SAMEJIMA, Ryota (JP); NODA, Hideki (JP); MAEDA, Naoto (JP); INOUE, Toshiya (JP); SHOJI, Kazu (JP).

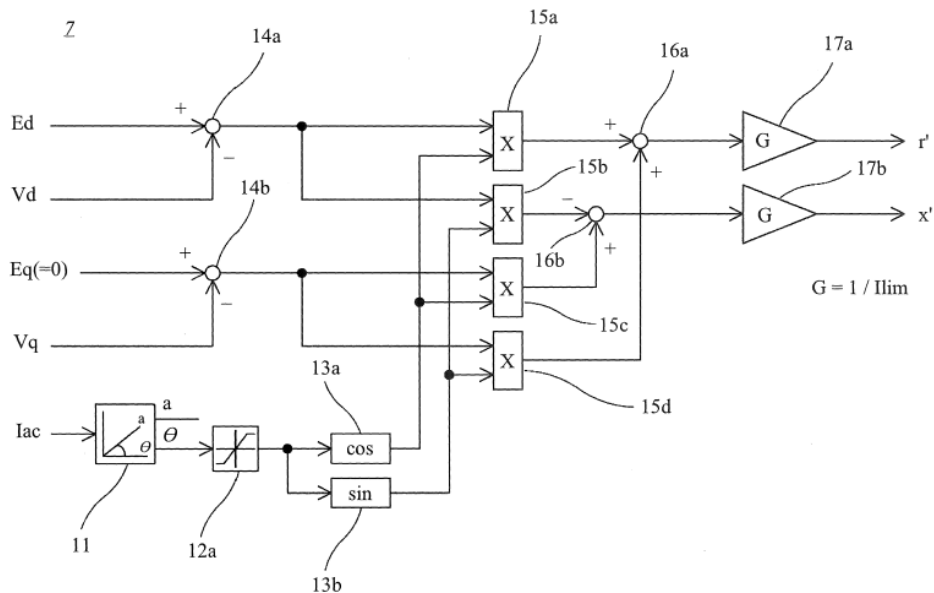
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) THIẾT BỊ CHUYỂN ĐỔI ĐIỆN KẾT NỐI HỆ THỐNG

(21) 1-2022-01406

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị chuyển đổi điện kết nối hệ thống, trong đó sự sụt giảm điện áp V_{Zs} được tính dựa vào trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} và trở kháng đồng bộ ảo Z_s hoặc trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' , và trị số được thu nhận bằng cách trừ sự sụt giảm điện áp V_{Zs} từ điện áp cảm ứng bên trong E_f được đưa ra như trị số lệnh điện áp lưới V_{ac}^* . Bộ phận tính Z_s (7) giới hạn pha dòng điện đầu ra θ sao cho pha dòng điện đầu ra θ nằm trong khoảng hiệu dụng bởi bộ giới hạn pha (12a), và tính trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' dựa vào pha dòng điện đầu ra được giới hạn θ , điện áp cảm ứng bên trong E_f , trị số phát hiện điện áp lưới V_{ac} và trị số giới hạn dòng điện I_{lim} . Theo đó, trong thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện mà điều khiển máy phát đồng bộ ảo, có thể tiếp tục hoạt động trong khi ngăn chặn sự quá dòng và có điện đồng bộ được tạo ra bằng hoạt động hoặc tác động của trở kháng đồng bộ ảo.

Fig.4



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới phương pháp điều khiển để ngăn chặn sự quá dòng được gây ra bởi sự cố hệ thống (hoặc sự cố lưới điện) v.v. trong thiết bị chuyển đổi điện kết nối hệ thống (hoặc thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện) mà điều khiển máy phát đồng bộ ảo mô phỏng máy phát đồng bộ.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Tài liệu không phải sáng chế 1 bộc lộ, là kỹ thuật để điều khiển máy phát đồng bộ ảo bởi hệ thống điều khiển điện áp, phương pháp để giữ dòng điện đầu ra nằm trong trị số hằng số nhất định bằng cách hiệu chỉnh độ lệch (độ chênh lệch) giữa trị số lệnh điện áp và trị số phát hiện điện áp sao cho độ lệch nằm trong trị số định nhất định.

Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ kỹ thuật để điều khiển máy phát đồng bộ ảo bởi hệ thống điều khiển dòng điện. Nhờ hệ thống kiểm soát dòng điện, bằng cách giới hạn trị số lệnh dòng điện, sự quá dòng có thể được ngăn ngừa.

Trong trường hợp phương pháp nêu trong tài liệu không phải sáng chế 1, vì không thể điều khiển dòng điện tới trị số dòng điện được định rõ, dòng điện đầu ra chạy bởi điều kiện mạch chính (hằng số bộ lọc, trở kháng hệ thống, v.v.) được thay đổi.

Trong trường hợp phương pháp nêu trong tài liệu sáng chế 1, nếu trị số lệnh dòng điện được giới hạn, vectơ mà khác với vectơ trị số lệnh được tính dựa vào mô hình trở kháng đồng bộ ảo được đưa ra. Do đó, điện đồng bộ được tạo ra bởi hoạt động hoặc tác động của trở kháng đồng bộ ảo không thể được mong đợi.

Từ phần nêu trên, trong thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện mà điều khiển máy phát đồng bộ ảo, thách thức là tiếp tục việc hoạt động trong khi ngăn

chặn sự quá dòng được gây ra bởi sự cố ngắn mạch, v.v. của lưới điện và có điện đồng bộ được tạo ra bởi hoạt động hoặc tác động của trở kháng đồng bộ ảo.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế 1: Bằng sáng chế Nhật Bản số 6084863

Tài liệu sáng chế 2: Bằng sáng chế Nhật Bản số 5830941

Tài liệu không phải sáng chế

Tài liệu không phải sáng chế 1: “Sơ đồ điều khiển quá dòng dùng cho máy phát đồng bộ ảo (Overcurrent control Scheme for Virtual Synchronous Generator)” Heisei 30 (2018), Viện kỹ thuật điện Nhật Bản (The Institute of Electrical Engineers of Japan, viết tắt là IEEJ), phần B (điện và năng lượng)

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đã được thực hiện xét về thách thức và vấn đề nêu trên. Với một khía cạnh của sáng chế, thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện kết nối nguồn điện DC thông qua thiết bị chuyển đổi DC/AC, bộ lọc và máy biến áp và thực hiện việc điều khiển máy phát đồng bộ ảo, thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện bao gồm: bộ phận tính điện áp cảm ứng bên trong được tạo cấu hình để tính điện áp cảm ứng bên trong dựa vào trị số phát hiện dòng điện đầu ra, trị số hiệu dụng của trị số phát hiện điện áp AC và trị số lệnh của trị số hiệu dụng điện áp AC; mô hình máy phát đồng bộ ảo (virtual synchronous generator, viết tắt là VSG) được tạo cấu hình để xác định, dựa vào điện áp cảm ứng bên trong, trị số phát hiện dòng điện đầu ra và trị số tham chiếu điện, tần số góc mô phỏng máy phát đồng bộ; bộ phận bù Z_s được tạo cấu hình để mô phỏng sự sụt giảm điện áp được gây ra bởi trở kháng trong của máy phát đồng bộ dựa vào điện áp cảm ứng bên trong, trị số phát hiện điện áp lưới và trị số phát hiện dòng điện đầu ra và tính trị số lệnh điện áp lưới; bộ phận điều khiển điện áp đầu ra được tạo cấu hình để thực hiện việc điều khiển điện áp sao cho trị số phát hiện điện áp lưới trở thành trị số lệnh điện áp lưới và đưa ra trị số lệnh điều khiển điều biến độ rộng xung (Pulse-width modulation, viết tắt là PWM); và bộ phận điều khiển PWM

được tạo cấu hình để đưa ra lệnh công của thiết bị chuyển đổi DC/AC dựa vào trị số lệnh điều khiển PWM và tần số góc, trong đó bộ phận bù Z_s có bộ phận tính Z_s được tạo cấu hình để tính pha dòng điện đầu ra từ trị số phát hiện dòng điện đầu ra, giới hạn pha dòng điện đầu ra sao cho pha dòng điện đầu ra nằm trong khoảng hiệu dụng bằng bộ giới hạn pha và tính trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh dựa vào pha dòng điện đầu ra được giới hạn, điện áp cảm ứng bên trong, trị số phát hiện điện áp lưới và trị số giới hạn dòng điện; bộ phận tính V_{zs} được tạo cấu hình để tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo được xác định trước và trị số phát hiện dòng điện đầu ra ở trạng thái bình thường và tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh và trị số phát hiện dòng điện đầu ra tại thời điểm xảy ra quá dòng; và bộ trừ được tạo cấu hình để đưa ra, như trị số lệnh điện áp lưới, trị số được thu nhận bằng cách trừ sự sụt giảm điện áp từ điện áp cảm ứng bên trong.

Với một khía cạnh của sáng chế, bộ giới hạn pha được tạo cấu hình để tính trục D' mà là điểm giữa của trị số giới hạn trên và trị số giới hạn dưới của bộ giới hạn pha, thực hiện việc chuyển đổi tọa độ của pha dòng điện đầu ra với trục D' là tham chiếu, giới hạn với trục D' là tham chiếu, và thực hiện việc chuyển đổi tọa độ của pha dòng điện đầu ra được giới hạn với trục gốc D là tham chiếu.

Với một khía cạnh của sáng chế, bộ giới hạn pha được tạo cấu hình để thiết đặt, như trục D' , pha được thu nhận bằng cách trừ $5\pi/4$ từ trị số giới hạn trên của bộ giới hạn pha hoặc pha được thu nhận bằng cách trừ $3\pi/4$ từ trị số giới hạn dưới của bộ giới hạn pha.

Với một khía cạnh của sáng chế, trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh được biểu diễn bởi biểu thức sau (5).

Biểu thức 5

$$\begin{bmatrix} r' \\ x' \end{bmatrix} = \frac{1}{I_{lim}} \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_d - V_d \\ E_q - V_q \end{bmatrix} \quad \dots (5)$$

Trong đó, θ được biểu diễn bởi biểu thức sau (7).

Biểu thức 7

$$\tan^{-1}\left(\frac{-(E_d - V_d)}{E_q - V_q}\right) \leq \theta \leq \tan^{-1}\left(\frac{E_q - V_q}{E_d - V_d}\right) \quad \dots (7)$$

r', x' : trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh

I_{lim} : trị số giới hạn dòng điện

Θ : pha dòng điện đầu ra

E_d : thành phần trục d của điện áp cảm ứng bên trong

E_q : thành phần trục q của điện áp cảm ứng bên trong

V_d : thành phần trục d của trị số phát hiện điện áp lưới

V_q : thành phần trục q của trị số phát hiện điện áp lưới

Với một khía cạnh của sáng chế, bộ phận tính Z_s được tạo cấu hình để thiết đặt trị số giới hạn dòng điện như trị số cố định, và bộ phận tính V_zs được tạo cấu hình để, khi trị số phát hiện dòng điện đầu ra thấp hơn trị số giới hạn dòng điện, ở trạng thái bình thường, tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo và trị số phát hiện dòng điện đầu ra, và khi trị số phát hiện dòng điện đầu ra là trị số giới hạn dòng điện hoặc lớn hơn, tại thời điểm xảy ra quá dòng, tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh và trị số phát hiện dòng điện đầu ra.

Với khía cạnh khác của sáng chế, bộ phận tính Z_s được tạo cấu hình để tính độ lớn của vector dòng điện đầu ra từ trị số phát hiện dòng điện đầu ra, và thiết đặt, như trị số giới hạn dòng điện, trị số được giới hạn tới dòng điện mà có thể đưa ra độ lớn của vector dòng điện đầu ra, và bộ phận tính V_zs được tạo cấu hình để so sánh trở kháng đồng bộ ảo và trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh, và khi trở kháng đồng bộ ảo lớn hơn, ở trạng thái bình thường, tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo và trị số phát hiện dòng điện đầu ra, và khi trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh lớn hơn, tại thời điểm xảy ra quá dòng, tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh và trị số phát hiện dòng điện đầu ra.

Với khía cạnh khác của sáng chế, bộ phận bù Zs có bộ phận đánh giá quá dòng được tạo cấu hình để đánh giá xem là trạng thái bình thường hay thời điểm xảy ra quá dòng, bộ phận đánh giá quá dòng có bộ phận đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng được tạo cấu hình để đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng dựa vào đánh giá dòng điện đầu ra bằng cách so sánh giữa trị số tối đa chỉnh lưu toàn sóng của trị số phát hiện dòng điện đầu ra và mức đánh giá quá dòng; bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng được tạo cấu hình để ước tính, dựa vào điện áp cảm ứng bên trong và trị số phát hiện điện áp lưới, trị số ước tính dòng điện đầu ra khi quay lại từ trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh tới trở kháng đồng bộ ảo và đánh giá hoạt động quay lại quá dòng dựa vào đánh giá dòng điện ước tính thứ nhất bằng cách so sánh giữa căn bậc hai của tổng các bình phương của trị số ước tính dòng điện đầu ra và mức đánh giá dòng điện, và mạch chốt được tạo cấu hình để, khi hoạt động ngăn chặn sự quá dòng được đánh giá bởi bộ phận đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng, giữ trạng thái hoạt động ngăn chặn sự quá dòng, và khi hoạt động quay lại quá dòng được đánh giá bởi bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng, giữ trạng thái hoạt động quay lại quá dòng.

