

# NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH ĐIỀU KHIỂN BIẾN TẦN CHỈNH LƯU TÍCH CỰC ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ. STRUCTURES AND CONTROL ALGORITHMS OF 4-Q CONVERTERS AND MODELS OF 4-Q INVERTERS

**Bùi Quốc Khánh, Bùi Đăng Quang**  
Phòng thí nghiệm trọng điểm Tự động hoá  
Trung tâm Nghiên cứu Triển khai Công nghệ cao  
Đại Học Bách Khoa Hà Nội

## TÓM TẮT

Hầu hết tất cả các biến tần trong công nghiệp có chứa khâu một chiều trung gian sử dụng chỉnh lưu diốt hoặc thyristor là nguồn phát các sóng hài bậc cao dòng điện lên lưới gây xấu dạng điện áp lưới, hệ số  $\cos \varphi$  thấp và không có khả năng trao đổi năng lượng từ tải về lưới. Biến tần bốn góc phần tư (4Q) dùng chỉnh lưu tích cực theo thuật điều khiển PWM và được nghiên cứu để khắc phục các nhược điểm trên.

Nội dung bài báo cáo trình bày kết quả nghiên cứu về cấu trúc và thuật điều khiển biến tần 4Q và mô hình biến tần 4Q trong phòng thí nghiệm.

## ABSTRACT

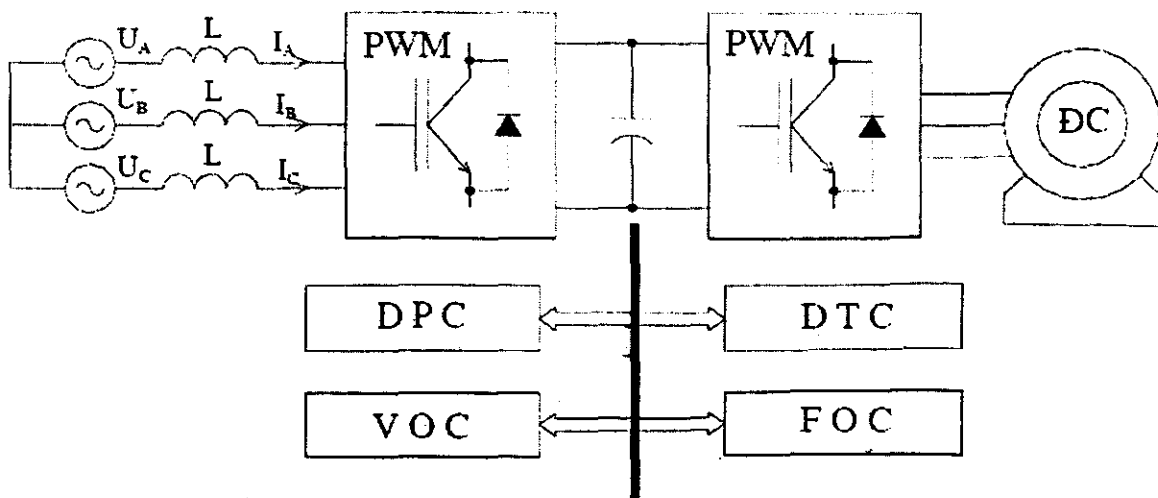
In almost inverters, there is a DC bus with rectifiers using diodes or thyristors. Those rectifier types are the source of harmonic pollution into the power system. They are causes of line voltage distortion, reduce the power factor and can't be return energy to power network. 4Q inverter using the active rectifier with PWM technique and Direct Power Control (DPC) control algorithm can reduce all these drawbacks of traditional inverters. The purpose of this paper is to present all the results of our research about structure and control algorithm of 4Q converter and model 4Q inverter in laboratory.

