



(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)



1-0052635

(51)^{2022.01} H02P 27/08; H02P 6/18; H02P 6/00

(13) B

(21) 1-2022-08361

(22) 21/05/2021

(86) PCT/IN2021/050494 21/05/2021

(87) WO2021/234738 25/11/2021

(30) 202021021442 21/05/2020 IN

(45) 27/10/2025 451

(43) 27/03/2023 420A

(73) SEDEMAC MECHATRONICS PVT LTD (IN)

211, 2nd Floor, Bldg No 1, Sona Udyog Ind. Estate, Parsi Panchayat Road, Andheri East, Maharashtra, Mumbai 400069, India

(72) JOSHI, Anaykumar (IN); DIXIT, Amit (IN).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN MÁY ĐIỆN QUAY

(21) 1-2022-08361

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp (200) và hệ thống (100) để điều khiển máy điện quay trong đó trạng thái của máy điện quay được xác định giữa trạng thái tốc độ thấp và trạng thái tốc độ cao. Trong trạng thái tốc độ thấp, vị trí rôto thứ nhất (P1) và tốc độ rôto thứ nhất (S1) được ước tính dựa trên gợn sóng dòng điện nội PWM (ΔX), vector dòng điện trung bình (Y) và vector điện cảm. Vị trí rôto thứ hai (P2) và tốc độ rôto thứ hai (S2) được ước tính dựa trên lưu lượng dòng điện trung bình qua các cuộn dây pha stato. Trạng thái của máy điện quay được lựa chọn dựa trên tốc độ rôto thứ nhất được ước tính (S1) và/hoặc tốc độ rôto thứ hai được ước tính (S2). Ở trạng thái tốc độ thấp, các tín hiệu PWM được cập nhật dựa trên vị trí rôto thứ nhất được ước tính (P1), và ở trạng thái tốc độ cao, các tín hiệu PWM được cập nhật dựa trên vị trí rôto thứ hai được ước tính (P2).

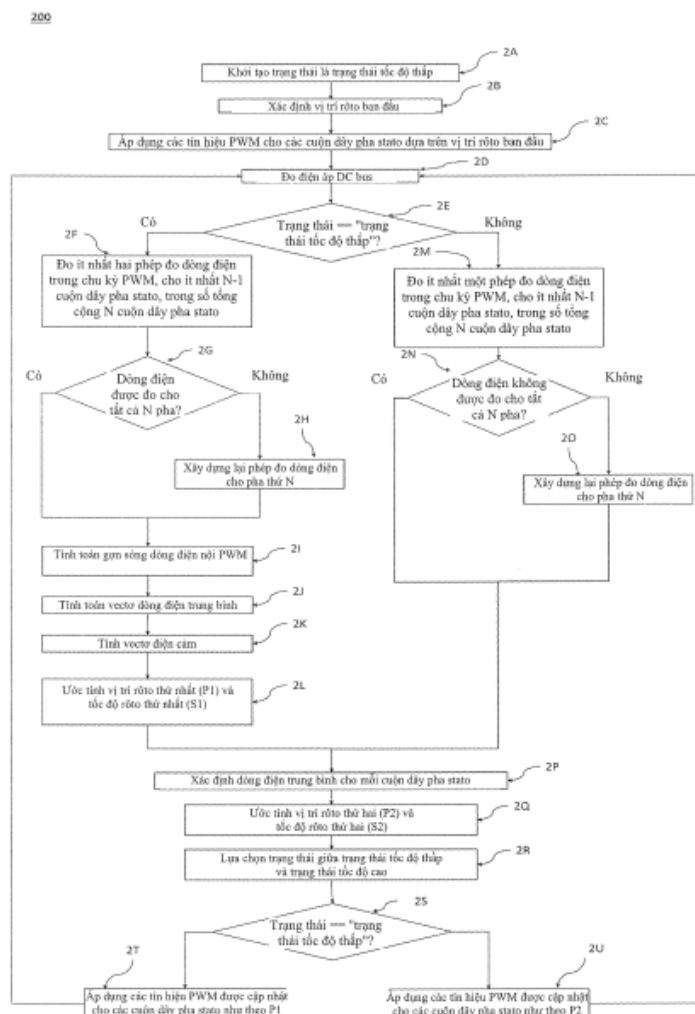


Fig.1

LĨNH VỰC KỸ THUẬT ĐƯỢC ĐỀ CẬP

Sáng chế đề cập đến việc điều khiển các máy điện quay.

TÌNH TRẠNG KỸ THUẬT CỦA SÁNG CHẾ

Các hệ thống động cơ điện thông thường điển hình bao gồm bộ điều khiển động cơ được ghép nối với động cơ điện, động cơ điện bao gồm rôto và stato, stato ngoài ra còn bao gồm N pha với mỗi pha bao gồm cuộn dây được làm từ tập hợp các dây được kết nối theo cấu hình nối tiếp-song song. Bộ điều khiển động cơ cho phép việc sản xuất mômen xoắn tối ưu và hoạt động hiệu quả của hệ thống động cơ điện bằng việc áp dụng sự chuyển mạch tối ưu cho các cuộn dây pha stato. Nhằm mục đích tối ưu hóa hoạt động hệ thống và vận hành hệ thống ở hiệu quả tối đa của nó, các bộ điều khiển động cơ đòi hỏi thông tin của vị trí tương đối của rôto đối với stato. Theo đó, các động cơ điện điển hình được ghép nối với bộ cảm biến hệ thống, chẳng hạn như tập hợp các bộ cảm biến hiệu ứng Hall hoặc các bộ mã hóa quang. Bộ cảm biến vị trí điển hình được ghép nối với bộ điều khiển động cơ sử dụng bộ dây dẫn.

Các bộ cảm biến vị trí chẳng hạn như được đề cập ở trên cộng vào chi phí của hệ thống. Ngoài ra, các bộ cảm biến vị trí và bộ dây dẫn liên quan dễ gặp sai sót do tiếp xúc với nhiệt độ cao, các rung động và gần với các đối tượng cơ học (điển hình là một phần của rôto) đang di chuyển ở các tốc độ cao. Ngoài ra, việc đặt các bộ cảm biến vị trí trong gói cơ khí của động cơ điện chiếm diện tích, do đó dẫn đến việc đóng gói cơ học dưới mức tối ưu của động cơ điện.

Các nỗ lực đã được thực hiện để làm giảm chi phí hệ thống và cải thiện độ mạnh hệ thống, bằng việc điều khiển các động cơ điện mà không sử dụng các bộ cảm biến vị trí. Phương pháp điều khiển ít cảm biến hơn hiện có bao gồm việc cảm biến, hoặc ước tính, điện áp sức phản điện động (back-emf voltage) được tạo ra trong các cuộn dây stato bởi vì chuyển động tương đối giữa rôto và stato. Tuy nhiên, phương pháp này hiệu quả chỉ khi rôto đang quay ở tốc độ tương đối cao. Một phương pháp điều khiển ít cảm biến hơn của động cơ điện bao gồm đưa vào điện áp tần số cao trong các cuộn dây stato để xác định vị trí của rôto bằng cách tận dụng sự nhô của rôto. Tuy

nhiên, phương pháp này dẫn đến hiệu quả máy dưới tối ưu bởi vì các sóng hài hòa không mong muốn trong dòng điện cuộn dây stato, ngoài ra còn dẫn đến rung động và nhiễu không mong muốn trong máy.

Do đó, có nhu cầu trong lĩnh vực kỹ thuật về phương pháp và hệ thống điều khiển máy điện quay của nó mà giải quyết ít nhất các vấn đề được đề cập ở trên.

BẢN CHẤT KỸ THUẬT CỦA SÁNG CHẾ

Trong một khía cạnh của sáng chế, sáng chế được hướng đến phương pháp điều khiển máy điện quay. Phương pháp có bước xác định trạng thái của máy điện quay dựa trên tốc độ của rôto của máy điện quay. Trạng thái bao gồm trạng thái tốc độ cao khi tốc độ rôto là lớn hơn tốc độ ngưỡng được xác định trước và trạng thái tốc độ thấp khi tốc độ của rôto là nhỏ hơn tốc độ ngưỡng được xác định trước. Nếu máy điện quay là trong trạng thái tốc độ thấp, gợn sóng dòng điện nội PWM và vector dòng điện trung bình được tính toán bằng việc đo dòng điện trong các cuộn dây pha stato của máy điện quay trong chu kỳ điều biến độ rộng xung. Vector điện cảm được tính dựa trên gợn sóng dòng điện nội PWM. Vị trí rôto thứ nhất (P1) và tốc độ rôto thứ nhất (S1) được ước tính dựa trên vector điện cảm và vector dòng điện trung bình. Nếu máy điện quay là trong trạng thái tốc độ cao, dòng điện trong các cuộn dây pha stato của máy điện quay được đo trong chu kỳ điều biến độ rộng xung. Dòng điện trung bình được xác định cho mỗi cuộn dây pha stato của máy điện quay trong chu kỳ điều biến độ rộng xung. Vị trí rôto thứ hai (P2) và tốc độ rôto thứ hai (S2) được ước tính dựa trên các dòng điện trung bình trong các cuộn dây pha stato trong chu kỳ điều biến độ rộng xung. Trạng thái của máy điện quay được lựa chọn giữa trạng thái tốc độ cao và trạng thái tốc độ thấp dựa trên tốc độ rôto thứ nhất được ước tính (S1) và/hoặc tốc độ rôto thứ hai được ước tính (S2). Nếu trạng thái tốc độ thấp được lựa chọn, các tín hiệu điều biến độ rộng xung được cập nhật dựa trên vị trí rôto thứ nhất được ước tính (P1). Nếu trạng thái tốc độ cao được lựa chọn, các tín hiệu điều biến độ rộng xung được cập nhật dựa trên vị trí rôto thứ hai được ước tính (P2).