Với một khía cạnh của sáng chế, bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng được tạo cấu hình để đánh giá hoạt động quay lại quá dòng bằng điều kiện AND (và) của đánh giá điện áp bằng cách so sánh giữa căn bậc hai của tổng các bình phương của trị số đường trung bình động của trị số phát hiện điện áp lưới giữa các chu kỳ cung cấp điện và mức đánh giá điện áp và đánh giá dòng điện ước tính thứ nhất.

Với một khía cạnh của sáng chế, bộ phận đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng được tạo cấu hình để đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng bằng điều kiện OR (hoặc) của đánh giá dòng điện ước tính thứ hai bằng cách so sánh giữa căn bậc hai của tổng các bình phương của trị số ước tính dòng điện đầu ra và mức đánh giá quá dòng và đánh giá dòng điện đầu ra.

Với khía cạnh khác của sáng chế, thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện kết nối nguồn điện DC thông qua thiết bị chuyển đổi DC/AC, bộ lọc LC và máy biến áp và thực hiện việc điều khiển của máy phát điện đồng bộ ảo, thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện bao gồm: bộ phận tính điện áp cảm ứng bên trong được tạo cấu hình để tính điện áp cảm ứng bên trong dựa vào trị số phát hiện dòng điện đầu ra, trị số hiệu dụng của trị số phát hiện điện áp AC và trị số lệnh của trị số hiệu dụng điện áp AC; mô hình VSG được tạo cấu hình để xác định, dựa vào điện áp cảm ứng bên trong, trị số phát hiện dòng điện đầu ra và trị số tham chiếu điện, tần số góc mô phỏng máy phát đồng bộ; bộ phận bù Z_s được tạo cấu hình để mô phỏng sự sụt giảm điện áp được gây ra bởi trở kháng trong của máy phát đồng bộ dựa vào điện áp cảm ứng bên trong, trị số phát hiện điện áp lưới và trị số phát hiện dòng điện đầu ra và tính trị số lệnh điện áp lưới; bộ phận điều khiển điện áp đầu ra được tạo cấu hình để thực hiện việc điều khiển điện áp sao cho trị số phát hiện điện áp lưới trở thành trị số lệnh điện áp lưới và đưa ra trị số lệnh điều khiển PWM; bộ phận điều khiển PWM được tạo cấu hình để đưa ra lệnh cổng của thiết bị chuyển đổi DC/AC dựa vào trị số lệnh điều khiển PWM và tần số góc, trong đó bộ phận tính Z_s có bộ phận tính Z_s được tạo cấu hình để tính pha dòng điện đầu ra từ trị số ước tính dòng điện đầu ra, giới hạn pha dòng điện đầu ra sao cho pha dòng điện đầu ra nằm trong khoảng hiệu dụng và tính trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh dựa vào pha dòng điện đầu ra được giới hạn, điện áp cảm ứng bên trong, trị số phát hiện điện áp lưới và trị số giới hạn dòng điện; bộ phận tính V_z được tạo cấu hình để tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh và trị số phát hiện dòng điện đầu ra ở trạng thái bình thường và cũng tại thời điểm xảy ra quá dòng; và bộ trừ được tạo cấu hình để đưa ra, như trị số lệnh điện áp lưới, trị số được thu nhận bằng cách trừ sự sụt giảm điện áp từ điện áp cảm ứng bên trong.

Với một khía cạnh của sáng chế, trị số ước tính dòng điện đầu ra được biểu diễn bởi biểu thức sau (8).

Biểu thức 8

$$\begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} = \frac{1}{r^2 + x^2} \begin{bmatrix} r & x \\ -x & r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_d - V_d \\ E_q - V_q \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

I_d, I_q : trị số ước tính dòng điện đầu ra

r, x : trở kháng đồng bộ ảo

E_d : thành phần trục d của điện áp cảm ứng bên trong

E_q : thành phần trục q của điện áp cảm ứng bên trong

V_d : thành phần trục d của trị số phát hiện điện áp lưới

V_q : thành phần trục q của trị số phát hiện điện áp lưới

Theo sáng chế, trong thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện mà điều khiển máy phát đồng bộ ảo, có thể tiếp tục hoạt động trong khi ngăn chặn sự quá dòng được gây ra bởi sự cố ngắn mạch của lưới điện v.v. và có điện đồng bộ được tạo ra bằng hoạt động hoặc tác động của trở kháng đồng bộ ảo.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ thể hiện mô hình trở kháng ảo của thiết bị chuyển đổi điện kết nối hệ thống (hoặc thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện).

Fig.2 là sơ đồ giản lược thể hiện cấu hình chung của thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện.

Fig.3 là sơ đồ giản lược thể hiện bộ phận bù Z_s theo các phương án từ 1 đến 7.

Fig.4 là sơ đồ giản lược thể hiện bộ phận tính Z_s theo các phương án 1 và 2.

Fig.5 là sơ đồ giản lược thể hiện bộ giới hạn pha theo phương án 1.

Fig.6A và Fig.6B là các sơ đồ vector với trục D và trục D' là các tham chiếu.

Fig.7 là sơ đồ giản lược thể hiện bộ giới hạn pha theo phương án 2.

Fig.8 là sơ đồ giản lược thể hiện bộ phận tính Z_s theo phương án 3.

Fig.9 là sơ đồ giản lược thể hiện bộ phận tính Z_s theo phương án 4.

Fig.10 là sơ đồ giản lược thể hiện bộ phận đánh giá quá dòng theo phương án 5.

Fig.11 là sơ đồ giản lược thể hiện bộ phận đánh giá quá dòng theo phương án 6.

Fig.12 là sơ đồ giản lược thể hiện bộ phận đánh giá quá dòng theo phương án 7.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án từ 1 đến 7 của thiết bị chuyển đổi điện kết nối hệ thống (hoặc thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện) theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dưới đây với tham chiếu tới các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.12.

Phương án 1

Fig.1 thể hiện mô hình trở kháng ảo của thiết bị chuyển đổi điện kết nối hệ thống (hoặc thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện) được sử dụng cho hệ thống chuyển đổi điện (power conversion system, viết tắt là PCS). Như được thể hiện trên Fig.1, thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện có thiết bị chuyển đổi DC/AC INV và LC bộ lọc LC (cuộn cảm L_f và tụ điện C_f), và được kết nối tới hệ thống (hoặc lưới điện) 1.

Thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện thực hiện việc điều khiển điện áp sao cho trị số phát hiện điện áp lưới V_{ac} sau khi LC bộ lọc LC trùng với trị số lệnh điện áp lưới V_{ac}^* được thu nhận bằng cách trừ sự sụt giảm điện áp mà được gây ra bởi thực tế là dòng điện đầu ra I_{ac} chạy qua trở kháng đồng bộ ảo Z_s , từ điện áp cảm ứng bên trong E_f .

Fig.2 là sơ đồ giản lược thể hiện cấu hình chung của thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện theo phương án 1. Như được thể hiện trên Fig.2, là cấu hình mạch chính của thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện, nguồn điện DC chẳng hạn như pin lưu trữ được kết nối với lưới điện 1 thông qua thiết bị chuyển đổi DC/AC INV được tạo nên bởi tranzitor lưỡng cực công cách ly (Insulated-gate bipolar transistor, viết tắt là IGBTs) v.v., LC bộ lọc LC và máy biến áp Tr. Trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} giữa LC bộ lọc LC và máy biến áp Tr và trị số phát hiện điện áp lưới V_{ac} được phát hiện, và được đưa ra tới khối điều khiển được nêu sau.

Khối điều khiển của thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện theo phương án 1 có, như được thể hiện trên Fig.2, bộ phận tính điện áp cảm ứng bên trong 2, mô hình VSG 3, bộ phận bù Z_s 4, bộ phận điều khiển điện áp đầu ra 5 và bộ phận điều khiển PWM.

Bộ phận tính điện áp cảm ứng bên trong 2 đưa vào trị số lệnh $|V_{ac}|^*$ của trị số hiệu dụng điện áp AC, trị số hiệu dụng $|V_{ac}|$ của trị số phát hiện điện áp AC và trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} , và tính điện áp cảm ứng bên trong E_f . Mô hình VSG 3 đưa vào điện áp cảm ứng bên trong E_f , trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} và trị số tham chiếu điện P_m , và xác định tần số góc ω_r mô phỏng máy phát đồng bộ.

Bộ phận bù Z_s 4 thu nhận trị số phát hiện điện áp lưới V_{ac} , trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} và điện áp cảm ứng bên trong E_f , mô phỏng sự sụt giảm điện áp được gây ra bởi trở kháng trong của máy phát đồng bộ, và đưa ra trị số lệnh điện áp lưới V_{ac}^* .

Bộ phận điều khiển điện áp đầu ra 5 đưa vào trị số phát hiện điện áp lưới V_{ac} và trị số lệnh điện áp lưới V_{ac}^* , thực hiện việc điều khiển sao cho trị số phát hiện điện áp lưới V_{ac} trở thành trị số lệnh điện áp lưới V_{ac}^* , và đưa ra trị số lệnh điều khiển PWM V_{cmd} . Bộ phận điều khiển PWM 6 đưa vào trị số lệnh điều khiển PWM V_{cmd} và tần số góc ω_r , và đưa ra lệnh cổng Gate tới bộ chuyển mạch chẳng hạn như IGBT của thiết bị chuyển đổi DC/AC INV.

Bởi vì bộ phận tính điện áp cảm ứng bên trong 2, mô hình VSG 3, bộ phận điều khiển điện áp đầu ra 5 và bộ phận điều khiển PWM 6 không trực tiếp liên quan tới sáng chế, mô tả chi tiết của chúng được bỏ qua ở đây.

Bộ phận bù Z_s 4 có, như được thể hiện trên Fig.3, bộ phận tính Z_s 7, chuyển mạch 8, bộ phận tính V_{Z_s} 9 và bộ trừ 10.

Bộ phận tính Z_s 7 tính trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' được yêu cầu để ngăn chặn dòng điện đầu ra khi xảy ra quá dòng. Chuyển mạch 8 thường đưa ra trở kháng đồng bộ ảo Z_s được xác định trước, nhưng đưa ra trở

kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' khi xảy ra quá dòng. Đánh giá của trạng thái bình thường và xảy ra quá dòng được thực hiện, ví dụ, bằng cách so sánh giữa trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} và mức quá dòng (trị số ngưỡng).

Bộ phận tính V_{Z_s} 9 tính sự sụt giảm điện áp V_{Z_s} được tạo ra bởi trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} và trở kháng đồng bộ ảo Z_s hoặc trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' . Bộ trừ 10 trừ sự sụt giảm điện áp V_{Z_s} từ điện áp cảm ứng bên trong E_f , và tính trị số lệnh điện áp lưới V_{ac}^* được đưa ra bởi thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện.

Fig.4 là sơ đồ khối thể hiện bộ phận tính Z_s 7. Bộ phận tính Z_s 7 có bộ chuyển đổi tọa độ cực 11, bộ giới hạn pha 12a, bộ phận $\cos$ 13a, bộ phận $\sin$ 13b, các bộ trừ 14a và 14b, các bộ nhân từ 15a đến 15d, bộ cộng 16a, bộ trừ 16b và các bộ nhân tăng tích 17a và 17b.

Bộ chuyển đổi tọa độ cực 11 tính pha dòng điện đầu ra Θ từ trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} . Bộ giới hạn pha 12a giới hạn pha dòng điện đầu ra Θ sao cho pha dòng điện đầu ra Θ nằm trong khoảng hiệu dụng. Bộ phận $\cos$ 13a đưa ra $\cos \Theta$, và bộ phận $\sin$ 13b đưa ra $\sin \Theta$.

Bộ trừ 14a trừ thành phần trục d V_d của trị số phát hiện điện áp lưới V_{ac} từ thành phần trục d E_d của điện áp cảm ứng bên trong E_f , và đưa ra trị số $E_d - V_d$. Bộ trừ 14b trừ thành phần trục q V_q của trị số phát hiện điện áp lưới V_{ac} từ thành phần trục q E_q của điện áp cảm ứng bên trong E_f , và đưa ra trị số $E_q - V_q$.

Bộ nhân 15a nhân đầu ra của bộ trừ 14a với $\cos \Theta$, và đưa ra trị số $(E_d - V_d) \cos \Theta$. Bộ nhân 15b nhân đầu ra của bộ trừ 14a với $\sin \Theta$, và đưa ra trị số $(E_d - V_d) \sin \Theta$. Bộ nhân 15c nhân đầu ra của bộ trừ 14b với $\cos \Theta$, và đưa ra trị số $(E_q - V_q) \cos \Theta$. Bộ nhân 15d nhân đầu ra của bộ trừ 14b với $\sin \Theta$, và đưa ra trị số $(E_q - V_q) \sin \Theta$.

Bộ cộng 16a cộng đầu ra $(E_q - V_q) \sin \Theta$ của bộ nhân 15d với đầu ra $(E_d - V_d) \cos \Theta$ của bộ nhân 15a. Bộ trừ 16b trừ đầu ra $(E_d - V_d) \sin \Theta$ của bộ nhân 15b với đầu ra $(E_q - V_q) \cos \Theta$ của bộ nhân 15c.

