

# NGHIÊN CỨU BIẾN TẦN 4Q SINAMICS S120 CHO ĐỘNG CƠ XOAY CHIỀU KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA

A STUDY OF 4Q SINAMICS S120 INVERTER USED FOR THREE - PHASE ASYNCHRONOUS AC MOTOR

Mai Văn Duy

## TÓM TẮT

Cùng với sự phổ biến của động cơ không đồng bộ, vấn đề tiết kiệm năng lượng nổi lên như một vấn đề bức thiết, mang tính sống còn đối với mỗi doanh nghiệp, vì lý do đó mà một hệ truyền động biến tần 4Q với khả năng tái tạo điện năng đã và đang thể hiện tính ưu việt của nó so với các hệ truyền động khác, hệ truyền động 4Q sẽ ngày càng trở nên phổ biến đặc biệt là với các ứng dụng tiêu tốn nhiều năng lượng. Bài báo tập trung nghiên cứu mô hình hệ truyền động 4Q Sinamics S120 cho động cơ không đồng bộ xoay chiều ba pha.

**Từ khóa:** Biến tần 4Q, biến tần 4 góc phần tư.

## ABSTRACT

Along with the popularity of the asynchronous motors, energy saving has emerged as a critical issue for every enterprise, for which reason 4Q inverter drive systems with renewable electricity capability have demonstrated their superiority over other powertrains. 4Q inverter drives will become increasingly popular, especially with energy - intensive applications. The article focuses on the 4Q Sinamics S120 inverter in three-phase asynchronous AC motor..

**Keywords:** 4Q inverter, four-quadrant inverter.

Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Email: mvd Duy@uneti.edu.vn

Ngày nhận bài: 20/5/2018

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 23/6/2018

Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2018

## 1. MỞ ĐẦU

Vấn đề tiết kiệm năng lượng nổi lên như một vấn đề cấp thiết, mang tính sống còn đối với mỗi doanh nghiệp, vì lý do đó mà một hệ truyền động biến tần 4Q với khả năng tái tạo điện năng đã và đang thể hiện tính ưu việt của nó so với các hệ truyền động khác. Hệ truyền động 4Q sẽ ngày càng trở nên phổ biến đặc biệt là với các ứng dụng tiêu tốn nhiều năng lượng.

Nhận thấy tính ưu việt của hệ truyền động 4Q, hãng Siemens đã cho ra đời hệ thống biến tần 4Q SINAMICS S120 với nhiều tính năng vượt trội so với các dòng biến tần trước đây như khả năng tái sinh năng lượng, điều khiển tập trung, khả năng tùy biến cho từng nhà máy, cài đặt trực quan trên máy tính,... Hơn nữa kết hợp với việc điều khiển động cơ xoay chiều với nhiều ưu điểm sẽ đem lại được chất lượng

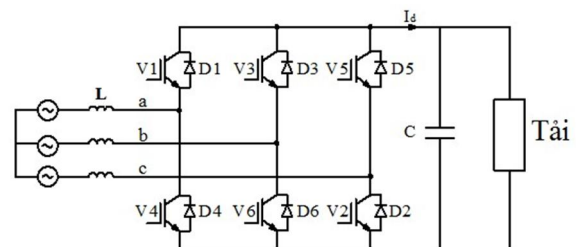
điều khiển tốt hơn trong quá trình làm việc ở các dây chuyền sản xuất công nghiệp hiện nay [6, 7, 8, 10].

Đến nay chưa có nghiên cứu cụ thể và riêng biệt nào của nước ngoài về biến tần SINAMICS S120. Trong quá trình nghiên cứu, tác giả đã tìm hiểu tìm hiểu nguyên lý của một hệ truyền động 4Q đồng thời kết hợp với vận hành hệ thống biến tần SINAMICS S120 nhằm kiểm chứng khả năng của một hệ biến tần 4Q trên thực tế.

## 2. BIẾN TẦN 4Q SINAMICS S120

### 2.1. Chính lưu tích cực

Để động cơ làm việc cả bốn góc phần tư thì yêu cầu bộ biến tần phải có khả năng thực hiện trao đổi được năng lượng hai chiều. Các bộ biến tần như vậy gọi là biến tần 4Q. Khối nghịch lưu của biến tần, kể cả biến tần SPWM (synchronized pulse-width modulation) hoặc biến tần điều khiển vector,... đều có thể thực hiện trao đổi công suất hai chiều: từ phía một chiều sang động cơ và ngược lại. Như vậy, để bộ biến tần có thể thực hiện trao đổi công suất hai chiều thì vấn đề còn lại là khối chỉnh lưu cũng phải có khả năng trao đổi công suất hai chiều. Biến tần 4Q sử dụng bộ chỉnh lưu tích cực cho phép thực hiện trao đổi công suất tác dụng giữa tải và nguồn theo hai chiều và có thể điều chỉnh được hệ số công suất  $\cos \varphi = \pm 1$ .