Trong một phương án của sáng chế, trạng thái của máy điện quay được khởi tạo như trạng thái tốc độ thấp, vị trí ban đầu (P_i) của rôto của máy điện quay được xác định đối với stato của máy điện quay bằng việc áp dụng tập hợp các sự chuyển mạch

cho các cuộn dây pha stato và xác định giá trị của dòng điện phía DC tương ứng với mỗi sự chuyển mạch, và khởi tạo vị trí rôto dựa trên sự chuyển mạch dẫn đến dòng điện tối đa. Các tín hiệu điều biến độ rộng xung được áp dụng cho các cuộn dây pha stato dựa trên vị trí ban đầu (P_i) của rôto; sau đó, trạng thái của máy điện quay được xác định là trạng thái tốc độ thấp.

Trong một phương án khác của sáng chế, nếu máy điện quay được xác định là trong trạng thái tốc độ thấp, dòng điện trong các cuộn dây pha stato được đo cho tất cả các pha của máy điện quay bằng việc đo ít nhất hai mẫu của ít nhất $N-1$ cuộn dây pha stato, trong số tổng cộng N cuộn dây pha stato. Trong một phương án, việc liệu việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha có được thực hiện hay không được kiểm tra. Trong một phương án, nhiều mẫu dòng điện cho pha thứ N trong chu kỳ điều biến độ rộng xung được xây dựng lại, nếu việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha không được thực hiện.

Trong một phương án khác của sáng chế, nếu máy điện quay được xác định là trong trạng thái tốc độ cao, dòng điện được đo trong các cuộn dây pha stato cho tất cả các pha của máy điện quay bằng việc đo ít nhất một mẫu của ít nhất $N-1$ cuộn dây pha stato, trong số tổng cộng N cuộn dây pha stato. Trong một phương án, việc liệu việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha có được thực hiện hay không được kiểm tra. Trong một phương án, nhiều mẫu dòng điện cho pha thứ N trong chu kỳ điều biến độ rộng xung được xây dựng lại, nếu việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha không được thực hiện.

Trong một phương án khác của sáng chế, lưu lượng dòng điện trung bình trong các cuộn dây pha stato được ước tính dựa trên vị trí rôto được giả định, điện áp DC bus và trên các tín hiệu PWM được áp dụng cho máy, và dòng điện trung bình được ước tính với dòng điện trung bình được xác định được so sánh. Trong một phương án, việc ước tính của vị trí rôto thứ hai (P_2) và tốc độ rôto thứ hai (S_2) được hiệu chỉnh bởi chuẩn đo lỗi dựa trên sự chênh lệch giữa dòng điện trung bình được ước tính và dòng điện trung bình được xác định.

Trong một khía cạnh khác, sáng chế được hướng đến hệ thống điều khiển máy điện quay. Hệ thống có bộ điều biến độ rộng xung để áp dụng các tín hiệu điều biến độ

rộng xung cho các cuộn dây pha stato của máy điện quay; nhiều công tắc nguồn bán dẫn để nhận các tín hiệu điều biến độ rộng xung và chuyển đổi các tín hiệu thành điện áp AC cho các cuộn dây pha stato của máy điện quay; nhiều thiết bị cảm biến dòng điện để cảm biến dòng điện trong các cuộn dây pha stato tương ứng với các pha của máy điện quay; và bộ điều khiển. Bộ điều khiển được tạo cấu hình để xác định trạng thái của máy điện quay dựa trên tốc độ của rôto của máy điện quay giữa trạng thái tốc độ cao khi tốc độ rôto là lớn hơn tốc độ ngưỡng được xác định trước và trạng thái tốc độ thấp khi tốc độ của rôto là nhỏ hơn tốc độ ngưỡng được xác định trước. Nếu máy điện quay là trong trạng thái tốc độ thấp, bộ điều khiển được tạo cấu hình để tính toán gợn sóng dòng điện nội PWM và vector dòng điện trung bình bằng việc đo dòng điện trong các cuộn dây pha stato của máy điện quay trong chu kỳ điều biến độ rộng xung, tính vector điện cảm dựa trên gợn sóng dòng điện nội PWM, ước tính vị trí rôto thứ nhất (P1) và tốc độ rôto thứ nhất (S1) dựa trên vector điện cảm và vector dòng điện trung bình. Nếu máy điện quay là trong trạng thái tốc độ cao, bộ điều khiển được tạo cấu hình để đo dòng điện trong các cuộn dây pha stato của máy điện quay trong chu kỳ điều biến độ rộng xung. Bộ điều khiển ngoài ra còn được tạo cấu hình để xác định dòng điện trung bình cho mỗi cuộn dây pha stato của máy điện quay trong chu kỳ điều biến độ rộng xung, ước tính vị trí rôto thứ hai (P2) và tốc độ rôto thứ hai (S2) dựa trên dòng điện trung bình trong các cuộn dây pha stato trong chu kỳ điều biến độ rộng xung, lựa chọn trạng thái của máy điện quay giữa trạng thái tốc độ cao và trạng thái tốc độ thấp dựa trên tốc độ rôto thứ nhất được ước tính (S1) và/hoặc tốc độ rôto thứ hai được ước tính (S2). Nếu trạng thái tốc độ thấp được lựa chọn, bộ điều khiển được tạo cấu hình để cập nhật các tín hiệu điều biến độ rộng xung dựa trên vị trí rôto thứ nhất được ước tính (P1), và nếu trạng thái tốc độ cao được lựa chọn, bộ điều khiển được tạo cấu hình để cập nhật các tín hiệu điều biến độ rộng xung dựa trên vị trí rôto thứ hai được ước tính (P2).

Trong một phương án của sáng chế, bộ điều khiển ngoài ra còn được tạo cấu hình để khởi tạo trạng thái của máy điện quay là trạng thái tốc độ thấp, xác định vị trí ban đầu (P_i) của rôto của máy điện quay đối với stato của máy điện quay bằng việc áp dụng tập hợp các sự chuyển mạch cho các cuộn dây pha stato và xác định giá trị của dòng điện phía DC tương ứng với mỗi sự chuyển mạch và khởi tạo vị trí rôto dựa trên

sự chuyển mạch dẫn đến dòng điện tối đa, áp dụng các tín hiệu điều biến độ rộng xung cho các cuộn dây pha stato dựa trên vị trí ban đầu (P_i) của rôto; sau đó, trạng thái của máy điện quay được thiết đặt là trạng thái tốc độ thấp.

Trong một phương án khác của sáng chế, nhiều công tắc nguồn bao gồm mạch cầu H ba pha có sáu công tắc nguồn bán dẫn được bố trí trong ba tay mạch cầu H, sao cho mỗi tay có công tắc bán dẫn công suất cao và công tắc bán dẫn công suất thấp. Trong một phương án, hệ thống được tạo cấu hình để sử dụng kỹ thuật điều biến vector không gian để tạo ra các tín hiệu được điều biến độ rộng xung dựa trên PWM được căn chỉnh trung tâm.

Trong một phương án khác của sáng chế, hệ thống có bộ giám sát dòng điện được tạo cấu hình để: trong suốt trạng thái tốc độ cao, đo một mẫu dòng điện mỗi pha mỗi chu kỳ điều biến độ rộng xung, việc lấy mẫu dòng điện được thực hiện gần như ở trung tâm của sự chuyển mạch tần số không; và trong suốt trạng thái tốc độ thấp, đo hai mẫu dòng điện mỗi pha mỗi chu kỳ điều biến độ rộng xung, việc lấy mẫu dòng điện được thực hiện gần như cách xa bằng nhau từ trung tâm của sự chuyển mạch tần số không.

Trong một phương án khác của sáng chế, hệ thống có ít nhất hai thiết bị cảm biến dòng điện trong đó mỗi thiết bị cảm biến dòng điện đo lưu lượng dòng điện qua công tắc bán dẫn công suất thấp của mỗi tay mạch cầu H. Trong một phương án thay thế, hệ thống có ít nhất hai thiết bị cảm biến dòng điện trong đó mỗi thiết bị cảm biến dòng điện được kết nối nối tiếp với các cuộn dây pha stato.

Trong một phương án khác của sáng chế, bộ giám sát dòng điện có băng thông đo tương tự gần như lớn gấp 10 lần tần số của tín hiệu PWM được áp dụng cho các cuộn dây pha stato.

Trong một phương án khác của sáng chế, hệ thống được tạo cấu hình để thay đổi tần số của bộ điều biến độ rộng xung phụ thuộc vào các biến bao gồm tốc độ rôto thứ nhất được ước tính ($S1$) và tốc độ rôto thứ hai được ước tính ($S2$).

MÔ TẢ VĂN TẮT CÁC HÌNH VẼ

Các phương án của sáng chế sẽ được viện dẫn, ví dụ về các phương án này có thể được minh họa trong các hình vẽ kèm theo. Các hình vẽ này nhằm mục đích minh họa, không giới hạn. Mặc dù sáng chế được mô tả chung trong ngữ cảnh của các phương án này, nhưng cần hiểu rằng nó không nhằm mục đích giới hạn phạm vi của sáng chế ở các phương án cụ thể này.

Fig.1 minh họa lưu đồ cho phương pháp điều khiển máy điện quay theo một phương án của sáng chế.

Fig.2 minh họa sự biến thiên ví dụ của tốc độ của rôto của máy điện quay trong khi vận hành theo thời gian, theo một phương án của sáng chế.

Fig.3 minh họa gợn sóng dòng điện nội PWM dựa trên ba đại lượng biến thiên dòng điện, theo một phương án của sáng chế.