Bộ nhân tăng tích 17a nhân đầu ra của bộ cộng 16a với bộ tăng tích G ($=1/I_{lim}$), và đưa ra nó dưới dạng r' . Bộ nhân tăng tích 17b nhân đầu ra của bộ trừ 16b với bộ tăng tích G ($=1/I_{lim}$), và đưa ra nó dưới dạng x' . (r' , x') trở thành trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' .

[0046] Thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện thực hiện việc điều khiển điện áp sao cho trị số phát hiện điện áp lưới V_{ac} sau khi LC bộ lọc LC trùng với trị số lệnh điện áp lưới V_{ac}^* được thu nhận bằng cách trừ sự sụt giảm điện áp mà được gây ra bởi thực tế là dòng điện đầu ra I_{ac} chạy qua trở kháng đồng bộ ảo Z_s , từ điện áp cảm ứng bên trong E_f .

Ở trạng thái bình thường, trở kháng đồng bộ ảo Z_s (r và x) theo máy phát đồng bộ được mô phỏng được thiết đặt, và trị số lệnh điện áp lưới V_{ac}^* được xác định bởi trở kháng đồng bộ ảo Z_s được thiết đặt.

Trong trường hợp mà, do sự cố lưới điện, v.v., quá dòng xảy ra trong thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện khi trị số lệnh điện áp lưới V_{ac}^* được xác định bởi trở kháng đồng bộ ảo Z_s được đưa ra, bằng cách chuyển trở kháng đồng bộ ảo Z_s thành trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' (r' và x') được yêu cầu để giới hạn trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} tới trị số giới hạn dòng điện I_{lim} mà thiết bị chuyển đổi DC/AC INV có thể đưa ra, quá dòng được ngăn chặn.

Phương pháp tính của trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' được yêu cầu để ngăn chặn sự quá dòng sẽ được mô tả dưới đây. Từ mô hình trở kháng của Fig.1, sự sụt giảm điện áp V_{Z_s} ($=Z_s I_{ac}$) được tạo ra bởi trở kháng đồng bộ ảo Z_s là biểu thức sau (1).

Biểu thức 1

$$Z_s I_{ac} = E_f - V_{ac} \quad \dots (1)$$

Khi biểu thức (1) được xử lý trên tọa độ DQ và được biểu diễn như một định thức, biểu thức (1) trở thành biểu thức sau (2).

Biểu thức 2

$$\begin{bmatrix} r \\ x \end{bmatrix} = \frac{1}{I_d^2 + I_q^2} \begin{bmatrix} I_d & I_q \\ -I_q & I_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_d - V_d \\ E_q - V_q \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

[0053] Tại đây, trở kháng đồng bộ ảo Z_s , trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} , trị số phát hiện điện áp lưới V_{ac} và điện áp cảm ứng bên trong E_f được biểu diễn bởi biểu thức sau (3).

Biểu thức 3

$$Z_s = r + jx, \quad I_{ac} = I_d + jI_q, \quad V_{ac} = V_d + jV_q, \quad E_f = E_d + jE_q \quad \dots (3)$$

Khi ngăn chặn dòng điện đầu ra, chỉ độ lớn của vector dòng điện đầu ra được giới hạn mà không làm thay đổi pha của vector dòng điện đầu ra. Thành phần trục d I_d và thành phần trục q I_q của trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} sau giới hạn và pha dòng điện đầu ra Θ trở thành biểu thức sau (4). Tại đây, I_{lim} cho biết trị số giới hạn dòng điện, và I_{d_det}/I_{q_det} cho biết thành phần trục d/ thành phần trục q của trị số phát hiện dòng điện đầu ra.

Biểu thức 4

$$I_d = I_{lim} \cos \theta, \quad I_q = I_{lim} \sin \theta, \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{I_{d_det}}{I_{q_det}} \right) \quad \dots (4)$$

Từ các biểu thức trên, trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' (r' và x') được yêu cầu để giới hạn dòng điện đầu ra tới trị số giới hạn dòng điện I_{lim} có thể được xác định bởi biểu thức sau (5).

Biểu thức 5

$$\begin{bmatrix} r' \\ x' \end{bmatrix} = \frac{1}{I_{lim}} \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_d - V_d \\ E_q - V_q \end{bmatrix} \quad \dots (5)$$

Fig.4 thể hiện các nội dung trên trong sơ đồ khối. Cần được lưu ý rằng bằng cách xác định pha bên trong với điện áp cảm ứng bên trong E_f là tham chiếu, E_q trở thành 0 ($E_q=0$) và có thể được đơn giản hóa.

Tiếp theo, bộ giới hạn pha 12a sẽ được mô tả. Như được nêu trên, khi tính trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' , mặc dù pha dòng điện đầu ra Θ của trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} được sử dụng, để sử dụng nó làm mô hình

trở kháng ảo của Fig.1, cần phải hạn chế pha dòng điện đầu ra Θ sao cho pha dòng điện đầu ra Θ nằm trong khoảng hiệu dụng.

Fig.5 là sơ đồ giản lược thể hiện bộ giới hạn pha 12a theo phương án 1. Như được thể hiện trên Fig.5, bộ giới hạn pha 12a có bộ đầu ra trị số tối đa 18a, bộ đầu ra trị số tối thiểu 18b, bộ trừ 19, bộ nhân 20, bộ cộng 21, bộ trừ 22, các bộ trừ 23a, 23b và 23c, bộ giới hạn 24 và bộ cộng 25. Θ_{IN} chỉ ra pha được đưa vào bộ giới hạn pha 12a, và Θ_{OUT} chỉ ra pha được đưa ra từ bộ giới hạn pha 12a.

Bộ đầu ra trị số tối đa 18a đưa ra trị số tối đa của trị số giới hạn trên Θ_H và trị số giới hạn dưới Θ_L của bộ giới hạn pha. Bộ đầu ra trị số tối thiểu 18b đưa ra trị số tối thiểu của trị số giới hạn trên Θ_H và trị số giới hạn dưới Θ_L của bộ giới hạn pha. Bộ trừ 19 xác định độ lệch (độ chênh lệch) giữa trị số tối đa và trị số tối thiểu. Bộ nhân 20 xác định pha mà bằng nửa của khoảng hiệu dụng của pha dòng điện đầu ra Θ bằng cách nhân độ lệch với $1/2$.

Bộ cộng 21 xác định sự chênh lệch pha từ trị số giới hạn trên Θ_H của bộ giới hạn pha với trục D' bằng cách cộng thêm π vào pha mà bằng nửa của khoảng hiệu dụng của pha Θ . Bộ trừ 22 xác định sự chênh lệch pha Θ_{ax} từ trục D tới trục D' bằng cách trừ sự chênh lệch pha từ trị số giới hạn trên Θ_H của bộ giới hạn pha.

Các bộ trừ 23a, 23b và 23c trừ đầu ra của bộ trừ 22 với các pha Θ_{IN} , Θ_H và Θ_L , và chuyển đổi các pha Θ_{IN} , Θ_H và Θ_L này với trục D' là tham chiếu.

Bộ giới hạn 24 giới hạn pha dòng điện đầu ra Θ_{IN}' được chuyển đổi với trục D' là tham chiếu bằng các trị số giới hạn dưới và trên Θ_H' và Θ_L' được chuyển đổi với trục D' là tham chiếu. Bộ cộng 25 cộng đầu ra của bộ trừ 22 với đầu ra của bộ giới hạn 24, và chuyển đổi pha dòng điện đầu ra được giới hạn với trục D là tham chiếu. Đầu ra của bộ cộng 25 là Θ_{OUT} .

Fig.6A thể hiện sơ đồ vector với trục D là tham chiếu. Fig.6B thể hiện sơ đồ vector với trục D' là tham chiếu. Như được thể hiện trên Fig.6A, trục D' mà có sự chênh lệch pha so với trị số giới hạn dưới Θ_L của bộ giới hạn Θ_A và có sự

chênh lệch pha so với trị số giới hạn trên Θ_H của bộ giới hạn Θ_B được bố trí. Trục D' này được xác định ở giữa trị số giới hạn trên Θ_H và trị số giới hạn dưới Θ_L của bộ giới hạn sao cho Θ_A bằng Θ_B ($\Theta_A = \Theta_B$).

Điểm tham chiếu (điểm 0) của trục D' được thiết đặt tới điểm mà đối xứng với điểm giữa của trị số giới hạn trên Θ_H và trị số giới hạn dưới Θ_L của bộ giới hạn với pha được tăng thêm π . Mỗi pha được chuyển đổi với trục D là tham chiếu bằng cách tính sự chênh lệch pha Θ_{ax} giữa trục D' này và trục D dựa vào trị số giới hạn dưới Θ_L và trị số giới hạn trên Θ_H của bộ giới hạn.

Bằng cách thực hiện quy trình giới hạn dựa vào thông tin pha với trục D' là tham chiếu, nếu vector trước khi giới hạn nằm ngoài phạm vi, vector được giới hạn một trong hai, mà gần với vector hơn, của trị số giới hạn trên Θ_H hoặc trị số giới hạn dưới Θ_L .

Cụ thể hơn, vector A được giới hạn trị số giới hạn dưới bộ giới hạn Θ_L , trong khi vector B được giới hạn trị số giới hạn trên bộ giới hạn Θ_H . Thông tin pha sau khi giới hạn được chuyển đổi thành các pha tương ứng với trục gốc D là tham chiếu bằng cách cộng thêm sự chênh lệch pha Θ_{ax} .

Theo mô tả trên, mặc dù trục D' được tính với trị số giới hạn trên bộ giới hạn Θ_H là tham chiếu, trục D' có thể được tính với trị số giới hạn dưới bộ giới hạn Θ_L là tham chiếu.

Như được nêu trên, theo phương án 1, ngay cả khi quá dòng xảy ra trong thiết bị chuyển đổi DC/AC do sự cố ngắn mạch, v.v. của lưới điện, vẫn có thể tiếp tục hoạt động với dòng điện được giới hạn ở trị số giới hạn dòng điện mà thiết bị chuyển đổi DC/AC có thể đưa ra. Hơn nữa, bởi vì điện đồng bộ được tạo ra bởi hoạt động hoặc tác động của trở kháng đồng bộ ảo vẫn được có, nên có thể đồng bộ hóa thiết bị với các nguồn điện áp khác ngay cả khi ngăn chặn dòng điện.

Ngoài ra, khi pha dòng điện đầu ra được giới hạn nằm ngoài khoảng hiệu dụng, bởi vì pha dòng điện đầu ra được giới hạn một trong hai mà có sự chênh

lệch pha nhỏ hơn của trị số giới hạn trên hoặc trị số giới hạn dưới của bộ giới hạn, sự thay đổi của pha bởi bộ giới hạn trở nên nhỏ.

Phương án 2

Theo phương án 2, bộ giới hạn pha 12a theo phương án 1 được đơn giản hóa. Fig.7 thể hiện bộ giới hạn pha 12a theo phương án 2. Như được thể hiện trên Fig.7, bộ giới hạn pha 12a theo phương án 2 có bộ trừ 26, bộ trừ 27, bộ giới hạn 28 và bộ cộng 29.

Bộ trừ 26 trừ $5\pi/4$ từ trị số giới hạn trên Θ_H của bộ giới hạn pha. Bộ trừ 27 trừ đầu ra của bộ trừ 26 từ pha Θ_{IN} , và chuyển đổi pha Θ_{IN} với trục D' là tham chiếu. Bộ giới hạn 28 giới hạn pha Θ_{IN} được chuyển đổi với trục D' là tham chiếu là $3\pi/4 \leq \Theta < 5\pi/4$. Bộ cộng 29 chuyển đổi đầu ra của bộ giới hạn 28 với trục D là tham chiếu. Đầu ra của bộ cộng 29 là pha Θ_{OUT} .

Để mô phỏng trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' , trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' được xác định bởi biểu thức (5) phải là dương. Mặc dù thông tin pha dòng điện đầu ra tức thời là cần thiết để ngăn chặn sự quá dòng, nếu trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' được tính dựa vào thông tin pha được trích xuất từ dòng điện tức thời khi dòng điện đầu ra bị nhiễu loạn do sự cố lưới điện, thay đổi tải và tương tự, trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' có thể là trị số âm. Do đó, bộ giới hạn được bố trí cho pha dòng điện đầu ra được trích xuất Θ .

Điều kiện mà trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh r' và x' trở thành các trị số dương từ phương trình của trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' của biểu thức (5) là biểu thức sau (6).

Biểu thức 6

$$\begin{cases} (E_d - V_d) \cos \theta + (E_q - V_q) \sin \theta \geq 0 \\ -(E_d - V_d) \sin \theta + (E_q - V_q) \cos \theta \geq 0 \end{cases} \quad \dots (6)$$

Từ biểu thức (6), pha dòng điện đầu ra Θ cần được giới hạn để nằm trong phạm vi của biểu thức sau (7).