### 1. MỞ ĐẦU

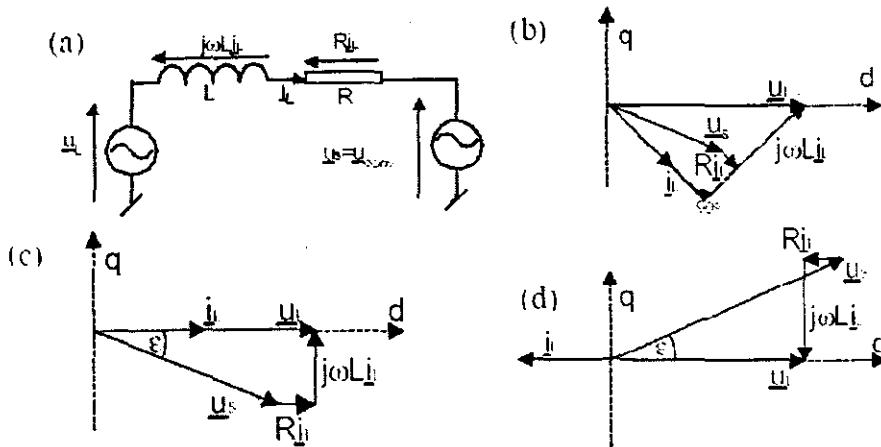
Biến tần 4Q là biến tần gián tiếp gồm bộ chỉnh lưu sử dụng bộ chỉnh lưu tích cực với các van đóng cắt là IGBT đóng cắt theo thuật điều khiển PWM và một bộ nghịch

lưu sử dụng IGBT như các bộ biến tần thông thường. Cấu trúc mạch lực trình bày trên hình 1

Có hai phương pháp điều khiển bộ chỉnh lưu tích cực là điều khiển trực tiếp



Hình 1 Cấu trúc của biến tần 4Q



Hình 2 Giảm đồ thay thế của mạch điện chỉnh tích cực

công suất (DPC trong đó DPC là viết tắt của Direct Power Control) và điều khiển hướng vector điện áp (VOC trong đó VOC chữ viết tắt của Voltage Oriented Control).

Bài báo này sẽ tập trung vào phương pháp điều khiển VOC, trình bày cơ sở để biến tần 4Q có thể có  $\cos \varphi$  bằng 1 và các kết quả nghiên cứu về biến tần 4Q đã đạt được trong phòng thí nghiệm.

Có ba yêu cầu cơ bản đối với biến tần 4Q là:

- Dòng đầu vào sin
- $\cos \varphi = 1$
- Cho phép trao đổi công suất giữ tải và lưới

Để đạt được các yêu cầu trên thì biến tần phải có các điều kiện cơ bản sau :

- Cần điện cảm L ở đầu vào để tạo điện áp đệm và đảm bảo điện áp một chiều trên tụ điện C lớn hơn điện áp chỉnh lưu tự nhiên
- Điều khiển đóng cắt theo phương pháp điều chế vector không gian theo luật điều biến độ rộng xung PWM để có được dòng điện hình sin.

Sơ đồ thay thế bộ chỉnh lưu tích cực như trên hình 2. Trong đó hình

- (a) là sơ đồ thay thế 1 pha phía xoay chiều của bộ chỉnh lưu tích cực.
- (b) là các thành phần dòng áp đối với bộ chỉnh lưu thông thường
- (c) là các thành phần dòng áp đối với bộ chỉnh lưu tích cực với  $\cos \varphi = 1$

(d) là các thành phần dòng áp đối với bộ chỉnh lưu tích cực với  $\cos \varphi = -1$  tức là ở chế độ nghịch lưu ( $P < 0$ )

- và  $U_L$  là vector điện áp lưới,
- $U_S$  là vector điện áp bộ chỉnh lưu
- $I_S$  là vector dòng điện lưới
- $R$  là điện trở của cuộn dây
- $L$  là điện cảm của cuộn dây