Fig.4 minh họa gợn sóng dòng điện nội PWM dựa trên việc xây dựng lại của biến thiên dòng điện phía DC bus được xây dựng sử dụng biến thiên dòng điện riêng lẻ trong mỗi pha cuộn dây stato, theo một phương án của sáng chế.

Fig.5 minh họa lưu đồ của mô hình ước tính được huấn luyện để ước tính vị trí rôto và tốc độ rôto theo một phương án của sáng chế.

Fig.6 minh họa hệ thống điều khiển máy điện quay theo một phương án của sáng chế.

Fig.7 minh họa hệ thống điều khiển máy điện quay theo một phương án của sáng chế.

Fig.8 minh họa việc tạo ra tín hiệu PWM sử dụng kỹ thuật điều biến vector không gian dựa trên PWM được căn chỉnh trung tâm, và sơ đồ tạo mẫu dòng điện trong sự chuyển mạch tần số không, theo một phương án của sáng chế.

MÔ TẢ CHI TIẾT SÁNG CHẾ

Sáng chế đề cập đến phương pháp và hệ thống điều khiển máy điện quay. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến phương pháp và hệ thống điều khiển ít cảm biến hơn của máy điện quay.

Fig.1 minh họa lưu đồ cho các bước phương pháp được bao gồm trong phương pháp 200 để điều khiển máy điện quay theo một phương án của sáng chế. Để điều khiển của máy điện quay, trạng thái của máy điện quay được xác định. Theo sáng chế, trạng thái của máy quay được xác định là trạng thái tốc độ thấp khi tốc độ của rôto của máy điện quay là nhỏ hơn tốc độ ngưỡng được xác định trước và trạng thái tốc độ cao khi tốc độ của rôto là lớn hơn tốc độ ngưỡng được xác định trước. Tham chiếu được thực hiện cho Fig.2 mà minh họa sự biến thiên của tốc độ của rôto của máy điện quay trong khi vận hành theo thời gian, trong đó, tốc độ của rôto được xác định trong ba vùng. Như được minh họa trong Fig.2, do máy điện quay được khởi động từ vị trí đứng yên, trạng thái của máy điện quay được xác định là trạng thái tốc độ thấp cho đến khi tốc độ rôto duy trì nhỏ hơn tốc độ ngưỡng được xác định trước thứ nhất (N2). Sau đó, khi tốc độ rôto vượt quá ngưỡng được xác định trước thứ nhất (N2), trạng thái của máy điện quay được xác định là trạng thái tốc độ cao, trong khi miễn là tốc độ rôto duy trì lớn hơn tốc độ ngưỡng được xác định trước thứ hai (N1). Khi tốc độ rôto tụt xuống dưới tốc độ ngưỡng được xác định trước thứ hai (N1), trạng thái của máy điện quay một lần nữa được xác định là trạng thái tốc độ thấp.

Như được minh họa trong Fig.1, tại bước 2A, bộ điều khiển khởi tạo trạng thái của máy điện quay là trạng thái tốc độ thấp như việc điều khiển của máy điện quay được bắt đầu từ vị trí đứng yên. Tại bước 2B, bộ điều khiển xác định vị trí ban đầu (P_i) của rôto của máy điện quay đối với stato của máy điện quay. Việc này được thực hiện bằng việc áp dụng tập hợp các sự chuyển mạch cho các cuộn dây pha stato và xác định giá trị của dòng điện phía DC tương ứng với mỗi sự chuyển mạch, và khởi tạo vị trí rôto dựa trên sự chuyển mạch dẫn đến dòng điện tối đa. Tại bước 2C, các tín hiệu điều biến độ rộng xung được áp dụng cho các cuộn dây pha stato dựa trên vị trí ban đầu (P_i) của rôto, bởi đó khởi tạo việc điều khiển của máy điện quay. Phương pháp 200 ngoài ra còn bao gồm bước 2D, để đo điện áp DC bus.

Tại bước 2E, trạng thái của máy điện quay được xác định dựa trên tốc độ của rôto của máy điện quay giữa trạng thái tốc độ cao và trạng thái tốc độ thấp như được giải thích ở trên. Khi việc điều khiển của máy điện quay được khởi tạo như trong các bước 2A-2D, trạng thái của máy điện quay được xác định là trạng thái tốc độ thấp ở ví dụ thứ nhất. Sau đó, trạng thái của máy điện quay được xác định dựa trên tốc độ của

rôto. Các bước phương pháp tách biệt được bao gồm trong việc điều khiển máy điện quay khi trạng thái của máy điện quay được xác định là trạng thái tốc độ thấp từ các bước phương pháp được bao gồm trong việc điều khiển máy điện quay khi trạng thái của máy điện quay được xác định là trạng thái tốc độ cao.

Nếu trạng thái của việc quay được xác định là trong trạng thái tốc độ thấp, phương pháp 200 chuyển đến bước 2F, nếu không phương pháp 200 chuyển đến bước 2M. Tại bước 2F, dòng điện trong các cuộn dây pha stato cho tất cả các pha của máy điện quay được đo. Việc này được thực hiện bằng việc đo ít nhất hai mẫu của ít nhất N-1 cuộn dây pha stato, trong số tổng cộng N cuộn dây pha stato. Tại bước 2G, việc liệu việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha có được thực hiện hay không được kiểm tra. Nếu việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha được thực hiện, phương pháp 200 chuyển đến bước 2I, nếu không phương pháp 200 chuyển đến bước 2H, trong đó do việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha không được thực hiện, nhiều mẫu dòng điện cho pha thứ N trong chu kỳ điều biến độ rộng xung được xây dựng lại. Việc xây dựng lại này được đạt bằng cách tận dụng thực tế rằng tổng của lưu lượng các dòng điện qua tất cả các cuộn dây pha, tại một thời điểm, là không. Tham chiếu được thực hiện cho Fig.8 mà minh họa sơ đồ lấy mẫu dòng điện ví dụ cho việc xây dựng lại của dòng điện cho pha thứ N như được đề cập ở trên. Trong đó, sơ đồ lấy mẫu dòng điện được minh họa trong Fig.8 đề cập đến động cơ điện ba pha trong đó các phép cho cho hai mẫu dòng điện mỗi pha mỗi chu kỳ PWM được tiến hành trong sự chuyển mạch không như một phần của việc điều biến vector không gian, sao cho hai mẫu dòng điện cho mỗi pha là gần như cách đều trung tâm của sự chuyển mạch không. Việc này hoàn tất việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha của máy điện quay.

Tại bước 2I như được đề cập ở trên, gợn sóng dòng điện nội PWM (ΔX) được tính toán bằng việc đo dòng điện trong các cuộn dây pha stato của máy điện quay trong chu kỳ điều biến độ rộng xung. Gợn sóng dòng điện nội PWM (ΔX) được xác định như sự thay đổi hoặc biến thiên trong dòng điện trong cuộn dây pha stato trong chu kỳ điều biến độ rộng xung. Sự thay đổi hoặc biến thiên này trong dòng điện với chu kỳ PWM đề cập đến điện cảm của cuộn dây stato mà là chỉ báo của vị trí của rôto

trong máy điện quay. Fig.3 minh họa sự thay đổi hoặc biến thiên trong dòng điện đối với tất cả ba pha của máy điện quay ví dụ. Như có thể thấy trong Fig.3, gợn sóng dòng điện nội PWM (ΔX) được tạo thành từ ba định lượng biến thiên dòng điện riêng lẻ (ΔX_a , ΔX_b , ΔX_c) tương ứng với ba pha của máy điện quay. Fig.3 minh họa việc tính toán của gợn sóng dòng điện nội PWM (ΔX) bằng việc xây dựng lại dòng điện phía DC sử dụng các mẫu dòng điện của các cuộn dây pha stato riêng lẻ và xác định định lượng biến thiên dòng điện cho dòng điện phía DC được xây dựng lại. Fig.4 minh họa một phương án khác của sáng chế, trong đó gợn sóng dòng điện nội PWM (ΔX) được tạo thành từ định lượng biến thiên dòng điện đơn.

Ngoài ra, tại bước 2J, vector dòng điện trung bình (Y) được tính toán bằng việc đo dòng điện trong các cuộn dây pha stato của máy điện quay trong chu kỳ điều biến độ rộng xung. Vector dòng điện trung bình (Y) là chỉ báo của độ lớn của dòng điện trong các cuộn dây pha stato. Trong phương án được minh họa trong Fig.3, vector dòng điện trung bình (Y) được cấu thành từ dòng điện trung bình trong chu kỳ PWM cho ba pha (Y_a , Y_b , Y_c). Trong phương án được minh họa trong Fig.4, vector dòng điện trung bình (y) được cấu thành từ dòng điện trung bình trong chu kỳ PWM cho dạng sóng dòng điện phía DC được xây dựng lại.

Tại bước 2K, vector điện cảm được tính dựa trên gợn sóng dòng điện nội PWM (ΔX). Đối với cuộn dây pha stato với tỷ lệ thấp của điện cảm và điện trở, các giá trị được bao gồm trong gợn sóng dòng điện nội PWM (ΔX) là điển hình lớn. Tương tự, đối với cuộn dây pha stato với tỷ lệ cao của điện cảm và điện trở, các giá trị được bao gồm trong gợn sóng dòng điện nội PWM (ΔX) là điển hình nhỏ. Vector điện cảm là chỉ báo của vị trí của rôto của máy điện quay. Đó là bởi vì điện cảm của các cuộn dây pha stato thay đổi với vị trí thay đổi của rôto do hoặc hiệu ứng nhô trong các máy nhô hoặc sự bão hòa từ tính trong các máy không nhô hoặc kết hợp của chúng. Tóm lại, vị trí rôto có thể được suy ra từ vector điện cảm.