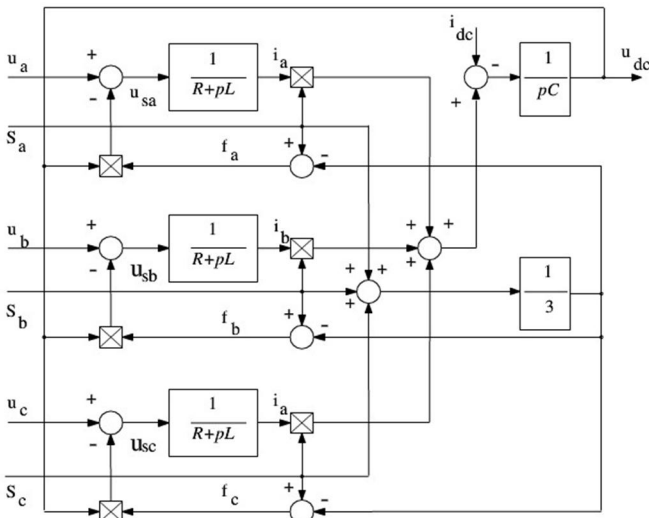


Hình 1. Sơ đồ cấu tạo chỉnh lưu tích cực

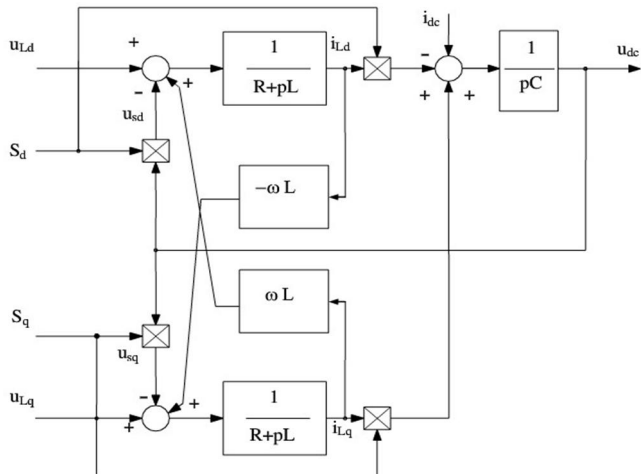
Trong chế độ hoạt động bình thường của động cơ xoay chiều, các van được điều khiển để điện áp  $U_{dc}$  được ổn định ở giá trị lớn hơn điện áp dây cực đại của nguồn lưới để các diode không bao giờ được phân cực thuận. Dùng phương pháp PWM (Pulse-width modulation) hay phương pháp điều chỉnh véc tơ không gian để điều khiển các van nhằm nâng cao được điện áp một chiều, điều chỉnh  $\cos \varphi$  bằng một và dòng điện đầu vào hình sin.

Khi động cơ chuyển sang chế độ hãm tái sinh, năng lượng được trả về mạch một chiều qua bộ biến đổi phía động cơ làm điện áp tụ dâng cao, các van cũng được điều khiển theo phương pháp PWM hoặc phương pháp điều chỉnh véc tơ không gian; được phát trả lại năng lượng về lưới với  $\cos\varphi$  bằng một. Chính lưu tích cực đảm bảo được  $\cos\varphi$  luôn luôn bằng một, giảm thiểu được thành phần sóng hài bậc cao, dòng điện lưới hình sin trong cả hai trường hợp khi chỉnh lưu và khi phát trả năng lượng về lưới, biến tần sử dụng chỉnh lưu tích cực có thể làm việc tốt cả ở bốn góc phần tư [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Mô tả toán học của chỉnh lưu tích cực được thể hiện như hình 2.

