CHỈNH LƯU PHÍA LƯỚI TRONG HỆ BIẾN TẦN TRUYỀN ĐỘNG NHIỀU ĐỘNG CƠ

A GRID-TIE MATRIX RECTIFIER IN A MULTIPLE INVERTER-MOTOR DRIVES

ĐẶNG HỒNG HẢI

Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email liên hệ: danghonghai@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Bài báo đề cập đến các cấu trúc chỉnh lưu phía lưới trong hệ biến tần truyền động nhiều động cơ. Cấu trúc chỉnh lưu kiểu ma trận, sử dụng các van bán dẫn hai chiều có nhiều ưu điểm được phân tích chi tiết. Phương pháp PWM được áp dụng để điều chế cho chỉnh lưu kiểu ma trận nhằm đảm bảo chỉnh lưu kiểu ma trận phát huy được đầy đủ các ưu điểm như dòng đầu vào có dạng hình sin, ở tần số cơ bản dòng đầu vào và áp đầu vào trùng pha với nhau, có thể trao đổi năng lượng theo hai chiều. Các kết quả nhận được từ mô phỏng đã phản ảnh đầy đủ các ưu điểm của chỉnh lưu kiểu ma trận với phương pháp điều chế PWM.

***Từ khóa**: Hệ biến tần, chỉnh lưu kiểu ma trận, điều chế PWM.*

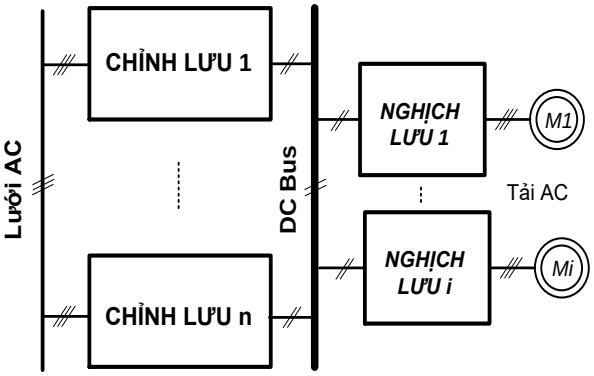
Abstract

This paper mentions the grid-tie rectifier structures in multiple inverter-motor drives. The bidirectional matrix rectifier topology using bidirectional switches with many advantages is analyzed in detail. A specific PWM method is adopted for the matrix rectifier to achieve the highest performance of the proposed structure such as a sinusoidal input waveform, unity power factor at the line frequency, bidirectional power flow ability. The simulation results verified the advantages of proposed matrix converter topology with PWM modulation method.

***Keywords**: Multiple inverter, Matrix rectifier, PWM modulation method.*

1. Đặt vấn đề

Hệ biến tần được ứng dụng trong các hệ truyền động nhiều động cơ không đồng bộ ba pha công suất lớn, từ vài trăm đến hàng nghìn KW, với các yêu cầu khác nhau về điều chỉnh tốc độ, mô men. Sơ đồ khối cấu trúc hệ biến tần truyền động nhiều động cơ được chỉ ra trên Hình 1. Hệ biến tần kiểu này có cấu trúc kiểu gián tiếp, bao gồm ba khâu chính, khâu chỉnh lưu, khâu DC bus, khâu nghịch lưu [1]. Phụ thuộc vào công suất của hệ, khâu chỉnh lưu có thể là một hay nhiều bộ chỉnh lưu mắc song song. Phụ thuộc vào số lượng động cơ cần truyền động sẽ có số lượng các khâu nghịch lưu tương ứng.