Tại bước 2L, vị trí rôto thứ nhất ($P1$) và tốc độ rôto thứ nhất ($S1$) được ước tính dựa trên vector điện cảm và vector dòng điện trung bình (Y). Vị trí rôto và tốc độ rôto được suy ra dựa trên vector điện cảm và vector dòng điện trung bình (Y) được sử dụng để bù tác động của sự bão hòa từ tính được gây ra bởi lưu lượng dòng điện trong các cuộn dây pha stato. Phương pháp 200 sau đó chuyển đến bước 2P.

Như được đề cập ở trên, nếu trạng thái của máy điện quay không được xác định là trạng thái tốc độ thấp, nghĩa là, trạng thái của máy điện quay được xác định là trạng thái tốc độ cao, phương pháp 200 chuyển đến bước 2M từ bước 2E. Tại bước 2M, dòng điện trong các cuộn dây pha stato của máy điện quay được đo trong chu kỳ điều biến độ rộng xung. Việc này được thực hiện bằng việc đo của dòng điện trong các cuộn dây pha stato cho tất cả các pha của máy điện quay bằng việc đo ít nhất một mẫu của ít nhất $N-1$ cuộn dây pha stato, trong số tổng cộng N cuộn dây pha stato. Tại bước 2N, việc liệu việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha có được thực hiện hay không được kiểm tra. Nếu việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha được thực hiện, phương pháp 200 chuyển đến bước 2P, nếu không phương pháp 200 chuyển đến bước 2O, trong đó do việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha không được thực hiện, nhiều mẫu dòng điện cho pha thứ N trong chu kỳ điều biến độ rộng xung được xây dựng lại theo cùng nguyên tắc như được giải thích ở trên rằng tổng của lưu lượng các dòng điện qua tất cả các cuộn dây pha, tại một thời điểm, là không. Phương pháp 200 sau đó chuyển đến bước 2P.

Tại bước 2P, dòng điện trung bình cho mỗi cuộn dây pha stato của máy điện quay được xác định trong chu kỳ điều biến độ rộng xung. Tại bước 2Q, vị trí rôto thứ hai (P_2) và tốc độ rôto thứ hai (S_2) được ước tính dựa trên các dòng điện trung bình trong các cuộn dây pha stato trong chu kỳ điều biến độ rộng xung. Trong một phương án của sáng chế như được minh họa trong lưu đồ của Fig.5, việc ước tính của vị trí rôto thứ hai (P_2) và tốc độ rôto thứ hai (S_2) được thực hiện bằng mô hình ước tính được huấn luyện của máy điện quay bao gồm hiểu biết về điện cảm và điện trở của cuộn dây stato. Mô hình ước tính động được sử dụng để ước tính lưu lượng dòng điện trong các cuộn dây pha stato dựa trên vị trí rôto được giả định, điện áp DC bus như được đo trong bước 2D và trên các tín hiệu PWM được áp dụng cho máy. Dòng điện được ước tính được đo sau đó được so sánh với dòng điện trung bình được xác định tại bước 2P. Sự chênh lệch giữa dòng điện được ước tính và dòng điện trung bình được xác định được đặt thuật ngữ là chuẩn đo lỗi và chuẩn đo lỗi được sử dụng để hiệu chuẩn thêm việc ước tính của vị trí rôto thứ hai và tốc độ rôto thứ hai sao cho giá trị của chuẩn đo lỗi được duy trì gần với không.

Tại bước 2R, trạng thái của máy điện quay được lựa chọn giữa trạng thái tốc độ cao và trạng thái tốc độ thấp dựa trên tốc độ rôto thứ nhất được ước tính (S1) và/hoặc tốc độ rôto thứ hai được ước tính (S2) theo phương án được mô tả trong Fig.2. Trong một phương án trạng thái của máy điện quay là dựa trên sự kết hợp của tốc độ rôto thứ nhất được ước tính (S1) và tốc độ rôto thứ hai được ước tính (S2). Trong một phương án của sáng chế, trạng thái của máy quay được lựa chọn tại bước 2R được cấp như trạng thái được xác định của máy điện quay tại bước 2E, nghĩa là trạng thái của máy điện quay được lựa chọn tại bước 2R đóng vai trò là trạng thái được xác định của máy điện quay tại bước 2E.

Tại bước 2S, bộ điều khiển kiểm tra trạng thái được lựa chọn tại bước 2R. Nếu trạng thái của máy điện quay được lựa chọn tại trạng thái tốc độ thấp, phương pháp 200 chuyển đến bước 2T trong đó các tín hiệu điều biến độ rộng xung được áp dụng cho các cuộn dây pha stato được cập nhật dựa trên vị trí rôto thứ nhất được ước tính (P1). Ngược lại, nếu trạng thái của máy điện quay được lựa chọn tại trạng thái tốc độ cao, phương pháp 200 chuyển đến bước 2U trong đó các tín hiệu điều biến độ rộng xung áp dụng cho các cuộn dây pha stato được cập nhật dựa trên vị trí rôto thứ hai được ước tính (P2).

Trong một khía cạnh khác, sáng chế đề cập đến hệ thống 100 để điều khiển máy điện quay. Fig.6 minh họa hệ thống 100 để điều khiển máy điện quay, theo một phương án của sáng chế. Trong một phương án, hệ thống 100 được ghép nối với nguồn dòng điện điện áp trực tiếp 110 chẳng hạn như pin mà cấp công suất cho hệ thống 100 và máy điện quay. Như được minh họa trong Fig.6, hệ thống 100 bao gồm bộ điều biến độ rộng xung 120 để áp dụng các tín hiệu điều biến độ rộng xung cho các cuộn dây pha stato của máy điện quay, nhiều công tắc nguồn bán dẫn 130 để nhận các tín hiệu điều biến độ rộng xung và chuyển đổi các tín hiệu thành điện áp AC cho các cuộn dây pha stato của máy điện quay, nhiều thiết bị cảm biến dòng điện 140 để cảm biến dòng điện trong các cuộn dây pha stato tương ứng với các pha của máy điện quay và bộ điều khiển 150 được tạo cấu hình để thực hiện các bước phương pháp 2A-2U như được mô tả ở trên.

Trong một phương án của sáng chế, nhiều công tắc nguồn bán dẫn 130 bao gồm mạch cầu H ba pha có sáu công tắc nguồn bán dẫn 130AH, 130BH, 130CH, 130AL,

130BL, 130CL được bố trí trong ba tay mạch cầu H, sao cho mỗi tay có công tắc bán dẫn công suất cao và công tắc bán dẫn công suất thấp. Kết quả là mạch cầu H ba pha có tổng cộng ba công tắc bán dẫn công suất cao 130AH, 130BH, 130CH và ba công tắc bán dẫn công suất thấp 130AL, 130BL, 130CL. Trong một phương án nhiều công tắc nguồn 130 bao gồm các tranzito hiệu ứng trường bán dẫn oxit kim loại (các MOSFET) của các tranzito lưỡng cực cổng cách điện (các IGBT). Trong một phương án của sáng chế, hệ thống 100 được tạo cấu hình để sử dụng kỹ thuật điều biến vector không gian để tạo ra các tín hiệu được điều biến độ rộng xung dựa trên việc điều biến độ rộng xung được căn chỉnh trung tâm như được minh họa trong Fig.8.

Trong một phương án khác của sáng chế, nhiều thiết bị cảm biến dòng điện 140 bao gồm ít nhất hai thiết bị cảm biến dòng điện trong đó mỗi thiết bị cảm biến dòng điện đo lưu lượng dòng điện qua công tắc bán dẫn công suất thấp 130AL, 130BL, 130CL của mỗi tay mạch cầu H. Phương án được minh họa trong Fig.6 minh họa ba thiết bị cảm biến dòng điện 140A, 140B, 140C trong đó mỗi thiết bị cảm biến dòng điện đo lưu lượng dòng điện qua công tắc bán dẫn công suất thấp hơn 130AL, 130BL, 130CL của mỗi tay mạch cầu H. Trong phương án thay thế của sáng chế như được minh họa trong Fig.7, nhiều thiết bị cảm biến dòng điện 140 bao gồm ít nhất hai thiết bị cảm biến dòng điện trong đó mỗi thiết bị cảm biến dòng điện được kết nối nối tiếp với các cuộn dây pha stato. Trong một phương án, nhiều thiết bị cảm biến dòng điện 140 bao gồm ba thiết bị cảm biến dòng điện 140A, 140B, 140C trong đó mỗi thiết bị cảm biến dòng điện được kết nối nối tiếp với ba cuộn dây pha stato tương ứng với máy điện quay ba pha ví dụ.

Như được minh họa trong Fig.6, hệ thống 100 ngoài ra còn bao gồm bộ giám sát dòng điện 160 mà được tạo cấu hình để đo một mẫu dòng điện mỗi pha mỗi chu kỳ điều biến độ rộng xung trong đó việc lấy mẫu dòng điện được thực hiện gần như ở trung tâm của sự chuyển mạch tần số không, khi trạng thái của máy điện quay là trạng thái tốc độ cao. Bộ giám sát dòng điện 160 ngoài ra còn được tạo cấu hình để đo hai mẫu dòng điện mỗi pha mỗi chu kỳ điều biến độ rộng xung trong đó việc lấy mẫu dòng điện được thực hiện gần như cách xa bằng nhau từ trung tâm của sự chuyển mạch tần số không, khi trạng thái của máy điện quay là trạng thái tốc độ thấp.