Biểu thức 7

$$\tan^{-1}\left(\frac{-(E_d - V_d)}{E_g - V_g}\right) \leq \theta \leq \tan^{-1}\left(\frac{E_q - V_q}{E_d - V_d}\right) \quad \dots (7)$$

Bởi vì mẫu số và tử số của trị số giới hạn trên và trị số giới hạn dưới (Θ_L) đối nhau trong biểu thức (7), độ lệch (độ chênh lệch) giữa trị số giới hạn trên và trị số giới hạn dưới (Θ_L) được cố định tại $\pi/2$. Do đó, bởi vì $\Theta_A = \Theta_B = \pi/4$ nên sự chênh lệch pha từ trị số giới hạn trên Θ_H tới trục D' trở thành $5\pi/4$. Tại đây, mặc dù phương pháp để tính trục D' với trị số giới hạn trên Θ_H là tham chiếu đã được nêu, trục D' có thể được tính với trị số giới hạn dưới Θ_L là tham chiếu. Trong trường hợp mà trị số giới hạn dưới Θ_L là tham chiếu, sự chênh lệch pha trở thành $3\pi/4$.

Từ phần nêu trên, cấu hình của bộ giới hạn pha (Fig.5) theo phương án 1 có thể được đơn giản hóa như được thể hiện trên Fig.7

Như được nêu trên, phương án 2 có thể thu được thao tác và hiệu quả tương tự như phương án 1. Hơn nữa, bộ giới hạn pha có thể được tạo cấu hình với cấu hình đơn giản hơn so với phương án 1.

Phương án 3

Phương án 3 tương tự như các phương án 1 và 2 ngoại trừ bộ phận tính Zs 7. Fig.8 thể hiện bộ phận tính Zs 7 theo phương án 3. Các điểm khác với các phương án 1 và 2 sẽ được mô tả dưới đây.

Theo các phương án 1 và 2, trị số giới hạn dòng điện Ilim là trị số cố định. Tuy nhiên, theo phương án 3, bộ giới hạn dòng điện 12b để giới hạn độ lớn (biên độ a) của trị số phát hiện dòng điện đầu ra Iac được bố trí. Hơn nữa, thay vì các bộ nhân gia tích 17a và 17b, các bộ chia 30a và 30b được bố trí, và chia các đầu ra của bộ cộng 16a và bộ trừ 16b bằng trị số phát hiện dòng điện đầu ra được giới hạn được đưa ra từ bộ giới hạn dòng điện 12b.

Theo các phương án 1 và 2, trở kháng đồng bộ ảo được xác định trước Z_s và trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' được tính bằng bộ phận tính Z_s 7 được chuyển bằng cách phát hiện quá dòng.

Ngược lại với điều này, theo phương án 3, khi trị số giới hạn dòng điện I_{lim} , trị số thu được bằng cách giới hạn độ lớn (biên độ a) của trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} với mức quá dòng được sử dụng. Sau đó, chuyển mạch 8 trên Fig.3 so sánh trở kháng đồng bộ ảo được xác định trước Z_s và trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' được tính bằng bộ phận tính Z_s 7, và lựa chọn trở kháng đồng bộ ảo có trị số trở kháng lớn hơn.

Như được nêu trên, theo phương án 3, thao tác và hiệu quả tương tự như thao tác và hiệu quả theo các phương án 1 và 2 được thu nhận. Hơn nữa, bởi vì lượng thay đổi giữa trở kháng đồng bộ ảo Z_s và trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' trở nên nhỏ khi trở kháng đồng bộ ảo được chuyển mạch nên sự thay đổi dòng điện trong quy trình ngăn chặn sự quá dòng trở nên nhẹ nhàng, khi đó sự quá tải có thể được ngăn chặn. Hơn nữa, bởi vì việc đánh giá quá dòng trở nên không cần thiết nên cấu hình mạch được đơn giản hóa, và việc điều chỉnh của trị số giới hạn dòng điện là không cần thiết.

Phương án 4

Khi biểu thức trên (1) được giải quyết cho dòng điện, biểu thức sau (8) được thu.

Biểu thức 8

$$\begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} = \frac{1}{r^2 + x^2} \begin{bmatrix} r & x \\ -x & r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_d - V_d \\ E_q - V_q \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

Từ biểu thức (8), dòng chảy dòng điện khi trở kháng đồng bộ ảo được thiết đặt Z_s được mô phỏng có thể được ước tính.

Trị số phát hiện dòng điện đầu ra I_{ac} được sử dụng trong các cấu hình theo các phương án từ 1 đến 3 được thay thế với các trị số ước tính dòng điện đầu ra I_d và I_q được tính bởi biểu thức (8), và các trị số này được sử dụng.

Fig.9 thể hiện bộ phận tính Zs 7 theo phương án 4. Các điểm khác biệt so với phương án 3 sẽ được mô tả dưới đây.

Bộ nhân 31a nhân đầu ra (Ed-Vd) của bộ trừ 14a với r/r^2+x^2 . Bộ nhân 31b nhân đầu ra (Eq-Vq) của bộ trừ 14b với x/r^2+x^2 . Bộ nhân 31c nhân đầu ra (Eq-Vq) của bộ trừ 14b với r/r^2+x^2 . Bộ nhân 31d nhân đầu ra (Ed-Vd) của bộ trừ 14a với x/r^2+x^2 .

Bộ cộng 32a cộng đầu ra của bộ nhân 31b với đầu ra của bộ nhân 31a. Bộ trừ 32b trừ đầu ra của bộ nhân 31d với đầu ra của bộ nhân 31c. Các đầu ra của bộ cộng 32a và bộ trừ 32b lần lượt là các trị số ước tính dòng điện đầu ra Id và Iq. Theo phương án 4, các trị số ước tính dòng điện đầu ra Id và Iq này được đưa ra tới bộ chuyển đổi tọa độ cực 11.

Khi tính trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh dựa vào các trị số ước tính dòng điện đầu ra Id và Iq, ở trạng thái bình thường (không có giới hạn bởi bộ giới hạn của biên độ dòng điện hoặc pha), r' và x' tương đương với trị số được thiết đặt trước r và x.

Mặt khác, tại thời điểm quá dòng, do biên độ dòng điện được giới hạn, trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Zs' (r' và x') được yêu cầu để ngăn chặn dòng điện đầu ra được tính. Do đó, theo phương án 4, chuyển mạch 8 của Fig.3 trở nên không cần thiết.

Do đó, theo phương án 4, ngoài thao tác và hiệu quả theo các phương án từ 1 đến 3, hoạt động chuyển mạch của trở kháng đồng bộ ảo theo sự xuất hiện hoặc không xuất hiện của xảy ra quá dòng có thể được loại bỏ.

Phương án 5

Theo phương án 5, bộ phận đánh giá quá dòng mà đánh giá xem thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện ở trạng thái bình thường hay quá dòng xảy ra sẽ được mô tả. Fig.10 là sơ đồ giản lược thể hiện bộ phận đánh giá quá dòng theo phương án 5. Như được thể hiện trên Fig.10, bộ phận đánh giá quá dòng có bộ

phần đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng 33, bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng 34 và mạch chốt 35.

Bộ phận đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng 33 có bộ phận đánh giá dòng điện tối đa 36 và bộ so sánh 37. Bộ phận đánh giá dòng điện tối đa 36 xác định trị số tối đa dòng điện đầu ra của trị số chỉnh lưu toàn sóng từ các trị số tức thời pha ba của trị số phát hiện dòng điện đầu ra Iac. Tại đây, cũng có thể sử dụng trị số tuyệt đối của vector dòng điện bằng căn bậc hai của tổng các bình phương từ các tín hiệu pha hai sau khi chuyển đổi DQ. Bộ so sánh 37 thực hiện đánh giá dòng điện đầu ra bằng cách so sánh giữa trị số tối đa dòng điện đầu ra và mức đánh giá quá dòng OC_Level, và đưa ra tín hiệu mức “1” khi trị số tối đa dòng điện đầu ra lớn hơn.

Bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng 34 có bộ ước tính dòng điện đầu ra 38, bình phương tổng căn (Root Sum Square, viết tắt là RSS) 39 và bộ so sánh 40. Bộ ước tính dòng điện đầu ra 38 ước tính, dựa vào điện áp cảm ứng bên trong Ef và trị số phát hiện điện áp lưới Vac, dòng chảy trị số ước tính dòng điện đầu ra khi quay lại trở kháng đồng bộ ảo từ trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Zs' tới trở kháng đồng bộ ảo Zs. RSS 39 xác định trị số tuyệt đối của vector của trị số ước tính dòng điện đầu ra được ước tính. Bộ so sánh 40 thực hiện đánh giá dòng điện ước tính thứ nhất bằng cách so sánh giữa trị số tuyệt đối của vector của trị số ước tính dòng điện đầu ra và mức đánh giá dòng điện I_Level, và đưa ra tín hiệu mức “1” khi trị số tuyệt đối của vector của trị số ước tính dòng điện đầu ra nhỏ hơn.

Mạch chốt 35 thiết đặt hoạt động ngăn chặn sự quá dòng và giữ trạng thái hoạt động ngăn chặn sự quá dòng khi đầu ra của bộ phận đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng 33 là tín hiệu mức “1”, và xóa hoạt động ngăn chặn sự quá dòng và giữ trạng thái quay lại quá dòng khi đầu ra của bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng 34 là tín hiệu mức “1”. Có nghĩa là, khi quá dòng được đánh giá bởi hoặc trong bộ phận đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng 33, trạng thái hoạt động ngăn chặn sự quá dòng được giữ, trong khi hoạt

động quay lại quá dòng được đánh giá bởi hoặc trong bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng 34, trạng thái quay lại quá dòng được giữ.

Hoạt động đánh giá chuyển mạch của trở kháng đồng bộ ảo sẽ được mô tả dưới đây. Khi trị số tối đa của chỉnh lưu toàn sóng được tính từ các trị số tức thời pha ba của trị số phát hiện dòng điện đầu ra Iac và trị số tối đa vượt quá mức đánh giá quá dòng OC_Level, quá dòng được đánh giá. Khi quá dòng được đánh giá, trở kháng đồng bộ ảo Zs được chuyển mạch thành trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Zs' để ngăn chặn sự quá dòng. Tín hiệu đánh giá của hoạt động ngăn chặn sự quá dòng được giữ trong mạch chốt 35. Tại đây, đối với đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng, căn bậc hai của tổng các bình phương có thể được sử dụng từ các thành phần trực DQ của dòng điện đầu ra.

Đánh giá điều kiện quay lại từ hoạt động ngăn chặn sự quá dòng sử dụng trị số ước tính dòng điện đầu ra. Từ biểu thức (8), dòng điện đầu ra được đưa ra khi quay lại trở kháng đồng bộ ảo từ trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Zs' thành trở kháng đồng bộ ảo Zs có thể được ước tính. Bằng cách tính trị số tối đa của vector dòng điện đầu ra (căn bậc hai của tổng các bình phương của các vector dòng điện đầu ra) được ước tính bởi biểu thức (8) và so sánh nó với mức đánh giá dòng điện I_Level, đánh giá được thực hiện xem sự quá dòng xảy ra khi quay lại trở kháng đồng bộ ảo từ trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Zs' thành trở kháng đồng bộ ảo Zs hay không.

Khi việc quay lại từ trạng thái quá dòng được đánh giá, chuyển mạch 8 chuyển mạch từ trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Zs' thành trở kháng đồng bộ ảo Zs. Tín hiệu đánh giá của hoạt động quay lại quá dòng được giữ trong mạch chốt 35.

Như được nêu trên, theo phương án 5, ngay cả khi quá dòng xảy ra trong thiết bị chuyển đổi DC/AC do sự cố ngắn mạch, v.v. của lưới điện, vẫn có thể tiếp tục hoạt động với dòng điện được giới hạn tới trị số giới hạn dòng điện mà thiết bị chuyển đổi DC/AC có thể đưa ra. Hơn nữa, bởi vì điện đồng bộ được tạo ra bởi hoạt động hoặc tác động của trở kháng đồng bộ ảo vẫn được có, nên có

thể đồng bộ hóa thiết bị với các nguồn điện áp khác ngay cả trong quá trình ngăn chặn dòng điện.

Ngoài ra, bằng việc thực hiện đánh giá hoạt động quay lại quá dòng từ dòng điện được ước tính, tình huống mà trạng thái quá dòng xảy ra lần nữa khi quay lại trở kháng đồng bộ ảo từ trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' thành trở kháng đồng bộ ảo Z_s sau đó hoạt động ngăn chặn sự quá dòng và hoạt động bình thường được lặp lại có thể được ngăn chặn, do đó chuyển mạch một cách ổn định giữa hoạt động ngăn chặn sự quá dòng và hoạt động bình thường.

Phương án 6

Phương án 6 tương tự như phương án 5 ngoại trừ bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng 34 của bộ phận đánh giá quá dòng. Fig.11 thể hiện bộ phận đánh giá quá dòng theo phương án 6. Theo phương án 6, như được thể hiện trên Fig.11, bộ trung bình động 41, RSS 42, bộ so sánh 43 và bộ tích số logic (hoặc bộ AND) 44 được bổ sung vào bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng 34 theo phương án 5.

Bộ trung bình động 41 thực hiện quy trình trung bình động của trị số phát hiện điện áp lưới Vac giữa các chu kỳ cung cấp điện. RSS 42 xác định trị số tuyệt đối của trị số phát hiện điện áp lưới trung bình động. Bộ so sánh 43 thực hiện đánh giá điện áp bằng cách so sánh giữa mức đánh giá điện áp V_Level và đầu ra (trị số tuyệt đối của trị số phát hiện điện áp lưới trung bình động Vac) của RSS 42, và đưa ra tín hiệu mức “1” khi đầu ra của RSS 42 lớn hơn. Bộ AND 44 đưa ra tín hiệu mức “1” khi các đầu ra của các bộ so sánh 40 và 43 đều là các tín hiệu mức “1”, và đưa ra tín hiệu mức “0” trong các trường hợp khác. Nghĩa là, hoạt động quay lại quá dòng được đánh giá bởi điều kiện AND của đánh giá dòng điện ước tính thứ nhất và đánh giá điện áp.