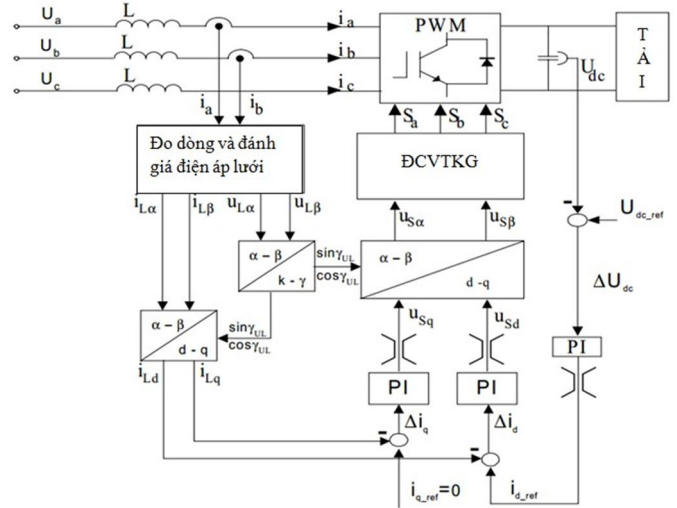


Hình 2. Mô hình toán học chỉnh lưu tích cực trong hệ tọa độ abc



Hình 3. Mô hình toán học chỉnh lưu tích cực trong hệ tọa độ dq

Đặc điểm của phương pháp điều khiển tựa vào dòng điện là xử lý tín hiệu trong hai trục tọa độ tĩnh  $\alpha\beta$  và hệ trục tọa độ quay  $dq$ . Các giá trị đo được trong hệ trục tọa độ tĩnh  $\alpha\beta$  sau đó được biến đổi sang hệ trục tọa độ quay  $dq$  như trên sơ đồ khối. Cấu trúc điều khiển chỉnh lưu tích cực theo véc tơ điện áp VOC (Voltage Oriented Control) được trình bày như hình 4.



Hình 4. Cấu trúc điều khiển chỉnh lưu tích cực theo véc tơ điện áp VOC

Khâu đo dòng điện và ước lượng điện áp lưới: Thực hiện đo giá trị tức thời dòng xoay chiều ba pha  $i_a$  và  $i_b$ , biến đổi dòng điện ở hệ ba pha sang véc tơ không gian sang hệ tọa độ cố định  $\alpha\beta$  và tính toán các thành phần điện áp lưới  $u_{L\alpha}$   $u_{L\beta}$ .

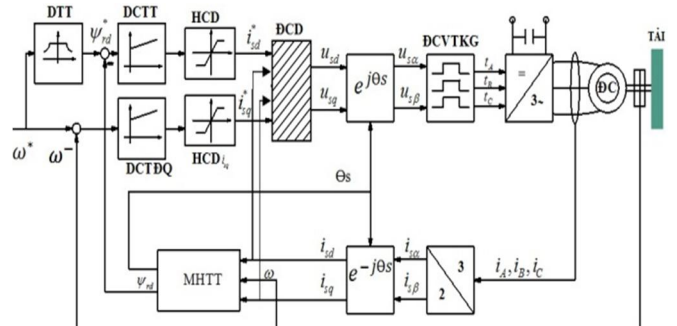
Với điều kiện tổng của ba dòng điện pha tại mọi thời điểm  $i_a(t) + i_b(t) + i_c(t) = 0$  kèm theo điều kiện trung tính của lưới điện ta chỉ cần đo hai trong số ba dòng điện pha. Như vậy, chỉ cần hai cảm biến để đo giá trị dòng điện tức thời  $i_a$  và  $i_b$ . Khi chọn trục pha A làm trục thực trong hệ tọa độ  $\alpha\beta$ .

### 2.2. Nghịch lưu điều khiển véc tơ không gian

Khi quan sát trên hệ trục tọa độ từ thông rotor (tọa độ  $dq$ ) ta thu được các mô hình toán học của động cơ không đồng bộ. Trong đó ta thấy quan hệ đơn giản giữa mô men quay, từ thông với các phần tử của véc tơ dòng stator.

Từ thông rotor có thể được tăng giảm gián tiếp thông qua tăng giảm  $i_{sdr}$  điều đáng lưu ý là quan hệ giữa hai đại lượng trễ bậc nhất với tham số thời gian  $T_r$ . Nếu thành công trong việc áp đặt nhanh và chính xác dòng  $i_{sdr}$  ta có thể coi  $i_{sd}$  là đại lượng điều khiển của từ thông rotor.