## 2 MÔ TẢ TOÁN HỌC BỘ CHỈNH LƯU TÍCH CỰC

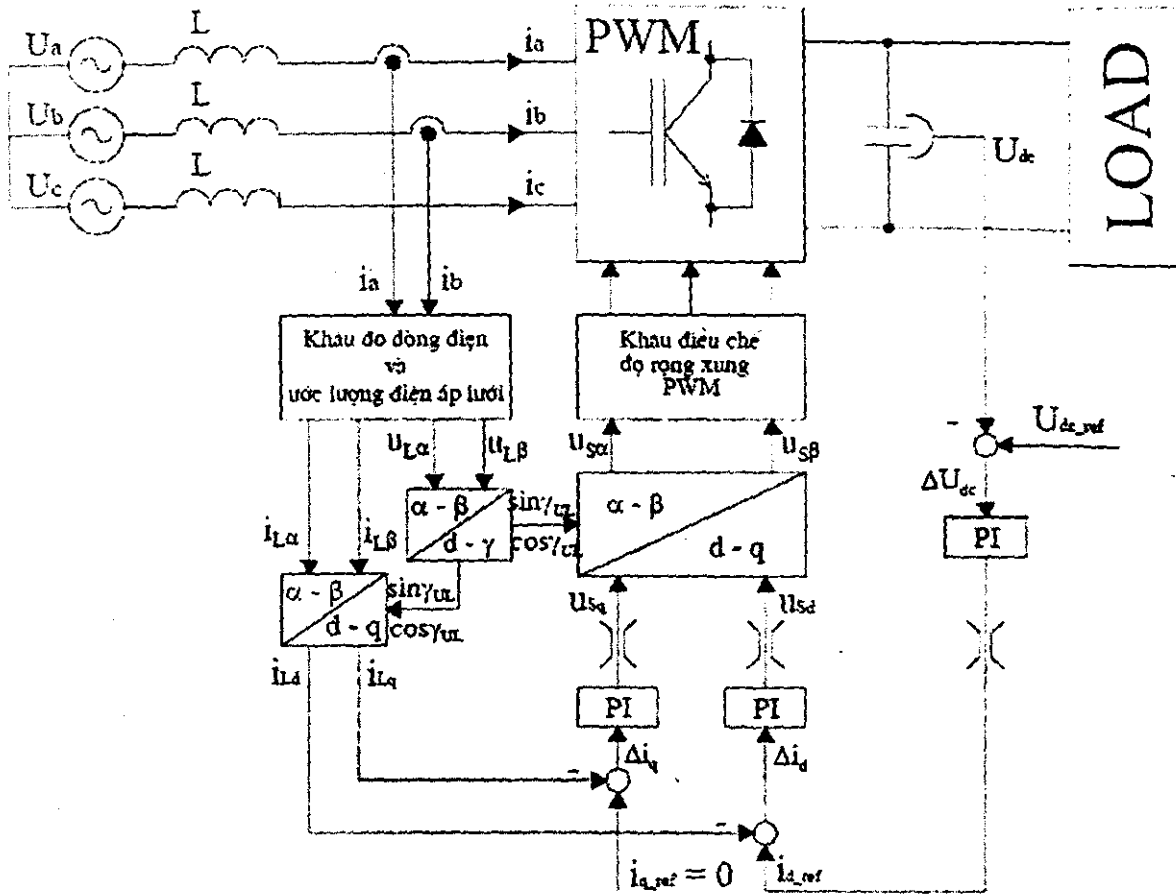
Có ba phương pháp mô tả toán học là mô tả theo hệ trục tọa độ không gian a,b,c, mô tả theo hệ trục tọa độ tĩnh  $\alpha$ - $\beta$  và mô tả theo hệ trục tọa độ quay d-q. Tùy theo yêu cầu bài toán điều khiển mà ta có thể chọn mô tả toán học theo hệ trục tọa độ nào nhưng có thể chuyển đổi giữa các hệ trục tọa độ. Theo tài liệu [2].

## 3 CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN CHO BỘ CHỈNH LƯU TÍCH CỰC THEO PHƯƠNG PHÁP VOC

Cấu trúc điều khiển gồm hai bộ điều chỉnh dòng điện và một bộ điều chỉnh điện áp một chiều.