Phương án 6 là phương án trong đó điều kiện đánh giá bởi điện áp lưới được bổ sung vào bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng 34 theo phương án 5.

Nếu sự có ngắn mạch hai pha xảy ra trên phía lưới điện 1, thì điện áp lưới được đưa vào trạng thái mất cân bằng. Bởi vì thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện hoạt động như nguồn điện áp với trạng thái cân bằng ba pha, dòng điện đầu ra dao động và định kỳ vượt quá mức quá dòng. Để tránh lặp lại hoạt động ngăn chặn sự quá dòng và hoạt động bình thường khi ngắn mạch hai pha xảy ra, đánh giá điện áp bởi điện áp lưới được cung cấp.

Nếu việc chuyển đổi tọa độ DQ được thực hiện cho điện áp mất cân bằng ba pha (điện áp với mất cân bằng ba pha), xung của chu kỳ cung cấp điện xảy ra trong mỗi trong số các trục D và trục Q. Do đó, bằng việc thực hiện quy trình trung bình động giữa các chu kỳ cung cấp điện, xung này được loại bỏ. Là phương pháp của quy trình trung bình động, có phương pháp trong đó việc lấy mẫu được thực hiện đồng bộ với chu kỳ cung cấp điện và phương pháp trong đó việc lấy mẫu được thực hiện không đồng bộ với chu kỳ cung cấp điện.

Mặc dù một trong hai phương pháp đều có thể, vì tần số góc bên trong và tần số lưới không nhất thiết phải trùng khớp với nhau khi xảy ra nhiễu loạn lưới điện, v.v. trong điều khiển máy phát đồng bộ ảo, phương pháp trong đó việc lấy mẫu được thực hiện một cách không đồng bộ, chẳng hạn như tài liệu sáng chế 2, là kỳ vọng.

Bằng phương pháp trên, bằng cách tính trị số tuyệt đối của vector (căn bậc hai của tổng các bình phương của các vector) của trị số phát hiện điện áp lưới Vac mà từ đó thành phần xung được loại bỏ và việc so sánh nó với mức đánh giá điện áp V_Level, đánh giá được thực hiện xem trạng thái ngắn mạch xảy ra hay không.

Khi điều kiện AND của đánh giá dòng điện ước tính thứ nhất và đánh giá điện áp được thỏa mãn, trở kháng đồng bộ ảo được chuyển mạch từ trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh Z_s' thành trở kháng đồng bộ ảo Z_s . Tín hiệu đánh giá của hoạt động quay lại quá dòng được giữ trong mạch chốt 35.

Như được nêu trên, phương án 6 có thể thu nhận thao tác và hiệu quả tương tự như thao tác và hiệu quả theo phương án 5. Hơn nữa, ngay cả trong

trường hợp mà sự cố ngắn mạch hai pha xảy ra, vẫn có thể tiếp tục hoạt động ngăn chặn sự quá dòng mà không làm lặp lại hoạt động ngăn chặn sự quá dòng và hoạt động bình thường trong ngắn mạch, và dòng điện ổn định có thể được đưa ra.

Phương án 7

Phương án 7 tương tự như phương án 6 ngoại trừ bộ phận đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng 33 của bộ phận đánh giá quá dòng. Fig.12 thể hiện bộ phận đánh giá quá dòng theo phương án 7. Theo phương án 7, như được thể hiện trên Fig.12, bộ so sánh 45 và bộ tổng logic (hoặc bộ OR) 46 được bổ sung vào bộ phận đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng 33 theo phương án 6.

Bộ so sánh 45 thực hiện đánh giá dòng điện ước tính thứ hai bằng cách so sánh giữa trị số tuyệt đối (đầu ra của RSS 39) của vector của trị số ước tính dòng điện đầu ra được ước tính bởi bộ ước tính dòng điện đầu ra 38 trong bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng 34 và mức đánh giá quá dòng OC_Level, và đưa ra tín hiệu mức “1” khi đầu ra của RSS 39 lớn hơn. Bộ OR 46 đưa ra tín hiệu mức “1” khi ít nhất một trong các đầu ra của các bộ so sánh 37 và 45 là tín hiệu mức “1”, và đưa ra tín hiệu mức “0” khi cả đầu ra của các bộ so sánh 37 và 45 đều là tín hiệu mức “0”. Nghĩa là, hoạt động ngăn chặn sự quá dòng được đánh giá bởi điều kiện OR của đánh giá dòng điện đầu ra và đánh giá dòng điện ước tính thứ hai.

Phương án 7 là phương án trong đó đánh giá dòng điện ước tính thứ hai được bổ sung vào bộ phận đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng 33 theo các phương án 5 và 6. Khi điều kiện OR của đánh giá dòng điện ước tính thứ hai được bổ sung và đánh giá dòng điện đầu ra được thỏa mãn, hoạt động ngăn chặn sự quá dòng được đánh giá.

Khi xảy ra sự cố ngắn mạch của lưới điện, bởi thực tế rằng sự sụt giảm điện áp lưới xảy ra, sự chênh lệch điện áp giữa điện áp đầu ra của thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện và điện áp lưới xảy ra, sau đó dòng điện đầu ra tăng

lên. Bằng cách sử dụng dòng điện được ước tính, trạng thái quá dòng có thể được đánh giá trước khi dòng điện đầu ra thực tế tăng lên.

Như được nêu trên, theo phương án 7, thao tác và hiệu quả tương tự như thao tác và hiệu quả theo các phương án 5 và 6 được thu nhận. Hơn nữa, do có thể nhanh chóng chuyển sang hoạt động ngăn chặn sự quá dòng khi sự cố ngắn mạch của lưới điện xảy ra, kể cả trong trường hợp trở kháng đến điểm ngắn mạch của lưới điện nhỏ và dòng điện đầu ra tăng một cách đột ngột hoặc mạnh, quá dòng có thể được ngăn chặn. Mặc dù Fig.12 thể hiện hình vẽ trong đó phương án 7 được áp dụng cho phương án 6, phương án 7 có thể được áp dụng cho phương án 5.

Chỉ các phương án nêu trên được mô tả chi tiết trong sáng chế. Tuy nhiên, rõ ràng là đối với một người có hiểu biết thông thường trong lĩnh vực này các sửa đổi và thay đổi là có thể trong phạm vi các ý tưởng kỹ thuật của sáng chế. Tất nhiên, các sửa đổi và thay đổi đó thuộc phạm vi yêu cầu bảo hộ của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện kết nối nguồn điện DC thông qua thiết bị chuyển đổi DC/AC, bộ lọc LC và máy biến áp và thực hiện việc điều khiển của máy phát điện đồng bộ ảo, thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện bao gồm:

bộ tính điện áp cảm ứng bên trong được tạo cấu hình để tính điện áp cảm ứng bên trong dựa vào trị số phát hiện dòng điện đầu ra, trị số hiệu dụng của trị số phát hiện điện áp AC và trị số lệnh của trị số hiệu dụng điện áp AC;

mô hình VSG được tạo cấu hình để xác định, dựa vào điện áp cảm ứng bên trong, trị số phát hiện dòng điện đầu ra và trị số tham chiếu điện, tần số góc mô phỏng máy phát đồng bộ;

bộ phận bù Zs được tạo cấu hình để mô phỏng sự sụt giảm điện áp được gây ra bởi trở kháng bên trong của máy phát đồng bộ dựa vào điện áp cảm ứng bên trong, trị số phát hiện điện áp lưới và trị số phát hiện dòng điện đầu ra và tính trị số lệnh điện áp lưới;

bộ phận điều khiển điện áp đầu ra được tạo cấu hình để thực hiện việc điều khiển điện áp sao cho trị số phát hiện điện áp lưới trở thành trị số lệnh điện áp lưới và đưa ra trị số lệnh điều khiển; và

bộ phận điều khiển PWM được tạo cấu hình để đưa ra lệnh công của thiết bị chuyển đổi DC/AC dựa vào trị số lệnh điều khiển PWM và tần số góc, trong đó

bộ phận bù Zs bao gồm

bộ phận tính Zs được tạo cấu hình để tính pha dòng điện đầu ra từ trị số phát hiện dòng điện đầu ra, giới hạn pha dòng điện đầu ra sao cho pha dòng điện đầu ra nằm trong khoảng hiệu dụng bằng bộ giới hạn pha và tính trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh dựa vào pha dòng điện đầu ra được giới hạn, điện áp cảm ứng bên trong, trị số phát hiện điện áp lưới và trị số giới hạn dòng điện;

bộ phận tính V_{zs} được tạo cấu hình để tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo được xác định trước và trị số phát hiện dòng điện đầu ra ở trạng thái bình thường và tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh và trị số phát hiện dòng điện đầu ra tại thời điểm xảy ra quá dòng; và

bộ trừ được tạo cấu hình để đưa ra, như trị số lệnh điện áp lưới, trị số được thu nhận bằng cách trừ sự sụt giảm điện áp từ điện áp cảm ứng bên trong.

2. Thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện theo điểm 1, trong đó

bộ giới hạn pha được tạo cấu hình để tính trực D' mà là điểm giữa của trị số giới hạn trên và trị số giới hạn dưới của bộ giới hạn pha, thực hiện việc chuyển đổi tọa độ của pha dòng điện đầu ra với trực D' là tham chiếu, giới hạn pha dòng điện đầu ra với trực D' là tham chiếu, và thực hiện việc chuyển đổi tọa độ của pha dòng điện đầu ra được giới hạn với trực gốc D là tham chiếu.

3. Thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện theo điểm 2, trong đó

bộ giới hạn pha được tạo cấu hình để thiết đặt, như trực D' , pha được thu nhận bằng cách trừ $5\pi/4$ từ trị số giới hạn trên của bộ giới hạn pha hoặc pha được thu nhận bằng cách trừ $3\pi/4$ từ trị số giới hạn dưới của bộ giới hạn pha.

4. Thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó

trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh được biểu diễn bởi biểu thức sau (5),

$$\begin{bmatrix} r' \\ x' \end{bmatrix} = \frac{1}{I_{lim}} \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_d - V_d \\ E_q - V_q \end{bmatrix} \quad \dots (5)$$

trong đó θ được biểu diễn bởi biểu thức sau (7),

$$\tan^{-1} \left(\frac{-(E_d - V_d)}{E_q - V_q} \right) \leq \theta \leq \tan^{-1} \left(\frac{E_q - V_q}{E_d - V_d} \right) \quad \dots (7)$$

trong đó

r', x' : trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh

I_{lim} : trị số giới hạn dòng điện

Θ : pha dòng điện đầu ra

E_d : thành phần trục d của điện áp cảm ứng bên trong

E_q : thành phần trục q của điện áp cảm ứng bên trong

V_d : thành phần trục d của trị số phát hiện điện áp lưới

V_q : thành phần trục q của trị số phát hiện điện áp lưới.

5. Thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó

bộ phận tính Z_s được tạo cấu hình để thiết đặt trị số giới hạn dòng điện như trị số cố định, và

bộ phận tính V_zs được tạo cấu hình để, khi trị số phát hiện dòng điện đầu ra thấp hơn trị số giới hạn dòng điện, ở trạng thái bình thường, tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo và trị số phát hiện dòng điện đầu ra, và khi trị số phát hiện dòng điện đầu ra là trị số giới hạn dòng điện hoặc lớn hơn, tại thời điểm xảy ra quá dòng, tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh và trị số phát hiện dòng điện đầu ra.

6. Thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó

bộ phận tính Z_s được tạo cấu hình để tính độ lớn của vector dòng điện đầu ra từ trị số phát hiện dòng điện đầu ra, và thiết đặt, như trị số giới hạn dòng điện, trị số được giới hạn tới dòng điện mà có thể đưa ra độ lớn của vector dòng điện đầu ra, và

bộ phận tính V_zs được tạo cấu hình để so sánh trở kháng đồng bộ ảo và trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh, và khi trở kháng đồng bộ ảo lớn hơn, ở trạng thái bình thường, tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo và trị số phát hiện dòng điện đầu ra, và khi trở kháng đồng bộ ảo được hiệu

chỉnh lớn hơn, tại thời điểm xảy ra quá dòng, tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh và trị số phát hiện dòng điện đầu ra.

7. Thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó

bộ phận bù Zs có bộ phận đánh giá quá dòng được tạo cấu hình để đánh giá xem trạng thái bình thường hoặc thời điểm xảy ra quá dòng,

bộ phận đánh giá quá dòng có

bộ phận đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng được tạo cấu hình để đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng dựa vào đánh giá dòng điện đầu ra bằng cách so sánh giữa trị số tối đa chỉnh lưu toàn sóng của trị số phát hiện dòng điện đầu ra và mức độ đánh giá quá dòng;

bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng được tạo cấu hình để ước tính, dựa vào điện áp cảm ứng bên trong và trị số phát hiện điện áp lưới, trị số ước tính dòng điện đầu ra khi quay lại từ trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh thành trở kháng đồng bộ ảo và đánh giá hoạt động quay lại quá dòng dựa vào đánh giá dòng điện ước tính thứ nhất bằng cách so sánh giữa căn bậc hai của tổng các bình phương của trị số ước tính dòng điện đầu ra và mức đánh giá dòng điện; và

mạch chốt được tạo cấu hình để, khi hoạt động ngăn chặn sự quá dòng được đánh giá bởi bộ phận đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng, giữ trạng thái hoạt động ngăn chặn sự quá dòng, và khi hoạt động quay lại quá dòng được đánh giá bởi bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng, giữ trạng thái hoạt động quay lại quá dòng.

8. Thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện theo điểm 7, trong đó

bộ phận đánh giá hoạt động quay lại quá dòng được tạo cấu hình để đánh giá hoạt động quay lại quá dòng bằng điều kiện AND của đánh giá điện áp bằng cách so sánh giữa căn bậc hai của tổng các bình phương của trị số trung bình

động của trị số phát hiện điện áp lưới giữa các chu kỳ cung cấp điện và mức đánh giá điện áp và đánh giá dòng điện ước tính thứ nhất.

9. Thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện theo điểm 7 hoặc 8, trong đó

bộ phận đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng được tạo cấu hình để đánh giá hoạt động ngăn chặn sự quá dòng bằng điều kiện OR của đánh giá dòng điện ước tính thứ hai bằng cách so sánh giữa căn bậc hai của tổng các bình phương của trị số ước tính dòng điện đầu ra và mức đánh giá quá dòng và đánh giá dòng điện đầu ra.

10. Thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện kết nối nguồn điện DC thông qua thiết bị chuyển đổi DC/AC, bộ lọc LC và máy biến áp và thực hiện việc điều khiển máy phát đồng bộ ảo, thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện bao gồm:

bộ phận tính điện áp cảm ứng bên trong được tạo cấu hình để tính điện áp cảm ứng bên trong dựa vào trị số phát hiện dòng điện đầu ra, trị số hiệu dụng của trị số phát hiện điện áp AC và trị số lệnh của trị số hiệu dụng điện áp AC;

mô hình VSG được tạo cấu hình để xác định, dựa vào điện áp cảm ứng bên trong, trị số phát hiện dòng điện đầu ra và trị số tham chiếu điện, tần số góc mô phỏng máy phát đồng bộ;

bộ phận bù Zs được tạo cấu hình để mô phỏng sự sụt giảm điện áp được gây ra bởi trở kháng bên trong của máy phát đồng bộ dựa vào điện áp cảm ứng bên trong, trị số phát hiện điện áp lưới và trị số phát hiện dòng điện đầu ra và tính trị số lệnh điện áp lưới;

bộ phận điều khiển điện áp đầu ra được tạo cấu hình để thực hiện việc điều khiển điện áp sao cho trị số phát hiện điện áp lưới trở thành trị số lệnh điện áp lưới và đưa ra trị số lệnh điều khiển PWM; và

bộ phận điều khiển PWM được tạo cấu hình để đưa ra lệnh công của thiết bị chuyển đổi DC/AC dựa vào trị số lệnh điều khiển PWM và tần số góc, trong đó

bộ phận tính Zs bao gồm

bộ phận tính Zs được tạo cấu hình để tính pha dòng điện đầu ra từ trị số phát hiện dòng điện đầu ra, giới hạn pha dòng điện đầu ra sao cho pha dòng điện đầu ra nằm trong khoảng hiệu dụng bằng bộ giới hạn pha và tính trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh dựa vào pha dòng điện đầu ra được giới hạn, điện áp cảm ứng bên trong, trị số phát hiện điện áp lưới và trị số giới hạn dòng điện;

bộ phận tính Vzs được tạo cấu hình để tính sự sụt giảm điện áp dựa vào trở kháng đồng bộ ảo được hiệu chỉnh và trị số phát hiện dòng điện đầu ra ở trạng thái bình thường và cũng tại thời điểm xảy ra quá dòng; và

bộ trừ được tạo cấu hình để đưa ra, như trị số lệnh điện áp lưới, trị số được thu nhận bằng cách trừ sự sụt giảm điện áp từ điện áp cảm ứng bên trong.

11. Thiết bị chuyển đổi điện kết nối lưới điện theo điểm 10, trong đó

trị số ước tính dòng điện đầu ra được biểu diễn bởi biểu thức sau (8),

$$\begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} = \frac{1}{r^2 + x^2} \begin{bmatrix} r & x \\ -x & r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_d - V_d \\ E_q - V_q \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

trong đó

I_d, I_q : trị số ước tính dòng điện đầu ra

r, x : trở kháng đồng bộ ảo

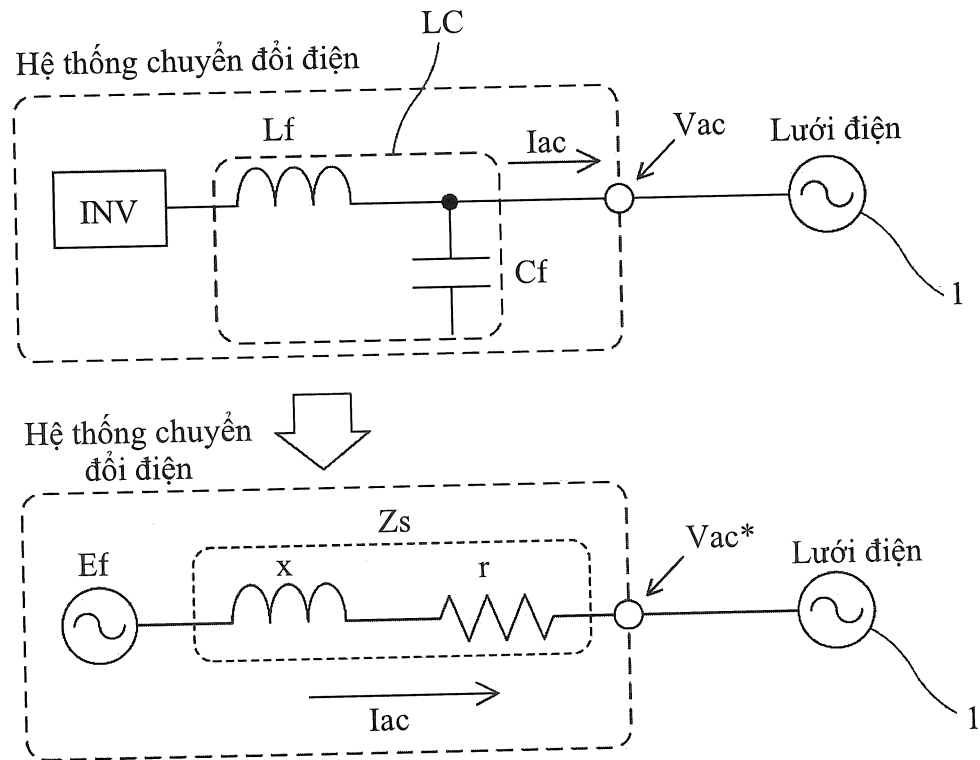
E_d : thành phần trục d của điện áp cảm ứng bên trong

E_q : thành phần trục q của điện áp cảm ứng bên trong

V_d : thành phần trục d của trị số phát hiện điện áp lưới

V_q : thành phần trục q của trị số phát hiện điện áp lưới.