Để phát hiện một cách chính xác sự thay đổi hoặc biến thiên dòng điện trong chu kỳ điều biến độ rộng xung, các thiết bị cảm biến dòng điện 140 tốt hơn là có băng thông đo tương tự đủ lớn, tốt hơn là vượt quá 10 lần của tần số của tín hiệu PWM được áp dụng cho các cuộn dây pha stato.

Trong khi vận hành, hệ thống 100 thông qua bộ điều biến độ rộng xung 120 được tạo cấu hình để tạo ra tần số khác của các tín hiệu PWM cùng với cho các cuộn dây pha stato ở các tốc độ khác nhau của rôto của máy điện quay và các giá trị nghĩa vụ PWM cho các tay khác nhau của mạch cầu H ba pha như được minh họa trong Fig.8. Giá trị nghĩa vụ PWM được xác định theo tỷ lệ từ 1 đến 0 được nhận từ bộ điều biến độ rộng xung. Tần số thấp hơn của các tín hiệu PWM trong suốt trạng thái tốc độ thấp cho phép việc đo chính xác hơn của sự thay đổi hoặc biến thiên dòng điện do tần số PWM thấp cho phép điều kiện để tăng khoảng thời gian giữa ví dụ dòng điện đầu tiên và cuối cùng trong chu kỳ PWM. Tần số PWM cao hơn trong suốt trạng thái tốc độ cao cho phép số lượng lớn hơn của các mẫu dòng điện mỗi chuyển động đơn vị của rôto, và tỷ lệ cập nhật lớn hơn tương ứng của các tín hiệu PWM tới các cuộn dây pha stato, do đó dẫn đến băng thông điều khiển tốt hơn.

Ưu điểm là, sáng chế đề xuất phương pháp và hệ thống điều khiển máy điện quay bởi đó việc điều khiển ít cảm biến hơn của máy điện quay được đề xuất, do đó loại bỏ việc đòi hỏi của các bộ cảm biến chẳng hạn như các bộ cảm biến Hall trong các động cơ. Điều này cho phép việc đóng gói cơ học tối ưu của động cơ điện.

Ngoài ra, phương pháp của sáng chế cung cấp việc điều khiển ít cảm biến hơn của máy điện quay ở tất cả các tốc độ vận hành của máy điện quay, đặc biệt là tốc độ thấp mà không làm tăng dòng điện sóng hài hòa không mong muốn trong các cuộn dây pha stato.

Mặc dù sáng chế đã được mô tả theo các phương án nhất định, nhưng những người có trình độ trung bình trong lĩnh vực sẽ thấy rõ rằng các thay đổi và sửa đổi khác nhau có thể được thực hiện mà không trệch khỏi phạm vi của sáng chế như được xác định trong các điểm yêu cầu bảo hộ sau đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp (200) điều khiển máy điện quay, bao gồm các bước:

xác định trạng thái của máy điện quay dựa trên tốc độ của rôto của máy điện quay, trạng thái bao gồm trạng thái tốc độ cao khi tốc độ rôto là lớn hơn tốc độ ngưỡng được xác định trước và trạng thái tốc độ thấp khi tốc độ của rôto là nhỏ hơn tốc độ ngưỡng được xác định trước;

nếu máy điện quay là trong trạng thái tốc độ thấp:

tính toán gợn sóng dòng điện nội PWM (ΔX) và vectơ dòng điện trung bình (Y) bằng việc đo dòng điện trong các cuộn dây pha stato của máy điện quay trong chu kỳ điều biến độ rộng xung;

tính vectơ điện cảm dựa trên gợn sóng dòng điện nội PWM (ΔX);

ước tính vị trí rôto thứ nhất ($P1$) và tốc độ rôto thứ nhất ($S1$) dựa trên vectơ điện cảm và vectơ dòng điện trung bình (Y);

nếu máy điện quay là trong trạng thái tốc độ cao:

đo dòng điện trong các cuộn dây pha stato của máy điện quay trong chu kỳ điều biến độ rộng xung;

xác định dòng điện trung bình cho mỗi cuộn dây pha stato của máy điện quay trong chu kỳ điều biến độ rộng xung;

ước tính vị trí rôto thứ hai ($P2$) và tốc độ rôto thứ hai ($S2$) dựa trên các dòng điện trung bình trong các cuộn dây pha stato trong chu kỳ điều biến độ rộng xung;

lựa chọn trạng thái của máy điện quay giữa trạng thái tốc độ cao và trạng thái tốc độ thấp dựa trên tốc độ rôto thứ nhất được ước tính ($S1$) và/hoặc tốc độ rôto thứ hai được ước tính ($S2$);

nếu trạng thái tốc độ thấp được lựa chọn, cập nhật các tín hiệu điều biến độ rộng xung dựa trên vị trí rôto thứ nhất được ước tính ($P1$); và

nếu trạng thái tốc độ cao được lựa chọn, cập nhật các tín hiệu điều biến độ rộng xung dựa trên vị trí rôto thứ hai được ước tính ($P2$).

2. Phương pháp (200) theo điểm 1, ngoài ra còn bao gồm các bước:

khởi tạo trạng thái của máy điện quay là trạng thái tốc độ thấp;

xác định vị trí ban đầu (P_i) của rôto của máy điện quay đối với stato của máy điện quay bằng việc áp dụng tập hợp các sự chuyển mạch cho các cuộn dây pha stato và xác định giá trị của dòng điện phía DC tương ứng với mỗi sự chuyển mạch, và khởi tạo vị trí rôto dựa trên sự chuyển mạch dẫn đến dòng điện tối đa;

áp dụng các tín hiệu điều biến độ rộng xung cho các cuộn dây pha stato dựa trên vị trí ban đầu (P_i) của rôto; sau đó, trạng thái của máy điện quay được xác định là trạng thái tốc độ thấp.

3. Phương pháp (200) theo điểm 1, trong đó nếu máy điện quay được xác định là trong trạng thái tốc độ thấp, việc đo của dòng điện trong các cuộn dây pha stato cho tất cả các pha của máy điện quay được thực hiện bằng việc đo ít nhất hai mẫu của ít nhất N-1 cuộn dây pha stato, trong số tổng cộng N cuộn dây pha stato.

4. Phương pháp (200) theo điểm 3, ngoài ra còn bao gồm bước kiểm tra xem liệu việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha có được thực hiện hay không.

5. Phương pháp (200) theo điểm 4, ngoài ra còn bao gồm bước xây dựng lại nhiều mẫu dòng điện cho pha thứ N trong chu kỳ điều biến độ rộng xung, nếu việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha không được thực hiện.

6. Phương pháp (200) theo điểm 1, trong đó nếu máy điện quay được xác định là trong trạng thái tốc độ cao, việc đo của dòng điện trong các cuộn dây pha stato cho tất cả các pha của máy điện quay được thực hiện bằng việc đo ít nhất một mẫu của ít nhất N-1 cuộn dây pha stato, trong số tổng cộng N cuộn dây pha stato.

7. Phương pháp (200) theo điểm 6, ngoài ra còn bao gồm bước kiểm tra xem liệu việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha có được thực hiện hay không.

8. Phương pháp (200) theo điểm 7, ngoài ra còn bao gồm bước xây dựng lại nhiều mẫu dòng điện cho pha thứ N trong chu kỳ điều biến độ rộng xung, nếu việc lấy mẫu dòng điện cho các cuộn dây pha stato tương ứng với tất cả N pha không được thực hiện.

9. Phương pháp (200) theo điểm 1, ngoài ra còn bao gồm bước ước tính lưu lượng dòng điện trung bình trong các cuộn dây pha stato dựa trên vị trí rôto được giả định, điện áp DC bus và trên các tín hiệu PWM được áp dụng cho máy, và so sánh dòng điện trung bình được ước tính với dòng điện trung bình được xác định.

10. Phương pháp (200) theo điểm 9, trong đó việc ước tính của vị trí rôto thứ hai (P2) và tốc độ rôto thứ hai (S2) được hiệu chỉnh bởi chuẩn đo lỗi dựa trên sự chênh lệch giữa dòng điện trung bình được ước tính và dòng điện trung bình được xác định.

11. Hệ thống (100) điều khiển máy điện quay, bao gồm:

bộ điều biến độ rộng xung (120) để áp dụng các tín hiệu điều biến độ rộng xung cho các cuộn dây pha stato của máy điện quay;

hiệu chỉnh nguồn bán dẫn (130) để nhận các tín hiệu điều biến độ rộng xung và chuyển đổi các tín hiệu thành điện áp AC cho các cuộn dây pha stato của máy điện quay;

hiệu chỉnh cảm biến dòng điện (140) để cảm biến dòng điện trong các cuộn dây pha stato tương ứng với các pha của máy điện quay; và

bộ điều khiển (150) được tạo cấu hình để xác định trạng thái của máy điện quay dựa trên tốc độ của rôto của máy điện quay giữa trạng thái tốc độ cao khi tốc độ rôto là lớn hơn tốc độ ngưỡng được xác định trước và trạng thái tốc độ thấp khi tốc độ của rôto là nhỏ hơn tốc độ ngưỡng được xác định trước, nếu máy điện quay là trong trạng thái tốc độ thấp: tính toán gợn sóng dòng điện nội PWM (ΔX) và vector dòng điện trung bình (Y) bằng việc đo dòng điện trong các cuộn dây pha stato của máy điện quay trong chu kỳ điều biến độ rộng xung, tính vector điện cảm dựa trên gợn sóng dòng điện nội PWM (ΔX), ước tính vị trí rôto thứ nhất (P1) và tốc độ rôto thứ nhất (S1) dựa trên vector điện cảm và vector dòng điện trung bình (Y), nếu máy điện quay là trong trạng thái tốc độ cao: đo dòng điện trong các cuộn dây pha stato của máy điện quay trong chu kỳ điều biến độ rộng xung, xác định dòng điện trung bình cho mỗi cuộn dây pha stato của máy điện quay trong chu kỳ điều biến độ rộng xung, ước tính vị trí rôto thứ hai (P2) và tốc độ rôto thứ hai (S2) dựa trên dòng điện trung bình trong các cuộn dây pha stato trong chu kỳ điều biến độ rộng xung, lựa chọn trạng thái của máy điện quay giữa trạng thái tốc độ cao và trạng thái tốc độ thấp dựa trên tốc độ rôto thứ nhất được

ước tính (S1) và/hoặc tốc độ rôto thứ hai được ước tính (S2), nếu trạng thái tốc độ thấp được lựa chọn: cập nhật các tín hiệu điều biến độ rộng xung dựa trên vị trí rôto thứ nhất được ước tính (P1), và nếu trạng thái tốc độ cao được lựa chọn: cập nhật các tín hiệu điều biến độ rộng xung dựa trên vị trí rôto thứ hai được ước tính (P2).