Trong đó một bộ điều chỉnh dòng điện ngang trục với giá trị đặt  $i_{qref}=0$  tức là công suất phản kháng  $q = 0$  để đảm bảo  $\cos \varphi = 1$  và  $i_d$  được điều chỉnh theo yêu cầu về công suất tác dụng thông qua mạch vòng điều chỉnh điện áp một chiều  $U_{DC}$ .

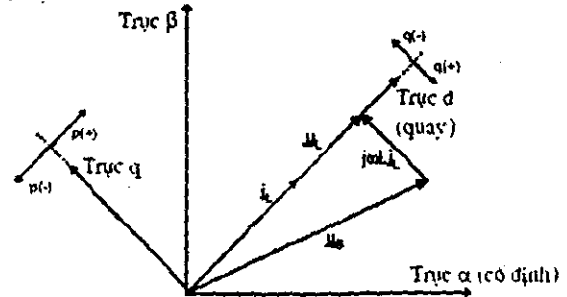
Cấu trúc điều khiển VOC (tức là điều khiển bám theo điện áp lưới) tương tự như phương pháp điều khiển FOC trong điều



Hình 3 Sơ đồ chỉnh lưu tích cực AC voltage sensorless dùng phương pháp VOC

khiến động cơ không đồng bộ. Phương pháp điều khiển này dựa trên cơ sở của sự chuyển đổi giữa hệ trục tọa độ tĩnh  $\alpha-\beta$  và hệ trục tọa độ quay  $d-q$ . Trong hệ trục tọa độ  $d-q$  thì dòng điện lưới được chia thành 2 thành phần là dọc trục và ngang trục trong đó thành phần dọc trục xác định công suất tác dụng còn thành phần ngang trục xác định công suất phản kháng, các cuộn cảm nối giữa lưới và bộ chỉnh lưu tích cực chính là khâu tích phân của mạch điện. Các cuộn cảm này tạo các đặc tính của nguồn dòng cho đầu vào mạch điện đồng thời boost điện áp cho bộ chỉnh lưu. Dòng điện lưới được điều khiển bởi điện áp rơi trên các cuộn cảm này. Áp rơi trên các cuộn cảm được quyết định bởi hai nguồn là áp lưới và áp của bộ chỉnh lưu, nó chính là chênh lệch điện áp giữa áp lưới và điện áp của bộ chỉnh lưu. Điện áp và dòng điện một chiều chính là đối tượng điều khiển, nó cũng chính là công suất tác dụng được đưa qua bộ chỉnh lưu.

Sau đây ta có sơ đồ vector biến đổi giữa hệ trục tọa độ  $d-q$  và hệ trục tọa độ  $\alpha-\beta$  như sau:



Hình 4 Sơ đồ vector của phương pháp chuyển đổi giữa hệ trục tọa độ  $\alpha-\beta$  và  $d-q$

Do bộ chỉnh lưu tích cực có thể đạt được hệ số công suất  $\cos\varphi = 1$  nên  $i_{Lq} = 0$  và giả sử điện trở toàn mạch là không đáng kể so với điện cảm của toàn mạch ta có công thức tính điện áp trong hệ trục tọa độ  $d-q$  là

$$U_{sd} = \omega L i_{Lq} + U_{Ld} + \Delta U_d$$

$$U_{sq} = -\omega L i_{Ld} + \Delta U_q$$

Trong đó  $\Delta u_d$  và  $\Delta u_q$  được xác định theo công thức sau:

$$\Delta u_d = k_p (i_d^* - i_d) + k_i \int (i_d^* - i_d) dt$$

$$\Delta u_q = k_p (i_q^* - i_q) + k_i \int (i_q^* - i_q) dt$$

Vậy sơ đồ điều khiển tách riêng từng thành phần dòng điện lưới như trên hình 5. Đặc điểm nổi bật của kiểu điều khiển dòng điện này là nó xử lý tín hiệu từ hai hệ trục tọa độ là hệ trục tĩnh  $\alpha-\beta$  và hệ tọa độ quay  $d-q$ . Giá trị đo về từ ba pha được quy đổi về hai hệ trục tọa độ kể trên đầu tiên là chuyển