Nguyên lý điều khiển tốc độ tựa từ thông FOC ((Field Oriented Control): Chuyển thành phần dòng điện xoay chiều ba pha thành dòng điện một chiều  $i_{dr}$   $i_{dq}$  nhằm phân biệt rõ thành phần nào sinh mômen, thành phần nào sinh từ thông để dễ dàng trong việc điều khiển. Mô hình điều khiển động cơ không đồng bộ được viết như sau:

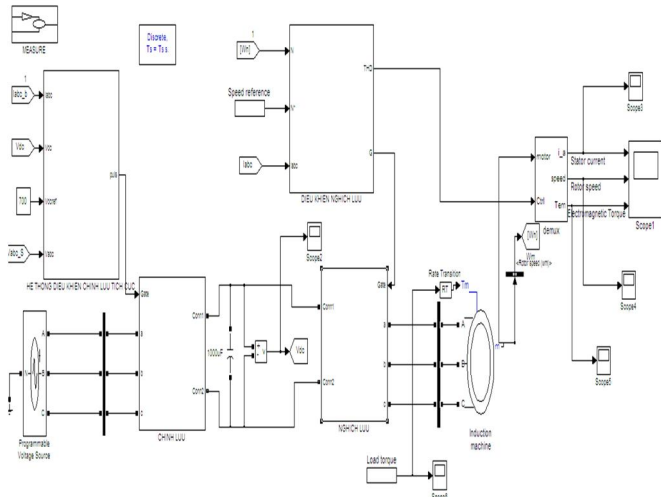


Hình 5. Sơ đồ nguyên lý điều khiển động cơ KĐB theo phương pháp FOC

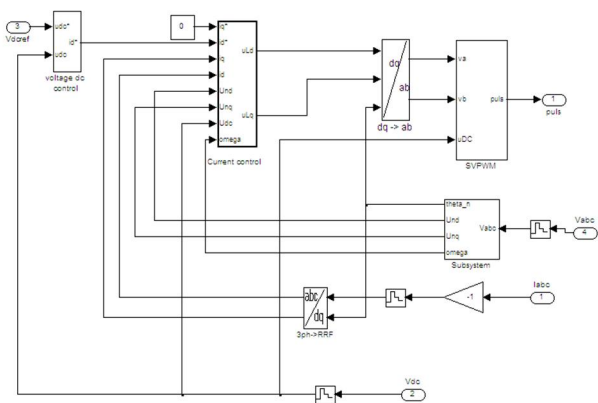
### 3. MÔ PHỎNG VÀ THỰC NGHIỆM HỆ TRUYỀN ĐỘNG 4Q - ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

#### 3.1. Mô phỏng hệ truyền động 4Q - động cơ không đồng bộ

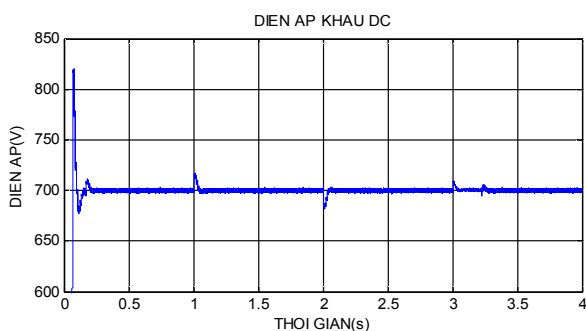
Từ việc xây dựng mô hình bộ điều khiển như trên ta tiến hành xây dựng mô hình mô phỏng trên Matlab simulink như hình 6.



Hình 6. Mô hình mô phỏng biến tần 4Q - Động cơ không đồng bộ ba pha Hệ thống điều khiển chỉnh lưu tích cực được xây dựng như hình 7.

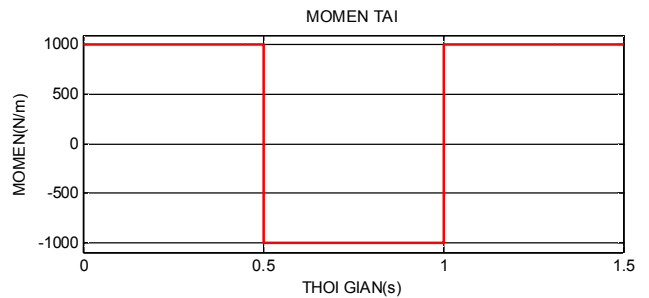


Hình 7. Hệ thống điều khiển chỉnh lưu tích cực Từ đó ta có một số kết quả mô phỏng như hình 8 ÷ 11.