Fig.1



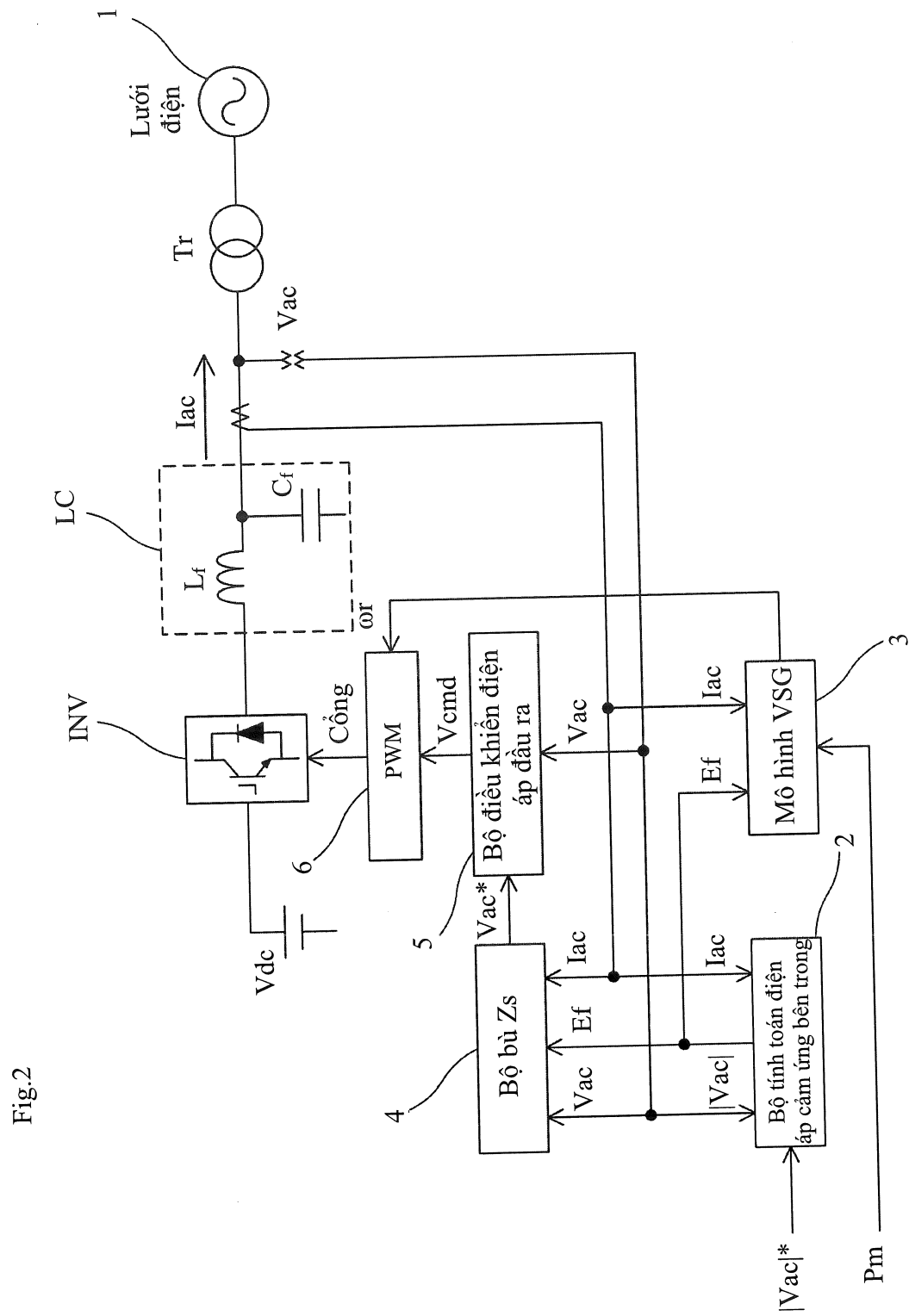


Fig.3

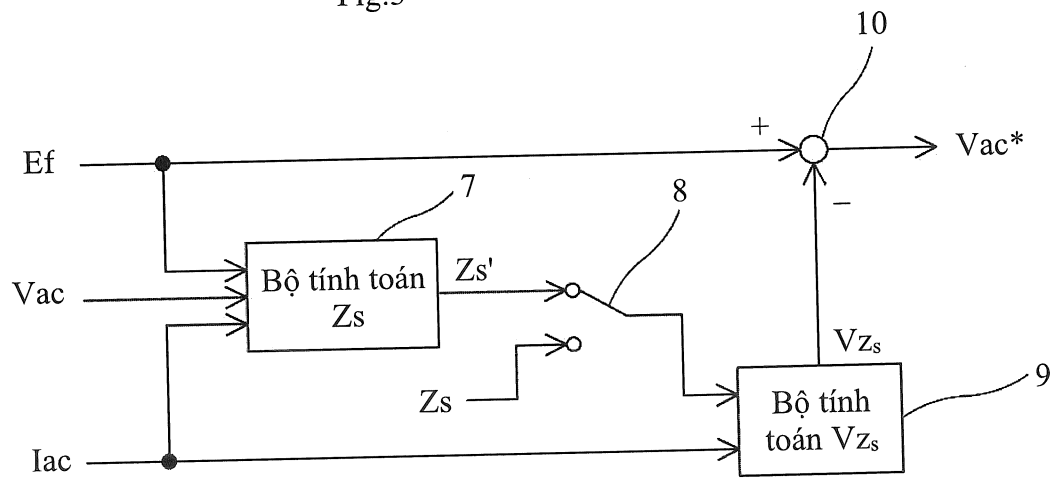
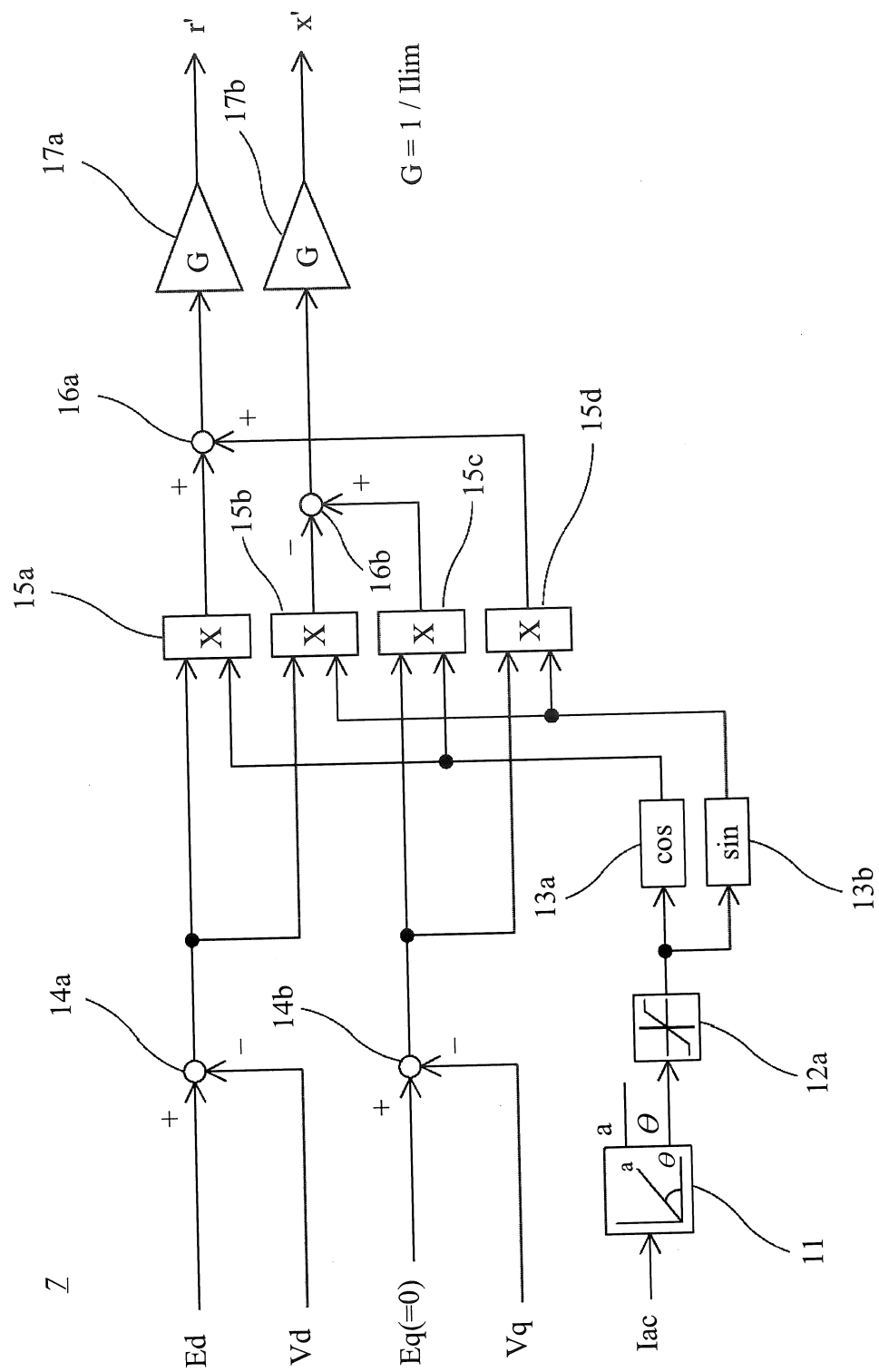


Fig.4



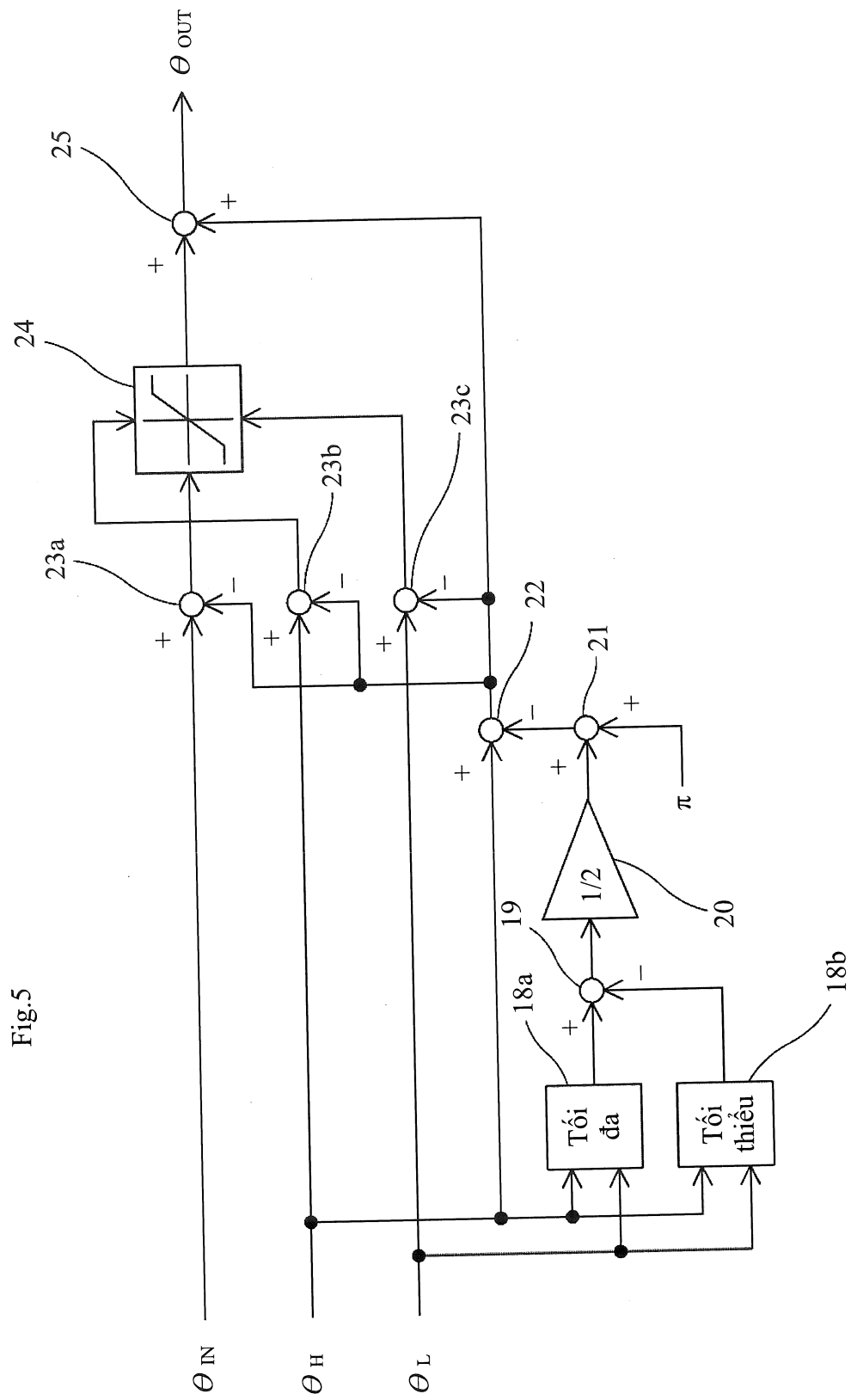
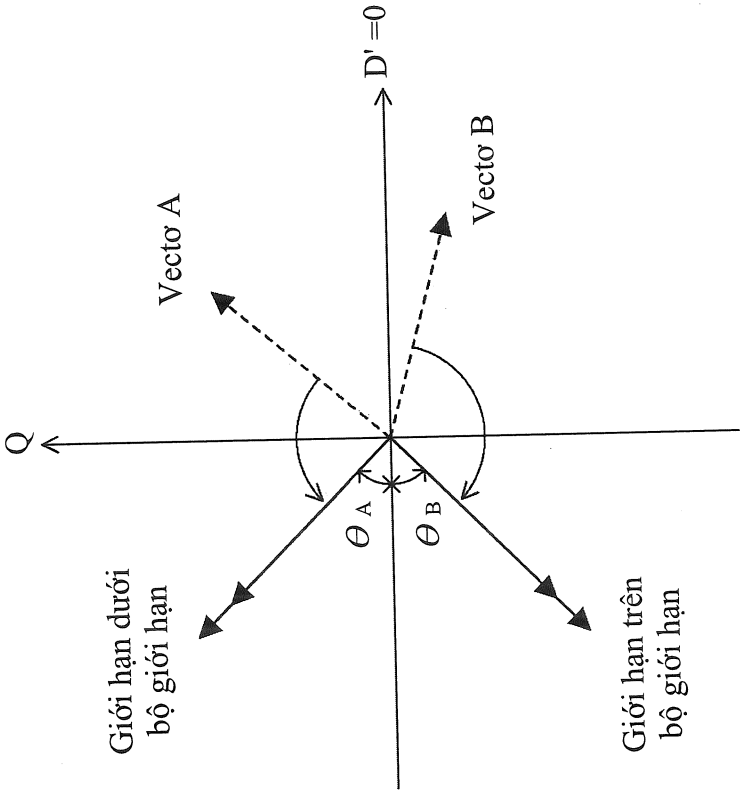
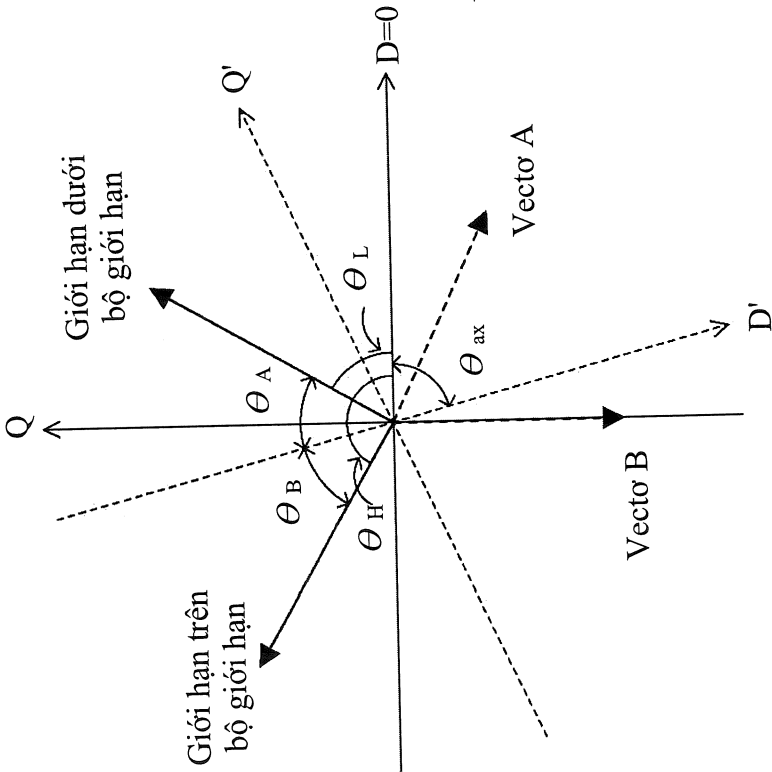