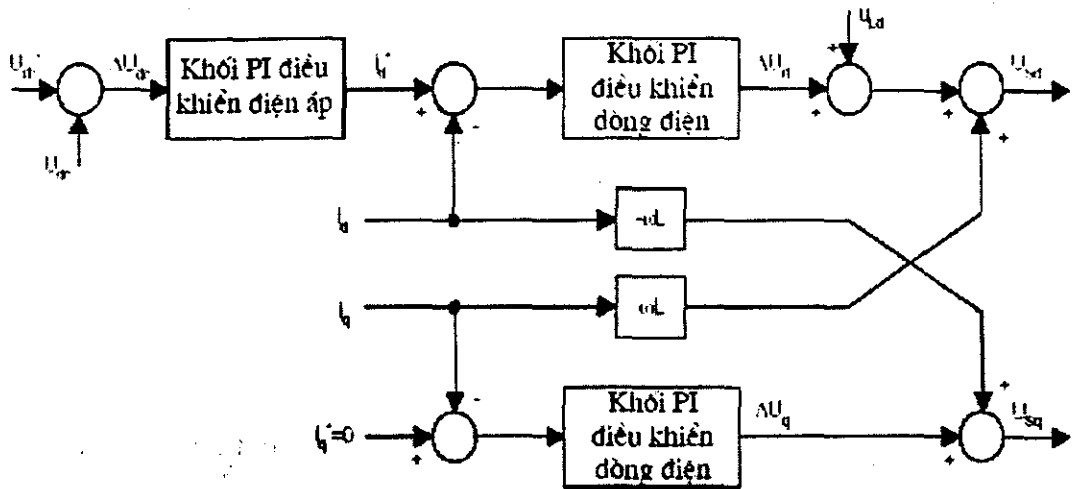
về hệ trục tọa độ  $\alpha-\beta$  sau đó từ hệ trục tọa độ  $\alpha-\beta$  quy đổi về hệ trục tọa độ  $d-q$ .

#### 4 KẾT QUẢ MÔ PHỎNG BIẾN TẦN 4Q TẠI PHÒNG THÍ NGHIỆM

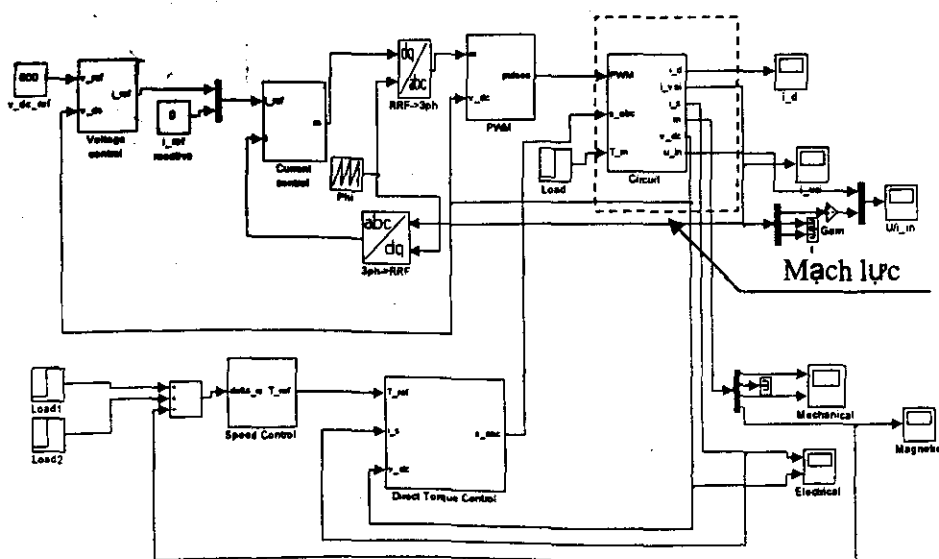
Mô phỏng hệ thống dùng chương trình mô phỏng Matlab

Các thông số dùng để mô phỏng động cơ:

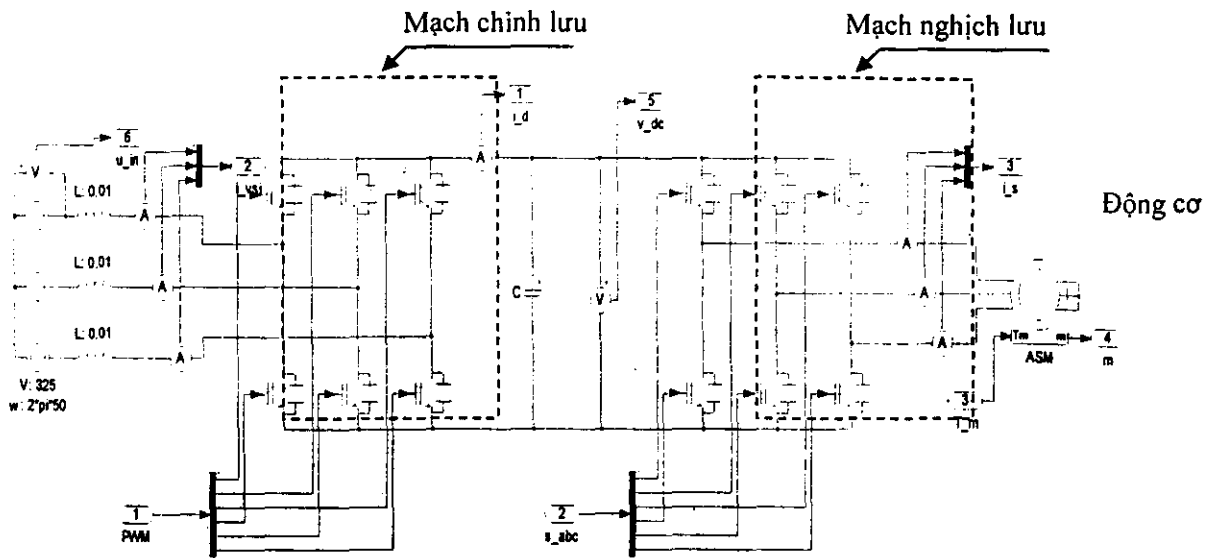
- Công suất : 20 sức ngựa tương đương 14,72kW
- Điện áp : 3 x 200V
- Tần số : 50Hz



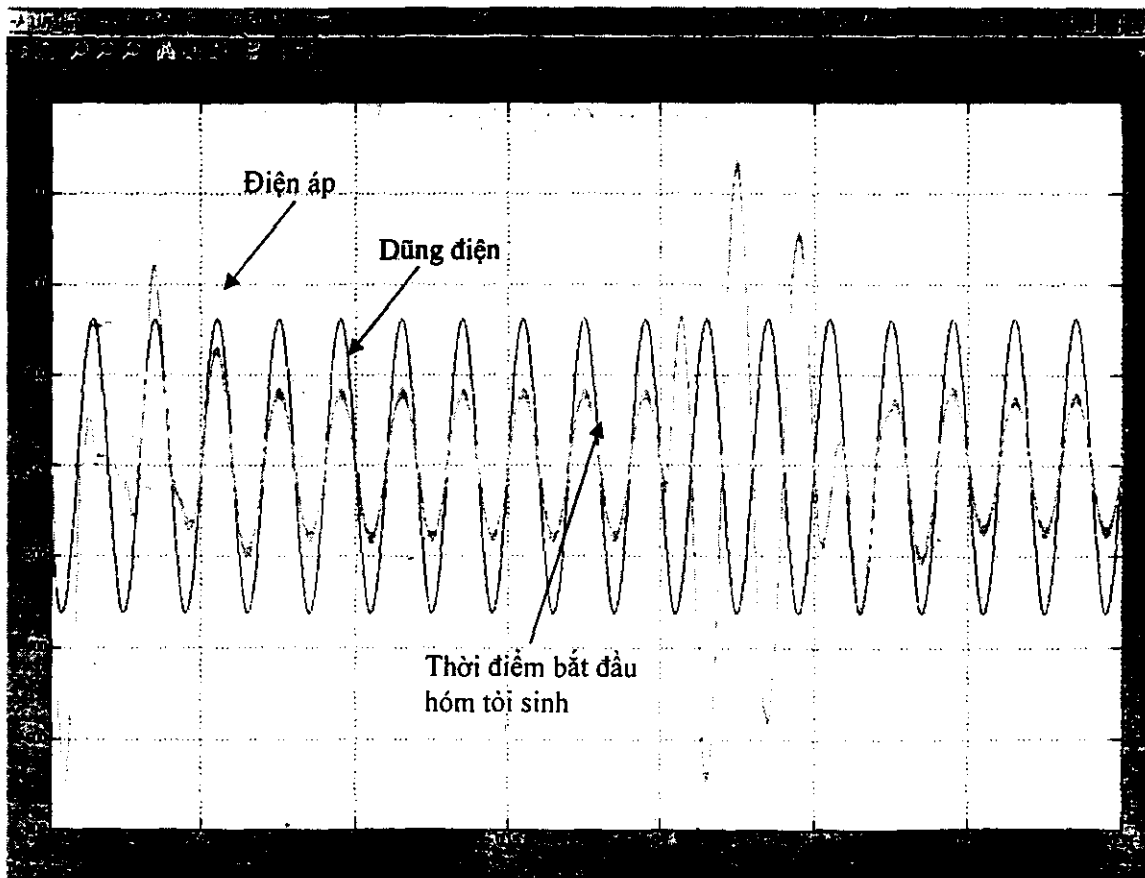
Hình 5 Cấu trúc điều khiển tách rời từng thành phần dòng điện của bộ chỉnh lưu PWM theo phương pháp VOC