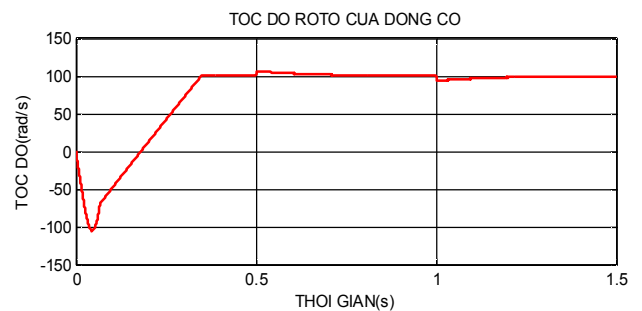


Hình 8. Điện áp một chiều sau chỉnh lưu PWM

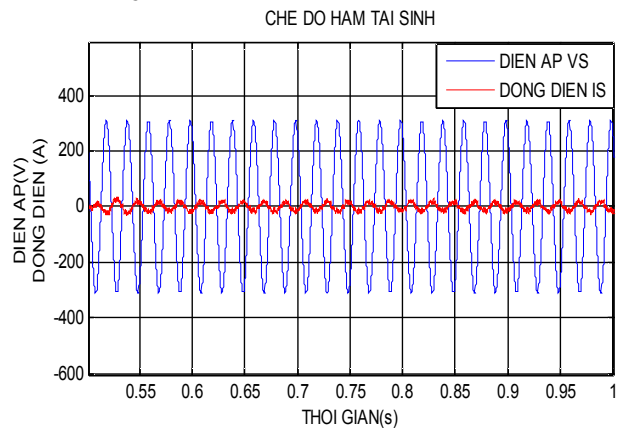
Trên hình 8 biểu diễn điện áp một chiều sau chỉnh lưu, quá trình khởi động bộ chỉnh lưu diễn ra trong thời gian rất ngắn, sự thay đổi giá trị điện áp ra khi thay đổi giá trị đặt với sai lệch không đáng kể, giá trị điện áp một chiều đầu ra cao hơn giá trị điện áp ra của chỉnh lưu diôt thông thường, điều này đáp ứng được yêu cầu điện áp một chiều cao mà không cần phải dùng máy biến áp tăng áp.



Hình 9. Sự điều chỉnh momen của động cơ khi khởi động và khi chuyển động cơ sang trạng thái hãm tái sinh ở chế độ tốc độ ổn định



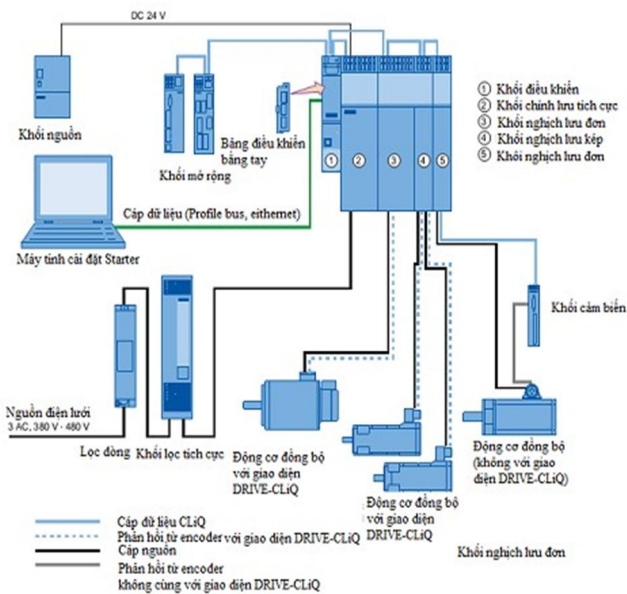
Hình 10. Tốc độ góc động cơ khi khởi động và điều chỉnh tải để chuyển chế độ làm việc, với giá trị đặt tốc độ là 100 rad/s