Fig.6B



Sơ đồ vector với trục D' là tham chiếu

Fig.6A



Sơ đồ vector với trục D là tham chiếu

Fig.7

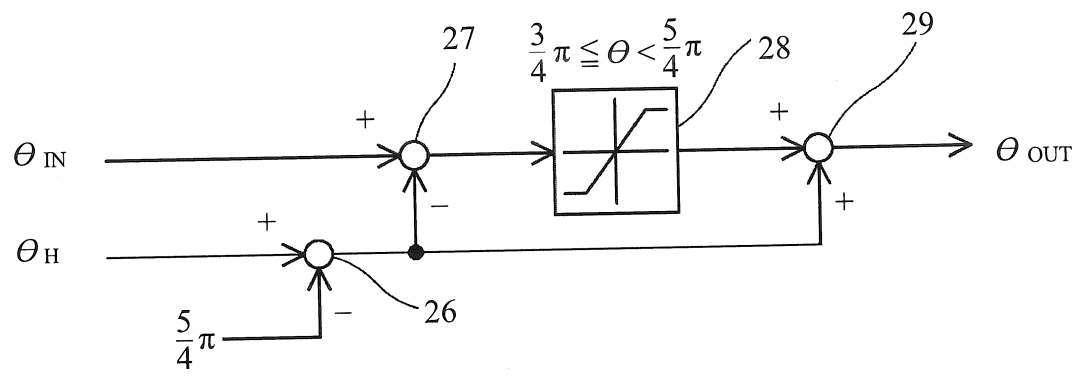


Fig.8

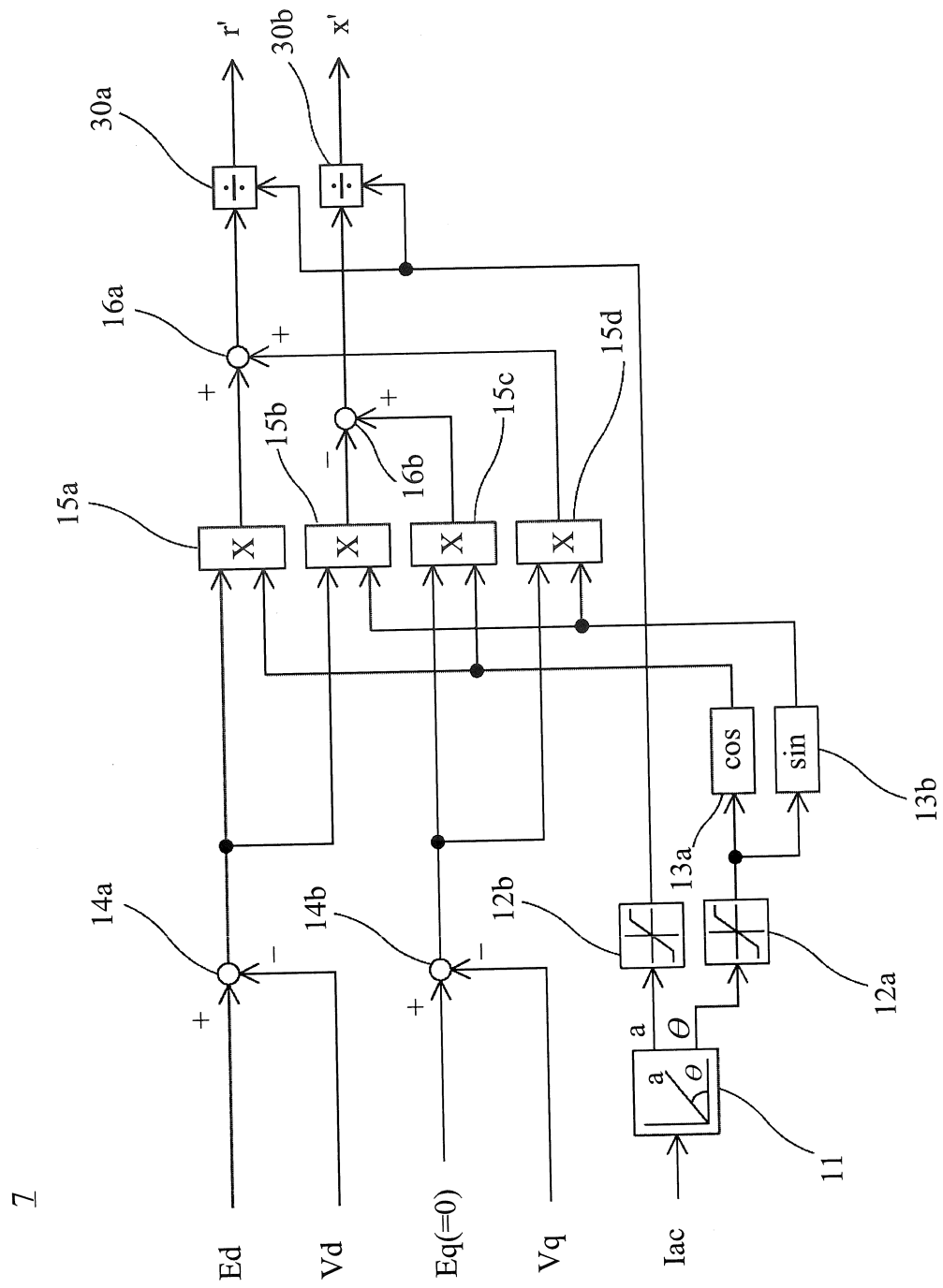


Fig.9

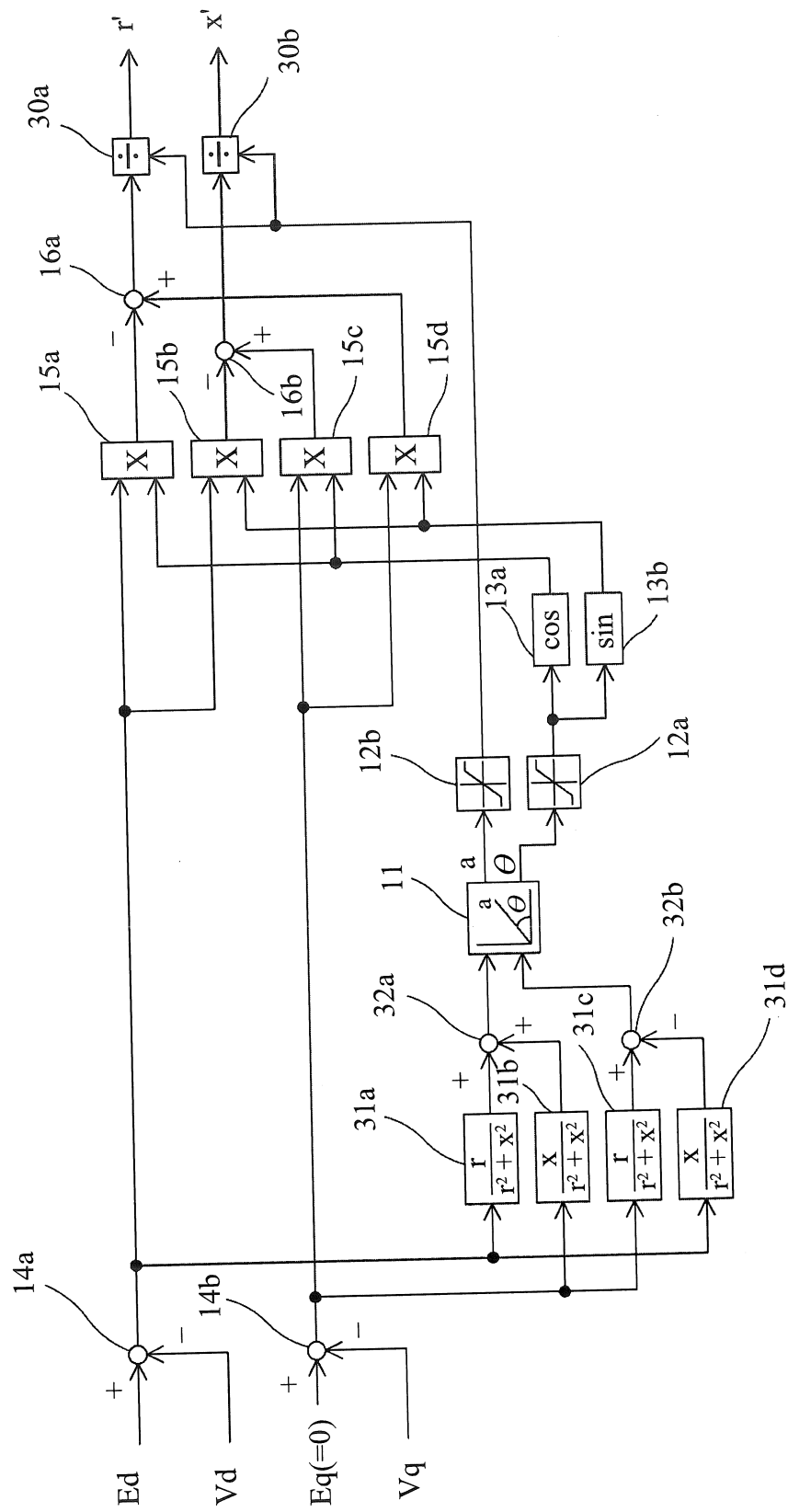


Fig.10

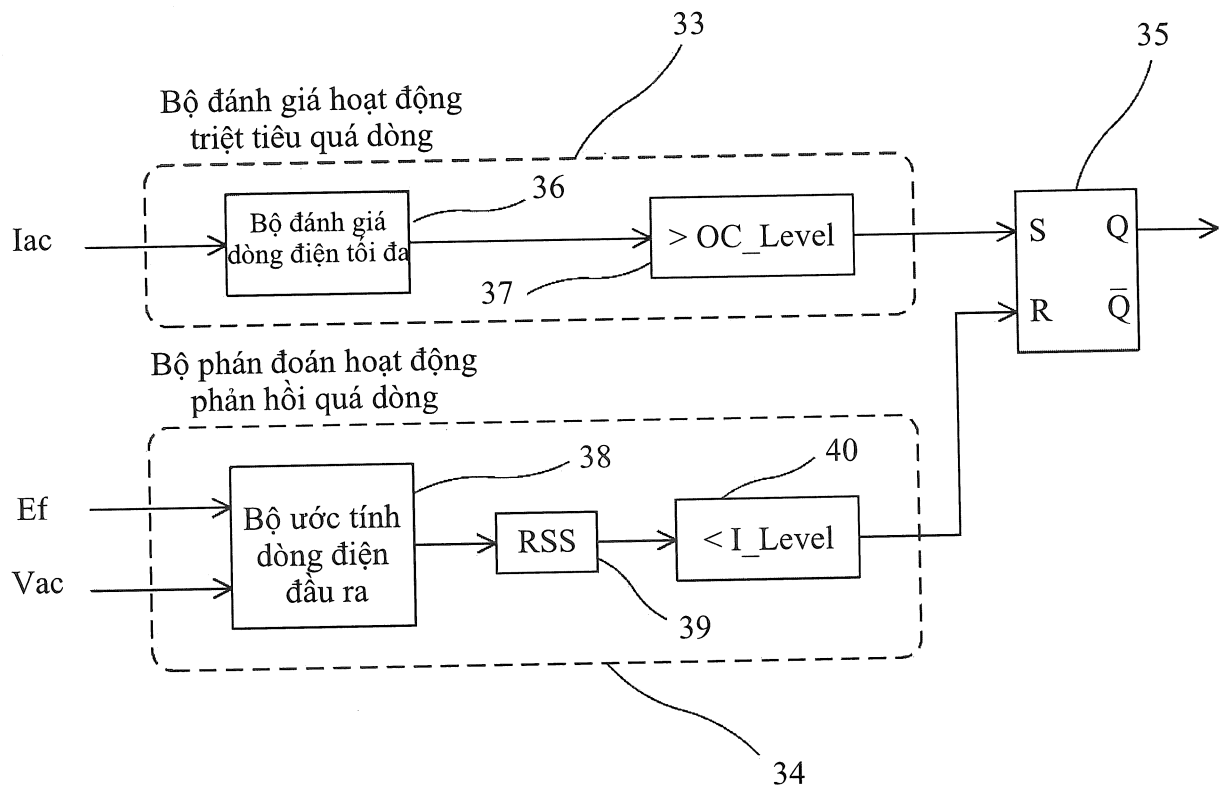


Fig.11

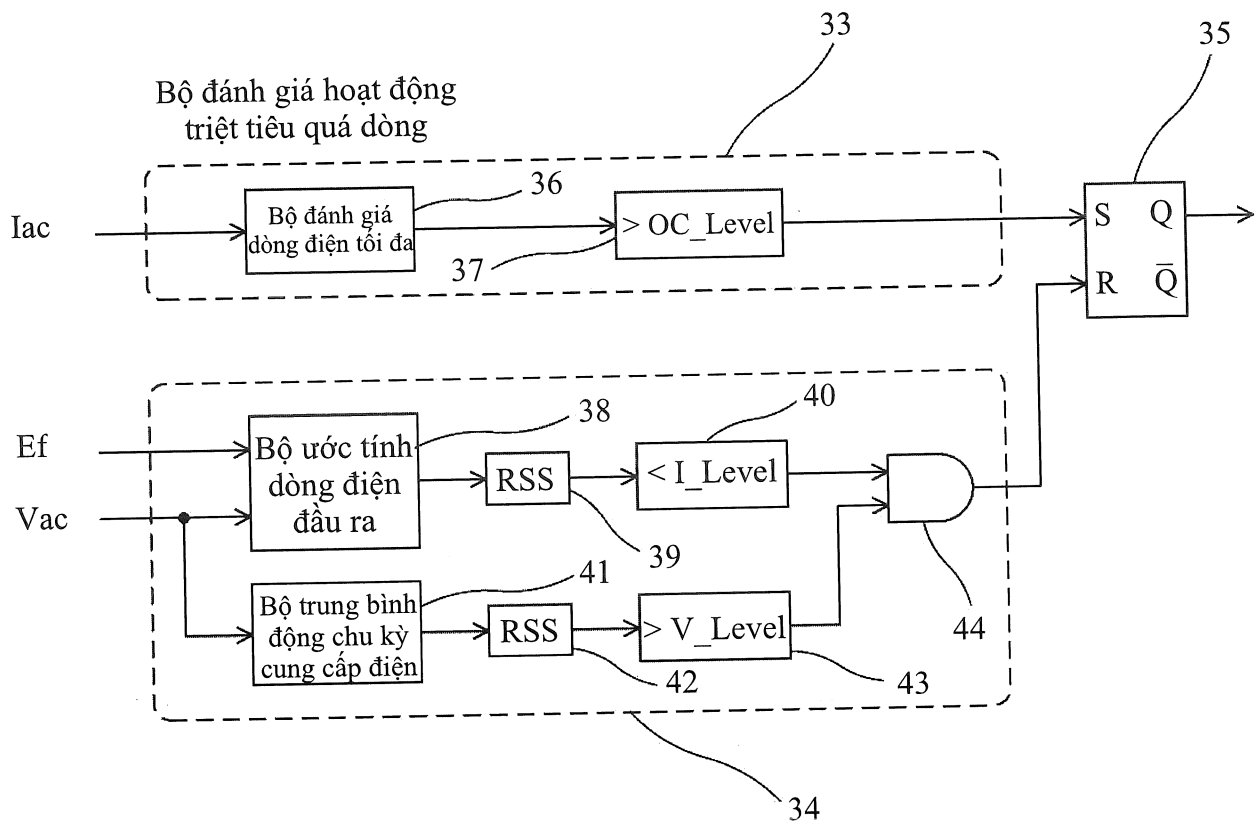


Fig.12