Hình 6 Mạch mô phỏng biến tần 4Q

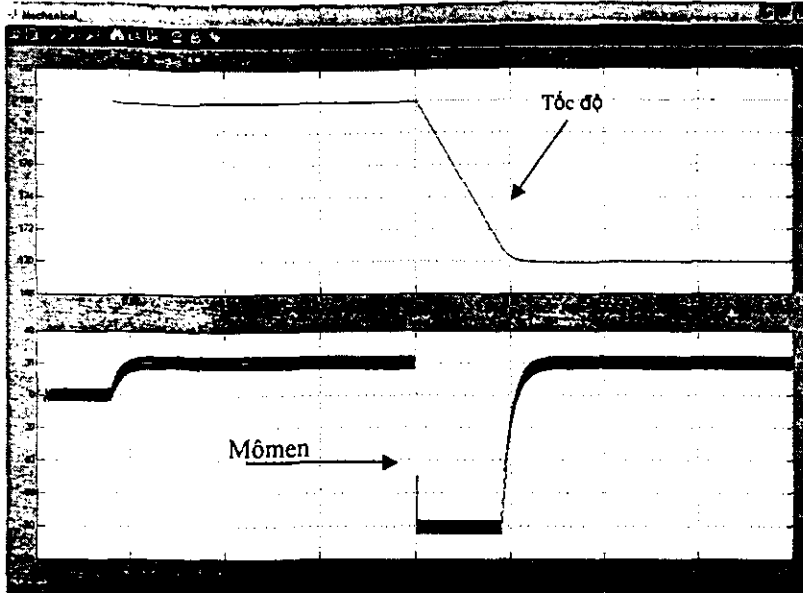


Hình 7. Mô hình mạch lực

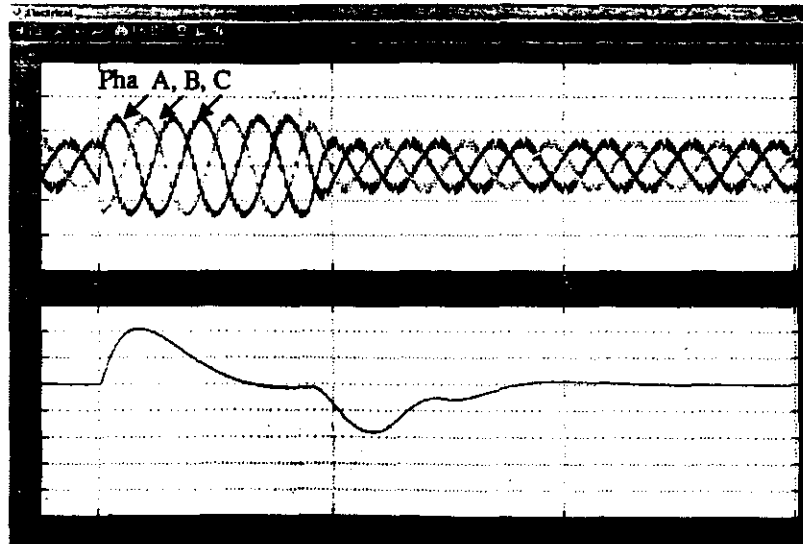


Hình 8 Dòng điện và điện áp đầu vào quá trình khởi động và hãm tái sinh

- Tốc độ định mức : 1748 v/p
- Điện trở stator  $R_s$  : 0,1062
- $R_r$  : 0,0764
- Điện cảm tản stator  $L_{ls}$  :  $0,2145/(2 \cdot \pi \cdot 60) = L_{lr}$
- Hồ cảm giữa stator và rotor  $L_m$  :  $5,834/(2 \cdot \pi \cdot 60)$
- Số đôi cực : 2
- Mô men quán tính : 0,5
- Hệ số ma sát  $F$  : 0



Hình 9 Tốc độ và mômen của động cơ



Hình 10 Dòng điện stator và điện áp một chiều trong quá trình hãm tái sinh

- Mômen định mức động cơ  $T_n$  : 80,4
- Từ thông định mức  $\Psi_{ref}$  : 0,46
- Hệ số từ trễ của mômen  $\Delta T$  :  $0,05 \cdot T_n$
- Hệ số từ trễ của từ thông  $\Delta \Psi$  :  $0,02 \cdot \Psi_{resensor}$

Mô hình mạng mô phỏng biến tần được thể hiện trên hình 6, mạch lực được thể hiện trên hình 7. Các kết quả đạt được đã được tập hợp trên các hình từ 8 đến 10.

### 5. KẾT LUẬN :

Kết quả ở trên cho thấy dòng điện đầu vào là dạng sin và đồng pha với điện áp đầu vào tức là góc  $\varphi = 0$  và khi trả năng lượng

về thì góc  $\varphi = 180^\circ$ . vậy hệ thống có khả năng trao đổi năng lượng với lưới.