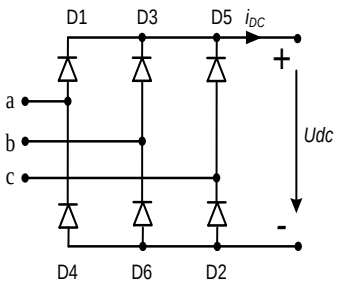


Hình 1. Sơ đồ cấu trúc hệ biến tần truyền động nhiều động cơ

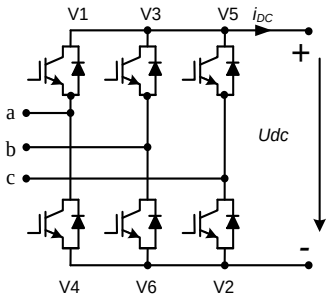
Khâu chỉnh lưu thực hiện biến đổi AC/DC, nhằm mục đích cung cấp điện áp một chiều cho DC bus, với cấp điện áp một chiều phù hợp yêu cầu của nghịch lưu. Đáp ứng được yêu cầu này, khâu chỉnh lưu có thể là một trong ba cấu trúc, gồm có chỉnh lưu không điều khiển, chỉnh lưu tích cực, chỉnh lưu kiểu ma trận. Chỉnh lưu không điều khiển sử dụng 6 van bán dẫn diot [2], được chỉ ra trên Hình 2, chỉnh lưu tích cực sử dụng 6 van bán dẫn IGBT [3], được chỉ ra trên Hình 3. Trong bài báo này sẽ nghiên cứu về cấu trúc mạch công suất, phương pháp điều chế PWM cho chỉnh lưu kiểu ma trận, ứng dụng trong hệ biến tần truyền động nhiều động cơ, cấu trúc chỉnh lưu kiểu ma trận được chỉ ra trên Hình 4.

2. Mạch van chỉnh lưu kiểu ma trận

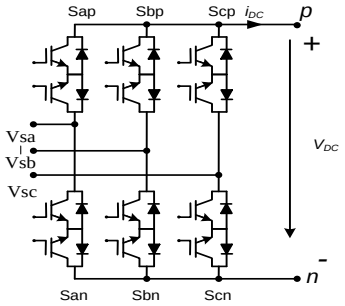
Sơ đồ cấu trúc mạch van chỉnh lưu kiểu ma trận được chỉ ra trên Hình 4 [4]. Mạch van sử dụng 6 van bán dẫn hai chiều, mắc theo sơ đồ cầu. Mỗi van bán dẫn hai chiều được tạo nên bởi hai IGBT nối theo sơ đồ emitor chung hoặc nối theo sơ đồ colector chung. Với cấu trúc nối kiểu này, van bán dẫn hai chiều cho phép dòng điện chảy theo hai chiều. Cấu trúc chỉnh lưu kiểu ma trận sử dụng van bán dẫn hai chiều có nhiều ưu điểm mà chỉnh lưu truyền thống không có được, với phương pháp điều chế phù hợp, dòng đầu vào của chỉnh lưu sẽ có dạng hình sin, ở tần số cơ bản dòng điện đầu vào và điện áp vào của chỉnh lưu trùng pha nhau, các van bán dẫn hai chiều cho phép trao đổi năng lượng theo cả hai chiều.



Hình 2. Sơ đồ mạch van chỉnh lưu không điều khiển



Hình 3. Sơ đồ mạch van chỉnh lưu tích cực



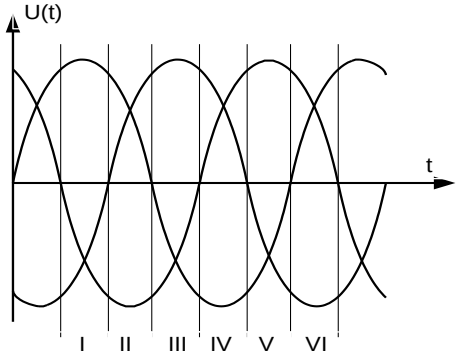
Hình 4. Sơ đồ mạch van chỉnh lưu kiểu ma trận

3. Phương pháp điều chế PWM cho chỉnh lưu kiểu ma trận

Điều chế cho chỉnh lưu kiểu ma trận là điều khiển các van bán dẫn đóng/cắt theo một quy luật nhất định, nhằm đạt mục đích điện áp một chiều đầu ra ổn định, ở tần số cơ bản dòng điện đầu vào và điện áp đầu vào của chỉnh lưu trùng pha với nhau, điều khiển được dòng năng lượng chảy theo chiều mong muốn, từ phía xoay chiều ra phía một chiều hoặc ngược lại. Hai phương pháp có thể sử dụng cho quá trình điều chế cho chỉnh lưu kiểu ma trận, phương pháp điều chế vectơ không gian (SVM) [5], phương pháp PWM [4]. Trong nghiên cứu này sử dụng phương pháp PWM để thực hiện quá trình điều chế cho chỉnh lưu kiểu ma trận.