12. Hệ thống (100) theo điểm 11, trong đó bộ điều khiển (150) ngoài ra còn được tạo cấu hình để khởi tạo trạng thái của máy điện quay là trạng thái tốc độ thấp, xác định vị trí ban đầu (P_i) của rôto của máy điện quay đối với stato của máy điện quay bằng việc áp dụng tập hợp các sự chuyển mạch cho các cuộn dây pha stato và xác định giá trị của dòng điện phía DC tương ứng với mỗi sự chuyển mạch và khởi tạo vị trí rôto dựa trên sự chuyển mạch dẫn đến dòng điện tối đa, áp dụng các tín hiệu điều biến độ rộng xung cho các cuộn dây pha stato dựa trên vị trí ban đầu (P_i) của rôto; sau đó, trạng thái của máy điện quay được thiết đặt là trạng thái tốc độ thấp.

13. Hệ thống (100) theo điểm 11, trong đó nhiều công tắc nguồn (130) bao gồm mạch cầu H ba pha có sáu công tắc nguồn bán dẫn (130AH, 130BH, 130CH, 130AL, 130BL, 130 CL) được bố trí trong ba tay mạch cầu H, sao cho mỗi tay có công tắc bán dẫn công suất cao và công tắc bán dẫn công suất thấp.

14. Hệ thống (100) theo điểm 13, được tạo cấu hình để sử dụng kỹ thuật điều biến vectơ không gian để tạo ra các tín hiệu được điều biến độ rộng xung dựa trên PWM được căn chỉnh trung tâm.

15. Hệ thống (100) theo điểm 14, trong đó bộ giám sát dòng điện (160) được tạo cấu hình để: trong suốt trạng thái tốc độ cao, đo một mẫu dòng điện mỗi pha mỗi chu kỳ điều biến độ rộng xung, việc lấy mẫu dòng điện được thực hiện gần như ở trung tâm của sự chuyển mạch tần số không; và trong suốt trạng thái tốc độ thấp, đo hai mẫu dòng điện mỗi pha mỗi chu kỳ điều biến độ rộng xung, việc lấy mẫu dòng điện được thực hiện gần như cách xa bằng nhau từ trung tâm của sự chuyển mạch tần số không.

16. Hệ thống (100) theo điểm 13, bao gồm ít nhất hai thiết bị cảm biến dòng điện (140) trong đó mỗi thiết bị cảm biến dòng điện đo lưu lượng dòng điện qua công tắc bán dẫn công suất thấp (130AL, 130BL, 130CL) của mỗi tay mạch cầu H.

17. Hệ thống (100) theo điểm 13, bao gồm ít nhất hai thiết bị cảm biến dòng điện (140) trong đó mỗi thiết bị cảm biến dòng điện được kết nối nối tiếp với các cuộn dây pha stato.

18. Hệ thống (100) theo điểm 15, trong đó bộ giám sát dòng điện (160) có băng thông đo tương tự gần như lớn gấp 10 lần tần số của tín hiệu PWM được áp dụng cho các cuộn dây pha stato.

19. Hệ thống (100) theo điểm 11, được tạo cấu hình để thay đổi tần số của bộ điều biến độ rộng xung (120) phụ thuộc vào các biến bao gồm tốc độ rôto thứ nhất được ước tính (S1) và tốc độ rôto thứ hai được ước tính (S2).