Đối với các hệ thống truyền động xoay chiều, biến tần 4Q sẽ là một giải pháp kỹ thuật rất tốt với những ưu điểm nổi trội của cả bộ chỉnh lưu tích cực đặc biệt với khả năng hoạt động ở cả bốn góc phần tư và  $\cos\varphi$  bằng 1, biến tần 4Q là một giải pháp phù hợp với các loại tải truyền động có hãm tái sinh như quạt gió công nghiệp, cơ cấu nâng hạ, cầu trục, cần trục, thang máy v.v .

Tuy nhiên mỗi giải pháp đều có mặt mạnh mặt yếu. Đối với biến tần 4Q chính là giá thành cao do thiết bị chỉnh lưu là IGBT, cấu trúc điều khiển tuy đơn giản nhưng thuật điều khiển rất phức tạp và yêu cầu rất cao đối với thiết bị điều khiển cụ thể là thiết bị xử lý tín hiệu số DSP.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] *ABB Technical Guide của hãng ABB với các tập*

- 01 : *Direct Torque Control,*
- 02 : *EU Council Directives and Adjustable Speed Electrical Power Drive Systems,*
- 03 : *EMC Compliant Installation and Configuration for a Power Drive System,*
- 04 : *Guide to Variable Speed Drives*
- 06 : *Guide to Harmonic with AC Drives*
- 08 : *Electrical Braking*

[2] *Mariusz Malinowski, Sensorless control strategy for three phase PWM rectifiers*

[3] *P. Barrass, M. Cade, PWM rectifier using indirect voltage sensing.*