Giả thiết các van bán dẫn là lý tưởng, tần số cắt mẫu lớn hơn rất nhiều so với tần số cơ bản của nguồn áp vào, nguồn áp đầu vào là nguồn cứng. Khi đó điện áp phía một chiều được quyết định bởi luật chuyển mạch của các van bán dẫn hai chiều và điện áp lưới, còn dòng một chiều phụ thuộc vào tải. Hệ thống điện áp ba pha đầu vào đối xứng và có dạng như biểu thức (1), Hình 5 chỉ ra hình dạng của điện áp vào:

$$\begin{cases} V_{sa} = V_m \cos\theta_a = V_m \cos(\omega_i t) \\ V_{sb} = V_m \cos\theta_b = V_m \cos(\omega_i t - \frac{2\pi}{3}) \\ V_{sa} = V_m \cos\theta_a = V_m \cos(\omega_i t + \frac{2\pi}{3}) \end{cases} \quad (1)$$



Hình 5. Các sectơ điện áp vào

Mục đích của việc điều biến cho chỉnh lưu kiểu ma trận là nhằm duy trì điện áp một chiều dương và đảm bảo ở tần số cơ bản dòng đầu vào trùng pha với điện áp đầu vào chỉnh lưu. Khi điện áp đầu vào là đối xứng, sẽ có 2 trường hợp xảy ra của điện áp lưới: Hai điện áp pha dương và một điện áp pha âm, được gọi là các sectơ chẵn (II, IV, VI), hai điện áp pha âm và một điện áp pha dương, được gọi là các sectơ lẻ (I, III, V), cả hai trường hợp này được thể hiện trên Hình 5. Các van bán dẫn của chỉnh lưu được chia thành hai nhóm, nhóm nối với cực "p" và nhóm nối với cực "n".

a. Trường hợp thứ nhất: Hai điện áp pha có giá trị dương và một điện áp pha có giá trị âm.

Giả sử rằng điện áp pha A và pha B mang giá trị dương, pha C mang giá trị âm. Có thể thấy rằng:

$$|V_{sc}| = |V_{sa}| + |V_{sb}| \quad (2)$$

Trong trường hợp này, van bán dẫn S_{cn} phải được duy trì ở trạng thái dẫn trong khi các van bán dẫn S_{ap}, S_{bp} sẽ được điều chế.

- Khi S_{ap} dẫn, điện áp một chiều bằng V_{ac} và mang giá trị dương. Tỉ số điều chế của van bán dẫn S_{ap} được xác định như biểu thức (3) dưới đây:

$$d_{ac} = -\frac{\cos\theta_a}{\cos\theta_c} \quad (3)$$

- Khi S_{bp} dẫn, điện áp một chiều bằng V_{bc} và cũng mang giá trị dương. Tỉ số điều chế của van bán dẫn S_{bp} được xác định như biểu thức (4) dưới đây:

$$d_{bc} = -\frac{\cos\theta_b}{\cos\theta_c} \quad (4)$$

Giá trị trung bình của điện áp một chiều được xác định như biểu thức (5) dưới đây:

$$V_{dc} = d_{ac}.(V_{sa} - V_{sc}) + d_{bc}.(V_{sb} - V_{sc}) \quad (5)$$

Thay (1), (3), và (4) vào (5) nhận được biểu thức (6):

$$V_{dc} = \frac{3.V_m}{2.|\cos\theta_c|} \quad (6)$$

b. Trường hợp thứ hai: Hai điện áp pha có giá trị âm và một điện áp pha có giá trị dương. Giả thiết rằng điện áp pha A và pha B mang giá trị âm, pha C mang giá trị dương. Khi đó:

$$|V_{sc}| = |V_{sa}| + |V_{sb}| \quad (7)$$

Trong trường hợp này, van bán dẫn S_{cp} phải được duy trì ở trạng thái dẫn trong khi van bán dẫn S_{an}, S_{bn} sẽ được điều chế.

- Khi S_{an} dẫn, điện áp một chiều bằng V_{ca} và mang giá trị dương. Tỉ số điều chế của van bán dẫn S_{an} được xác định như biểu thức (8):

$$d_{ac} = -\frac{\cos\theta_a}{\cos\theta_c} \quad (8)$$

- Khi S_{bn} dẫn, điện áp một chiều bằng V_{cb} và mang cũng giá trị dương. Tỉ số điều chế của van bán dẫn S_{bn} được xác định như biểu thức (9):

$$d_{bc} = -\frac{\cos\theta_b}{\cos\theta_c} \quad (9)$$

Giá trị trung bình của điện áp một chiều trong một chu kỳ trích mẫu được xác định như biểu thức (10) dưới đây:

$$V_{dc} = d_{ac}.(V_{sa} - V_{sc}) + d_{bc}.(V_{sb} - V_{sc}) \quad (10)$$

Thay (1), (8), và (9) vào (10) nhận được:

$$V_{dc} = \frac{3.V_m}{2.|\cos\theta_c|} \quad (11)$$

Thực hiện tương tự, có thể xác định được trạng thái đóng cắt của các van và tỉ số điều chế tương ứng cho tất cả các trường hợp cụ thể (từng sector) như được thể hiện trên Bảng 1. Giá trị trung bình của điện áp một chiều trong mỗi 1 chu kỳ cắt mẫu được xác định như biểu thức (12):

$$V_{dc} = \frac{3.V_m}{2.|\cos\theta_{in}|} \quad (12)$$

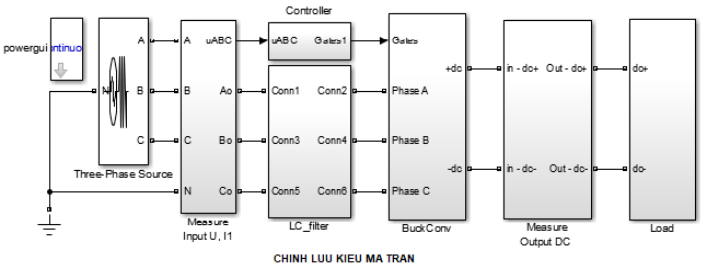
trong đó: $\cos(\theta_{in}) = \max(|\cos\theta_a|, |\cos\theta_b|, |\cos\theta_c|)$

Bảng 1. Tỉ số điều chế tương ứng với các sector

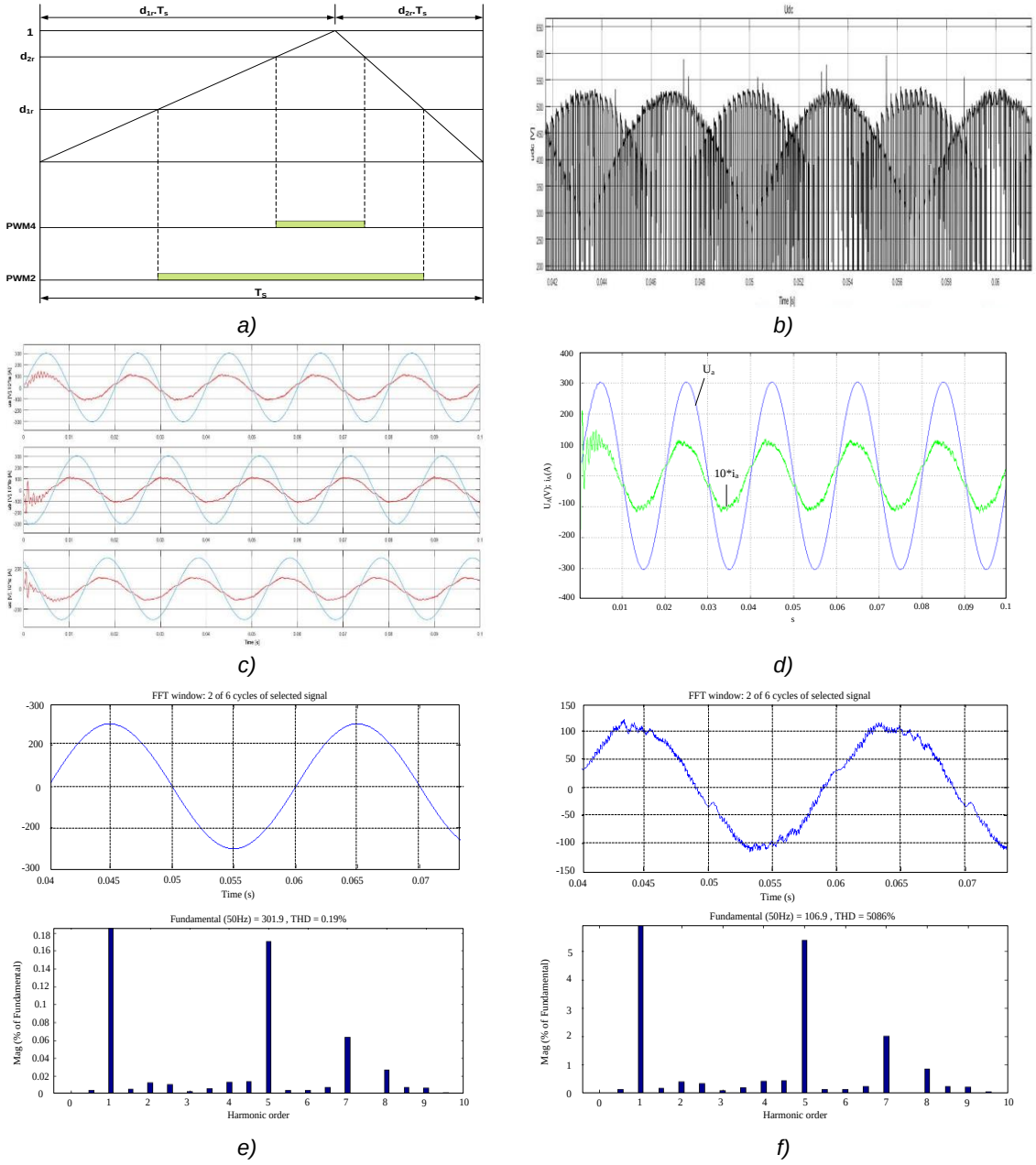
Sector	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
d_{ij}	$\frac{\cos\theta_b}{\cos\theta_a}$	$\frac{\cos\theta_b}{\cos\theta_c}$	$\frac{\cos\theta_c}{\cos\theta_b}$	$\frac{\cos\theta_c}{\cos\theta_a}$	$\frac{\cos\theta_a}{\cos\theta_c}$	$\frac{\cos\theta_a}{\cos\theta_b}$
d_{lm}	$\frac{\cos\theta_c}{\cos\theta_a}$	$\frac{\cos\theta_a}{\cos\theta_c}$	$\frac{\cos\theta_a}{\cos\theta_b}$	$\frac{\cos\theta_b}{\cos\theta_a}$	$\frac{\cos\theta_b}{\cos\theta_c}$	$\frac{\cos\theta_c}{\cos\theta_b}$