1/8

200

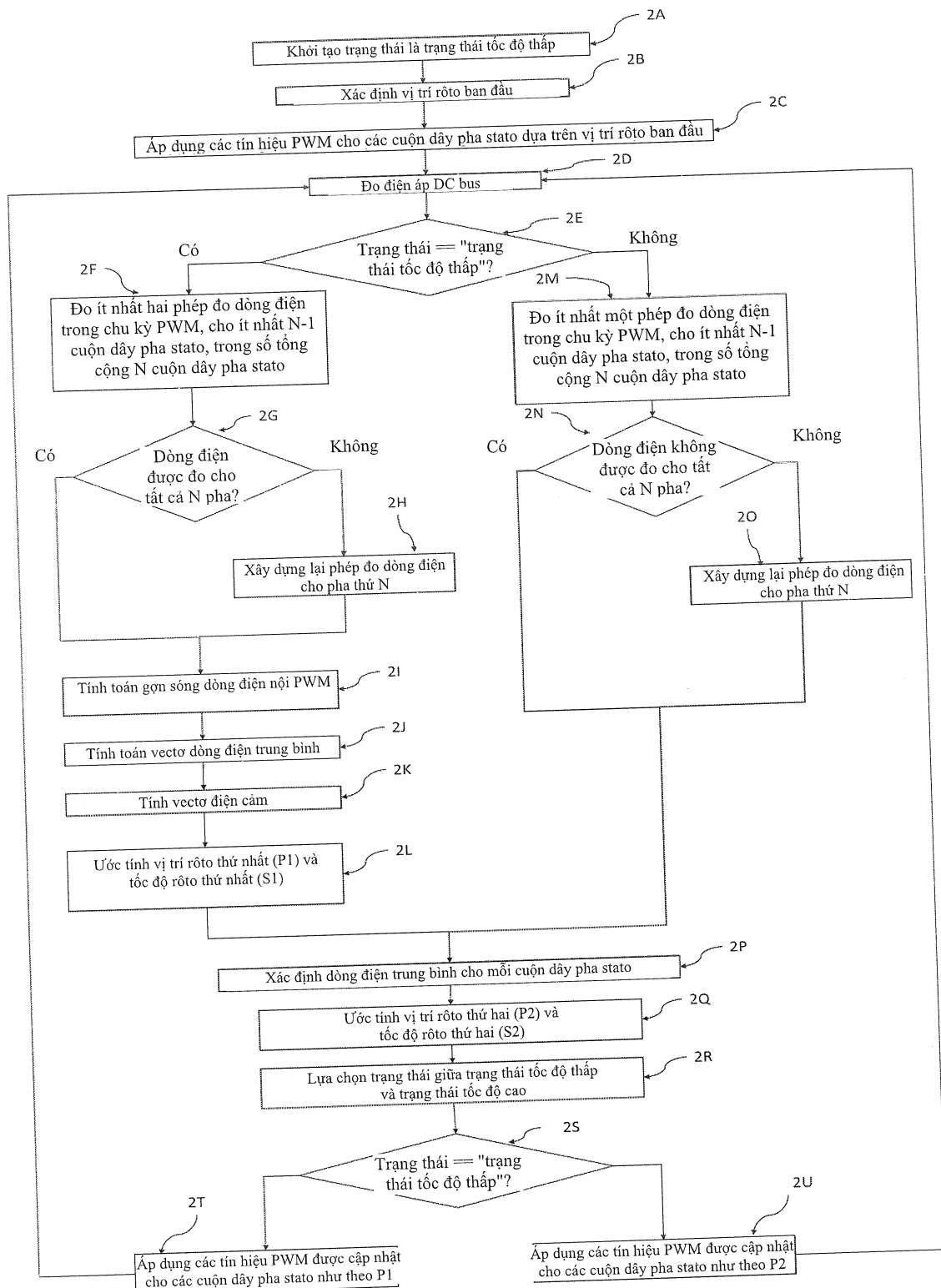


Fig.1

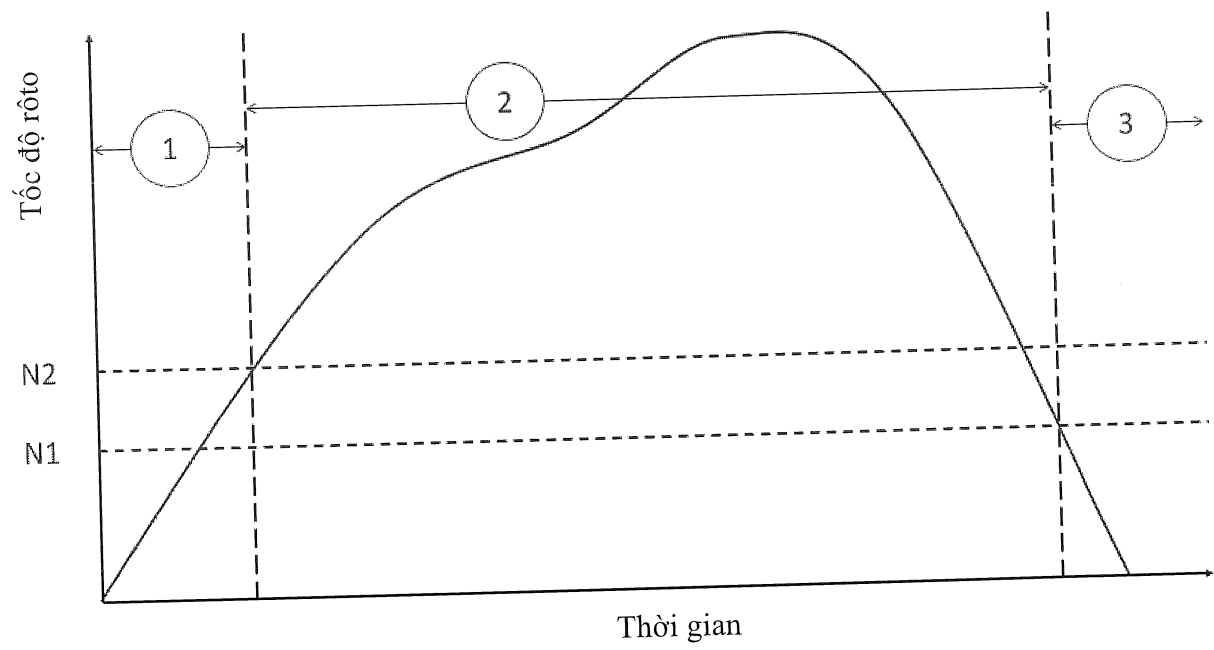


Fig.2

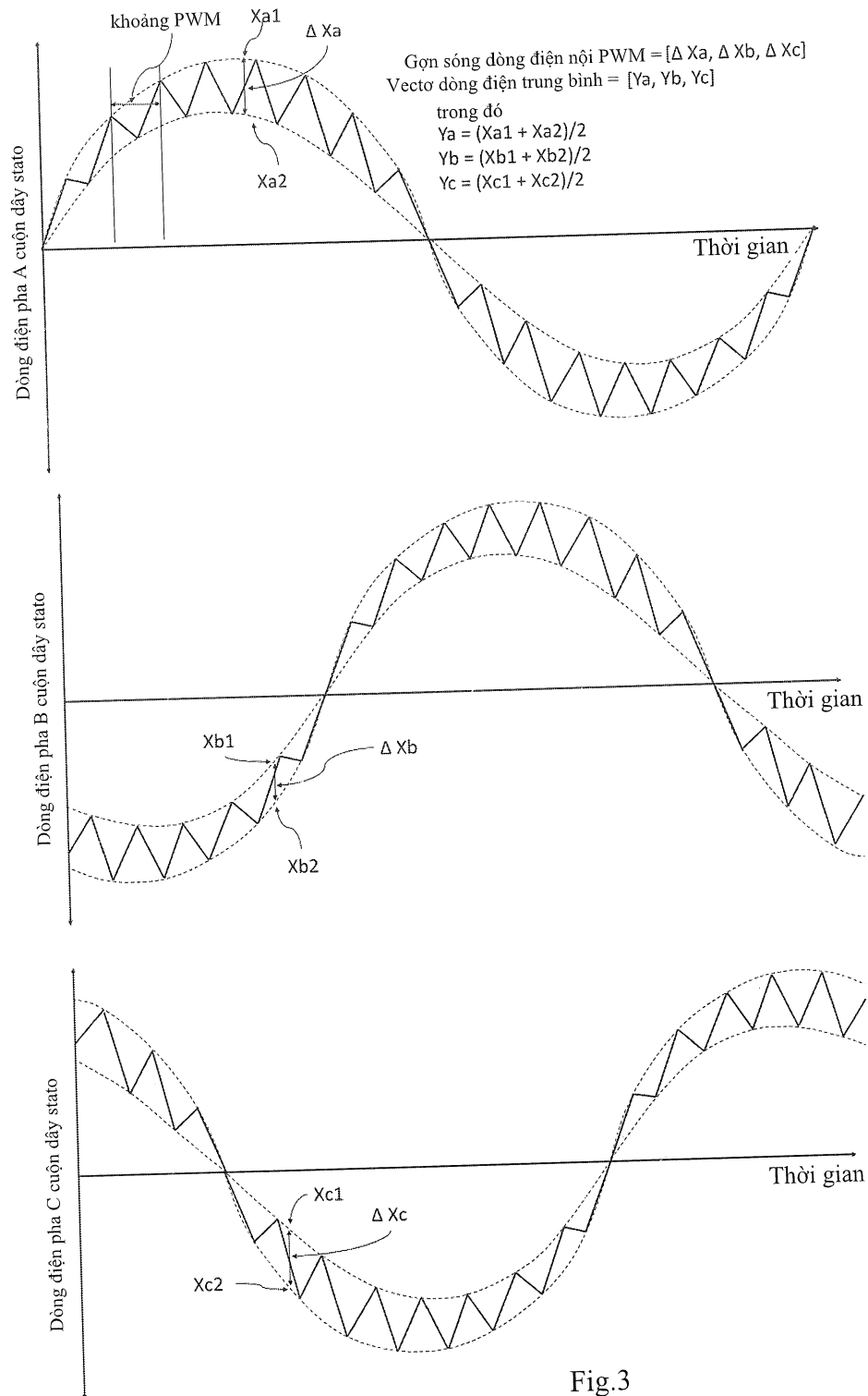
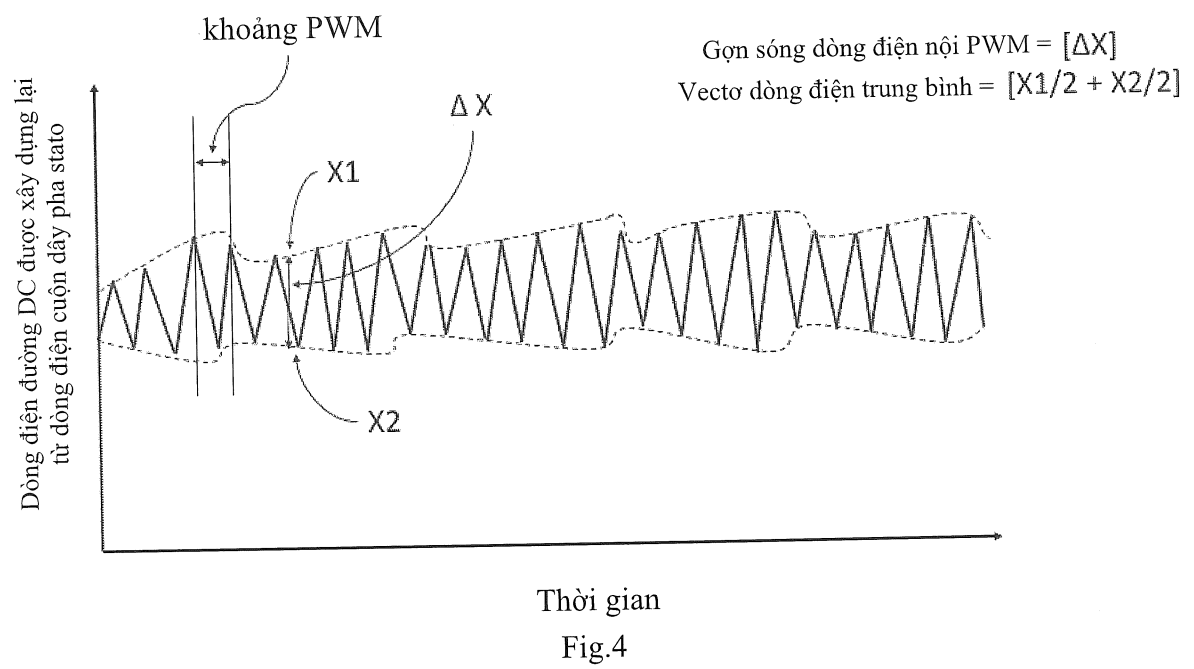