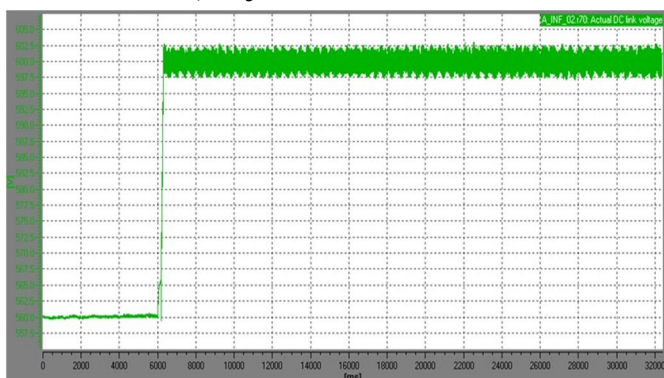
Hình 11. Động cơ hãm tái sinh

Từ các kết quả mô phỏng được mô phỏng trên các hình 9, 10, 11 cho thấy, tốc độ động cơ vẫn được duy trì theo giá trị mặc dù momen tải đổi dấu, còn dòng điện nguồn xoay chiều cấp cho chỉnh lưu PWM thì thay đổi một góc bằng  $180^\circ$ , tức là bộ chỉnh lưu làm việc ở chế độ nghịch lưu, thực hiện chuyển công suất từ phía động cơ về lưới điện với giá trị hệ số công suất bằng một ( $\cos\phi = -1$ ). Kết quả mô phỏng đã chứng minh khả năng làm việc ở chế độ hãm tái sinh trong chế độ làm việc ổn định, tin cậy và chất lượng cao của hệ thống truyền động điện.

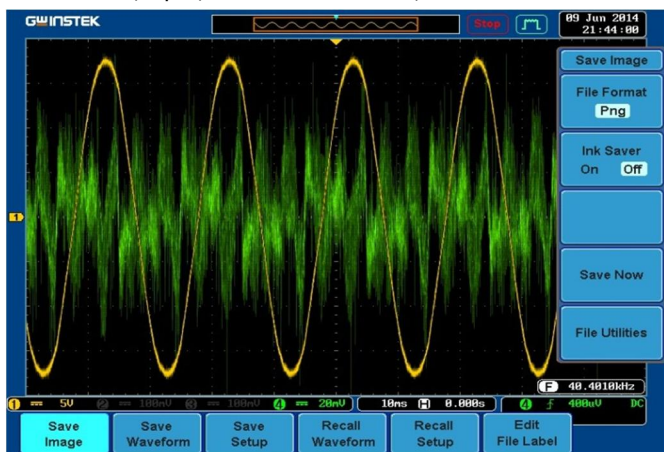
3.2. Nghiên cứu thực nghiệm tần 4Q SINAMICS S120



Hình 12. Cấu trúc hệ thống biến tần 4Q Sinamics S120



Hình 13. Điện áp một chiều sau chỉnh lưu tích cực



Xanh: Dòng điện

Vàng: Điện áp

Hình 14. Dòng áp khi có hãm tái sinh

Qua các hình 13, 14 điện áp một chiều sau chỉnh lưu tích cực giữ ở giá trị đặt. Ở chế độ hãm tái sinh dòng điện và điện áp ngược pha nhau. Như vậy, thực nghiệm cho kết quả giống như đã mô phỏng hình 8, 11.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở mô hình hóa, tác giả từ các kết quả mô phỏng một số chế độ đặc trưng của chỉnh lưu PWM và hệ truyền động biến tần 4Q - động cơ không đồng bộ cho thấy, sử dụng chỉnh lưu PWM để xây dựng bộ biến tần bốn góc phần tư đáp ứng tốt các yêu cầu mà mục tiêu nghiên cứu đặt ra. Hệ truyền động có khả năng đảm bảo sự làm việc tốt của động cơ trên cả bốn góc phần tư của hệ tọa độ. Bài báo mô phỏng trên máy tính có kết quả ra sát với thực nghiệm của biến tần 4Q Sinamics S120 mà tác giả đã nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Siemens, "SINAMICS S120 getting started", 01\2012.
- [2]. Siemens, "SINAMICS S120 commissioning manual", 01\2012.
- [3]. Siemens, "SINAMICS S120 function manual", 01\2012.
- [4]. Siemens, "SINAMICS S120 Booksize power unit", 01\2012.
- [5]. Siemens, "SINAMICS S120 List manual", 01\2012.
- [6]. Siemens, "SINAMICS S120 khởi điều khiển and additional components", 01\2012.
- [7]. Siemens, "SINAMICS Low Voltage Engineering Manual", July 2010.
- [8]. Nguyễn Phùng Quang (1996). *Truyền động điện xoay chiều ba pha*. NXB Giáo dục.
- [9]. Nguyễn Phùng Quang (2006). *Mattlab và Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động*. NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [10]. Bùi Quốc Khánh - Nguyễn Văn Liễu (2005). *Cơ sở truyền động điện*. NXB Khoa học và kỹ thuật.