4. Mô phỏng chỉnh lưu kiểu ma trận

Chỉnh lưu kiểu ma trận được mô phỏng trên phần mềm Matlab-Simulink, sơ đồ mô phỏng được chỉ ra trên Hình 6



Hình 6. Sơ đồ mô phỏng chỉnh lưu kiểu ma trận trên Matlab



Hình 7. Kết quả mô phỏng: Tải RL, R=10Ω, L=0,02H.

a) Xung PWM, b) Điện áp đầu ra, c) Điện áp và dòng điện ba pha đầu vào, d) Điện áp và dòng điện đầu vào pha A, e) Phân tích phổ FFT của điện áp đầu vào; f) Phân tích phổ của dòng điện đầu vào

Nhận xét: Các kết quả nhận được từ mô phỏng cho thấy, khi áp dụng phương pháp điều chế PWM cho chỉnh lưu kiểu ma trận, tại tần số cơ bản (50Hz) dòng điện và điện áp đầu vào trùng pha với nhau, dòng điện đầu vào có dạng hình sin.

5. Kết luận

Qua phân tích và các kết quả nhận được từ mô phỏng cho thấy chỉnh lưu kiểu ma trận có nhiều ưu điểm hơn các chỉnh lưu truyền thống khi ứng dụng trong hệ biến tần truyền động nhiều động cơ. Các kết quả mô phỏng cho thấy phương pháp điều chế PWM dùng cho chỉnh lưu kiểu ma trận đã đảm bảo cho chỉnh lưu phát huy đầy đủ các ưu điểm của nó. Các kết quả mô phỏng tạo cơ sở cho bước tiếp theo là xây dựng mô hình thực nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Kocks krane QC, GMBH.

[2] Võ Minh Chính, Phạm Quốc Hải, Trần Trọng Minh; *Điện tử công suất*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, 2015.

[3] Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liễn, *Cơ sở truyền động điện*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, 2007.

[4] Han Ju Cha, Prasad N. Enjeti, A Three phase AC/AC High frequency link Matrix converter for VSCF Applications, Page 1971-1976, Power Electronics Specialist Conference, 2003. PESC '03.2003 IEEE 34th Annual.

[5] GUO Yougui, ZHU Jianlin and DENG Cheng, *Three Modulation Modes of SVM for AC-AC Matrix Converter*, pp. 382-386, 2008 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics.

Ngày nhận bài: 02/4/2019
Ngày nhận bản sửa: 23/4/2019
Ngày duyệt đăng: 03/5/2019