Fig.3



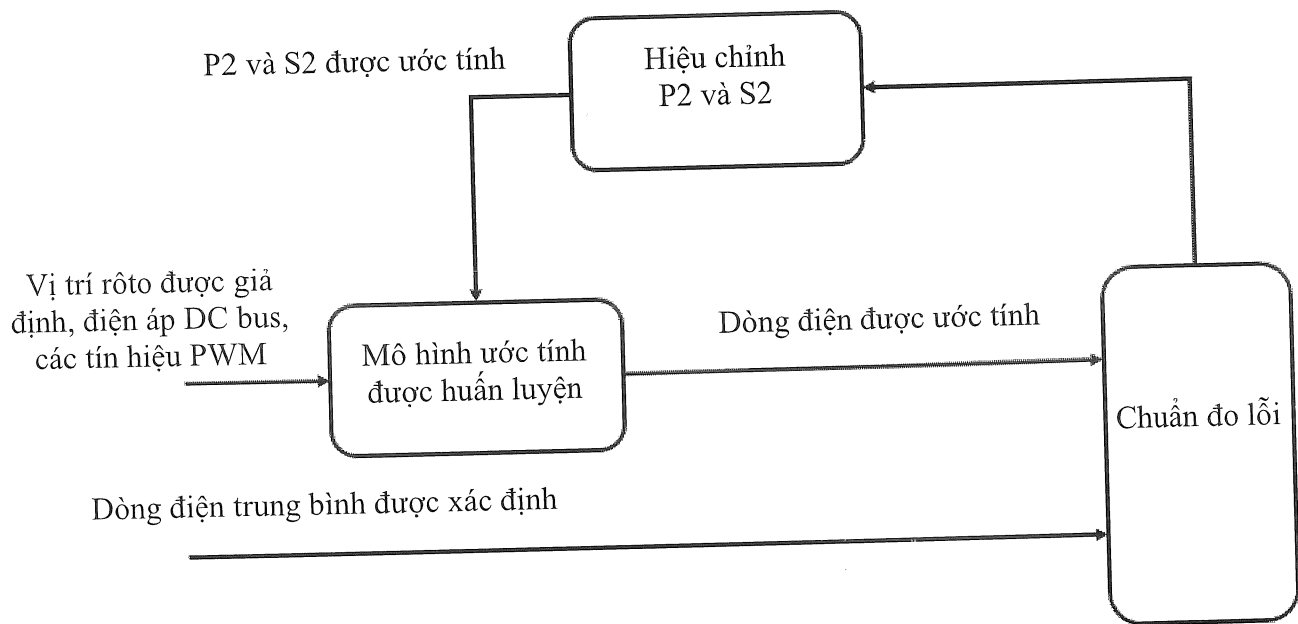


Fig.5

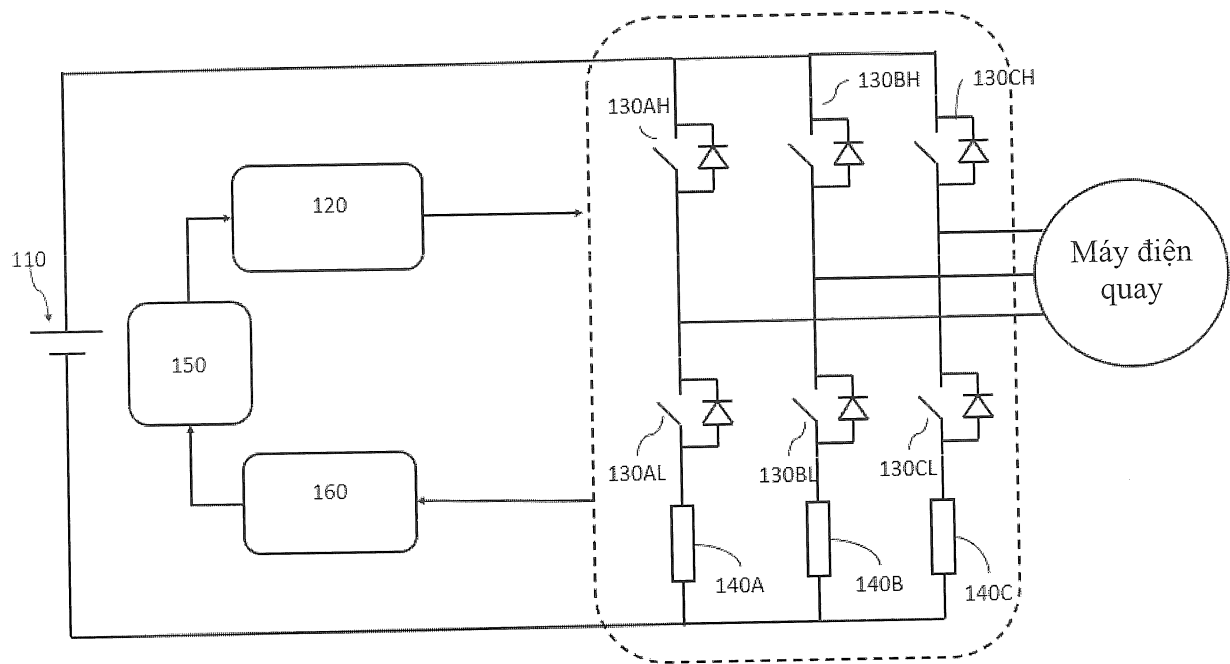


Fig.6

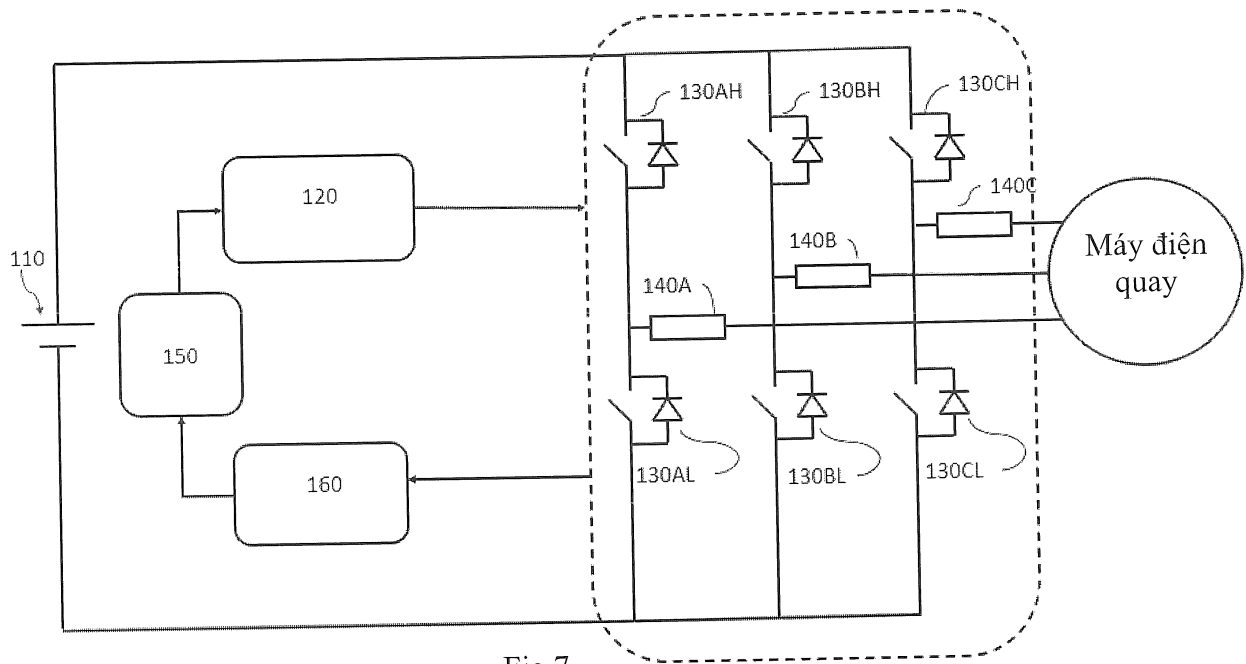


Fig.7

8/8

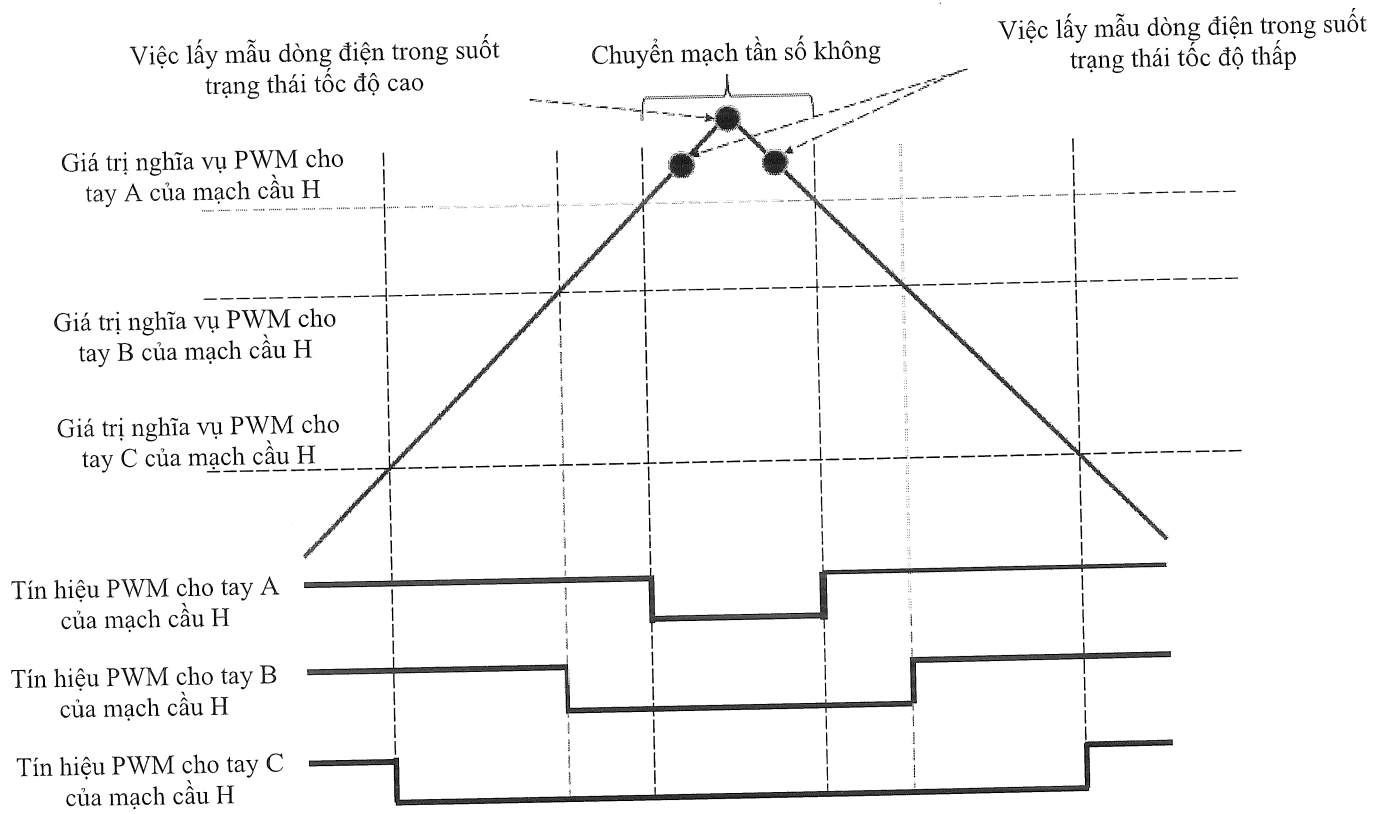


Fig.8