

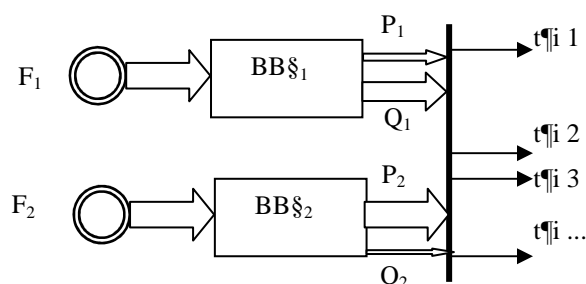
ỨNG DỤNG BỘ BIẾN ĐỔI PWM TRONG ĐIỀU KHIỂN CÔNG SUẤT GIỮA CÁC NGUỒN ĐIỆN CỤC BỘ

Ngô Đức Minh – (Trường Đại học KTCN - ĐH Thái Nguyên)

1. Đặt vấn đề

Việc nghiên cứu các bộ biến đổi PWM đang được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu mạnh trong khoảng mười năm trở lại đây và thể hiện nhiều ưu điểm vượt trội: khả năng truyền năng lượng theo cả hai hướng với $\cos\phi$ điều khiển được, dung lượng sóng hài thấp.

Trong tình hình thiếu hụt năng lượng hiện nay, nhiều nguồn điện cục bộ đang được huy động tích cực để bổ sung công suất cho lưới. Vì trong vận hành khai thác công suất từ các nguồn điện cục bộ, do tính không ổn định, tần số và công suất phát của mỗi nhà máy phụ thuộc nhiều yếu tố khách quan, như chế độ gió (phong điện); các chế độ thủy văn (thủy điện nhỏ) cần điều tiết lượng công suất phát ra từ các nhà máy vào lưới thoả mãn các yêu cầu kỹ thuật, hoặc kể cả trong trường hợp điều tiết mang tính thương mại (phân chia công suất P, Q được bán ra cho từng nhà máy điện). Nghiên cứu tính năng đặc biệt của bộ biến đổi PWM, sẽ đưa ra ứng dụng để thực hiện ý tưởng trên.



Hình 1. Sơ đồ lưới có nhận điện từ 02 nguồn điện cục bộ

Trên sơ đồ hình 1. :

- lưới cấp điện cho các phụ tải 1 ; 2 ; 3 ...;
- máy phát F_1 cấp cho lưới lượng P_1 và Q_1 ; hoặc điều chỉnh khác;
- máy phát F_2 cấp cho lưới lượng P_2 và $Q_2 = 0$; hoặc điều chỉnh khác.

Nội dung bài báo tác giả muốn thực hiện là:

- Giả thiết trên lưới (các phụ tải: tải₁ , tải₂ , tải₃) cần lượng công suất tính toán là:

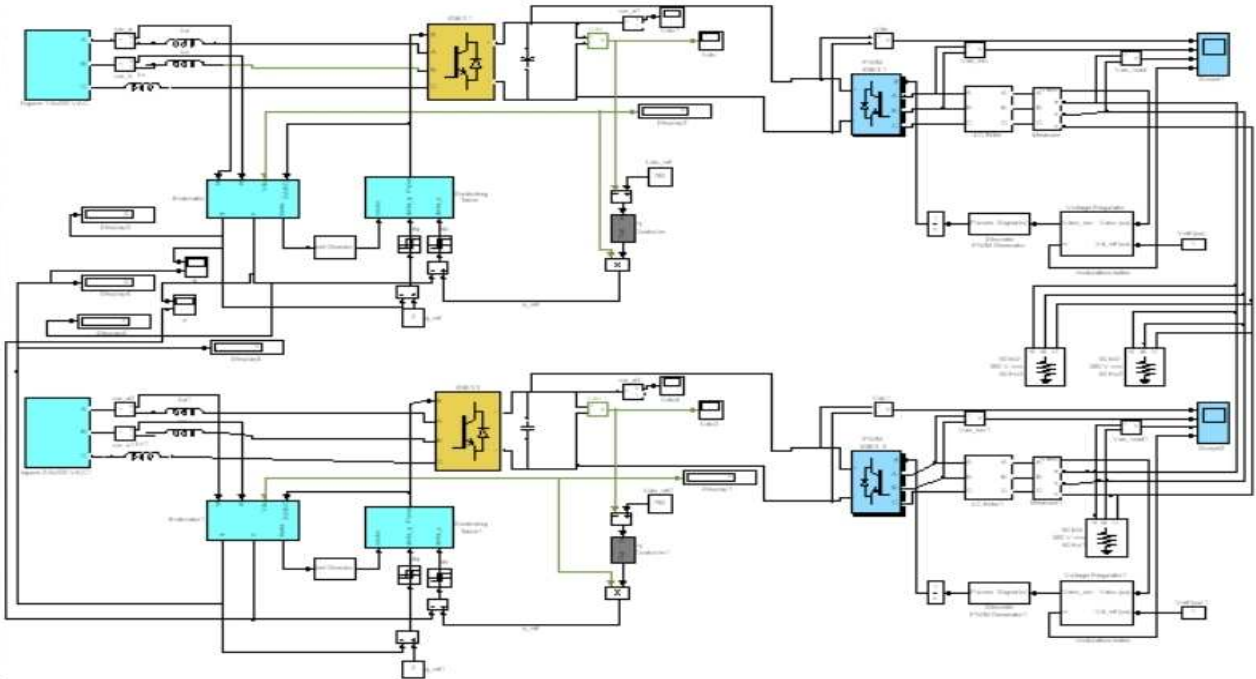
$P(kW)$ và $Q(kVAr)$

- Bộ biến đổi PWM₁ nối với nguồn F_1 , điều khiển cấp cho lưới P_1 và Q_1
- Bộ biến đổi PWM₂ nối với nguồn F_2 , điều khiển cấp cho lưới P_2 và Q_2

Yêu cầu điều khiển là: thay đổi được các giá trị: P_1 , P_2 , Q_1 , Q_2 theo ý muốn (thậm trí là một trong đại lượng trên = 0) nhưng luôn đảm bảo điều kiện:

$$P_1 + P_2 = P \quad \text{và} \quad Q_1 + Q_2 = Q$$

Để thực hiện được ý tưởng điều khiển ta xây dựng sơ đồ cấu trúc như hình 2.



Hình 2. Sơ đồ điều chỉnh công suất từ các nguồn đến hệ phụ tải sử dụng các bộ biến tần dùng PWM

2. Mô tả toán học cấu trúc điều khiển

cấu trúc sơ đồ được thể hiện trên hình 2. Trước khi đi vào vấn đề điều khiển, ta nhắc lại các mô tả toán học quen thuộc cho của từng khối: chỉnh lưu, nghịch lưu, bộ điều khiển biến tần và đưa ra các thuật toán điều khiển tương ứng.

2.1. Mô tả toán học bộ chỉnh lưu và phương pháp điều khiển

Phương trình cân bằng điện áp bộ chỉnh lưu được mô tả như sau:

$$\underline{u}_L = \underline{u}_I + \underline{u}_S \quad (1)$$

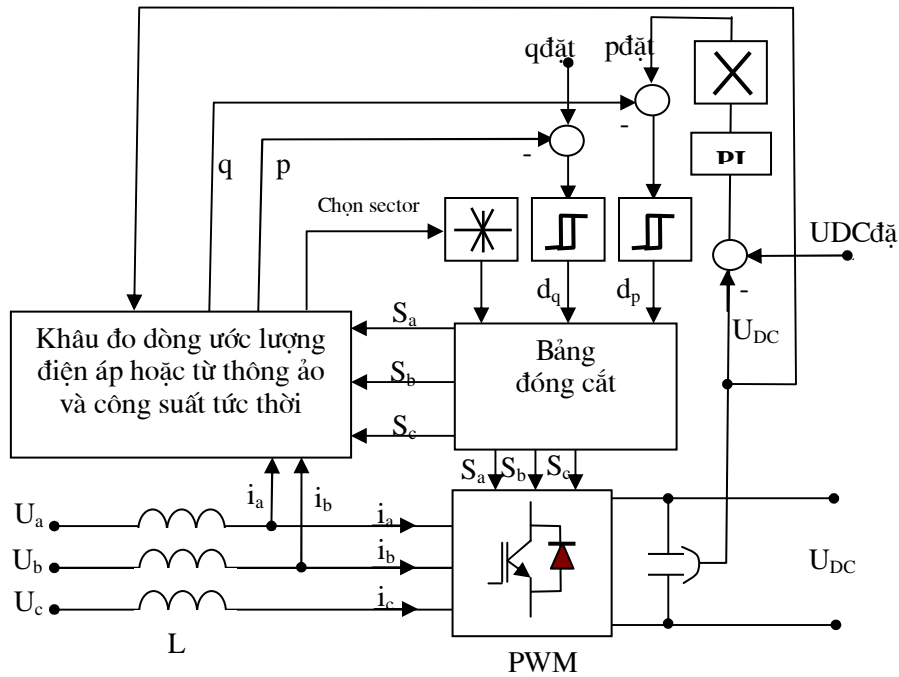
$$\underline{u}_L = R\underline{i}_L + \frac{d\underline{i}_L}{dt}L + \underline{u}_S \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + L \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{Sa} \\ u_{Sb} \\ u_{Sc} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Ngoài ra dòng điện:

$$C \frac{du_{dc}}{dt} = S_a i_a + S_b i_b + S_c i_c - i_{dc} \quad (4)$$

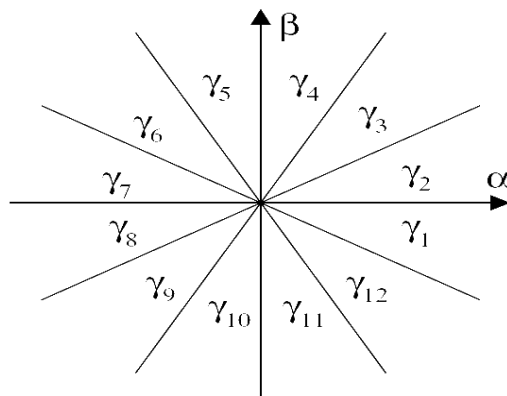
Đến nay, đã có rất nhiều phương pháp điều khiển bộ chỉnh lưu PWM như: VOC, DPC, VFVOC, VFDPDPC. để đạt được mục tiêu là điều khiển các thành phần công suất phát vào lưới từ các nguồn cục bộ, tác giả đưa ra phương pháp điều khiển DPC (điều khiển trực tiếp công suất). Sơ đồ nguyên lý được mô tả trên hình 3.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý bộ chỉnh lưu điều khiển theo phương pháp DPC

Vùng vị trí của vector hiệu điện thế và từ thông được chia thành 12 sector và các sector được biểu diễn dưới dạng số như sau:

$$(n-2)\frac{\pi}{6} \leq \gamma_n < (n-1)\frac{\pi}{6} \text{ với } n=1,2,\dots,12$$



Hình 4. Chọn sector cho phương pháp điều khiển DPC

Sau khi đã xác định được vị trí từ thông ảo thuộc sector nào, ta sẽ lựa chọn trạng thái đóng cắt tối ưu cho các van của mạch cầu chỉnh lưu nhờ vào bảng chuyển mạch:

Bảng 1: Bảng chuyển mạch cho 12 sector dùng cho phương pháp điều khiển DPC.

dp	dq	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6	Sector 7	Sector 8	Sector 9	Sector 10	Sector 11	Sector 12
1	0	101	101	100	100	110	110	010	010	011	011	001	001
	1	110	111	010	000	011	111	001	000	101	111	100	000
0	0	101	100	100	110	110	010	010	011	011	001	001	101
	1	100	110	110	010	010	011	011	001	001	101	101	100

2.2. Mô tả toán học bộ nghịch lưu:

Bộ nghịch lưu dùng để biến đổi điện áp một chiều thành xoay chiều ba pha có thể thay đổi được tần số nhờ việc thay đổi qui luật đóng cắt các van IGBT.

Điện áp tại đầu cực của mạch nghịch lưu có thể biểu diễn bằng:

$$\underline{u}_1^S = \underline{S}_w^S \cdot U_{dc} \tag{5}$$

nên ta có :

$$\begin{cases} u_{1A} = S_{wA} \cdot U_{dc} \\ u_{1B} = S_{wB} \cdot U_{dc} \\ u_{1C} = S_{wC} \cdot U_{dc} \end{cases} \tag{6}$$

Tổ hợp các trạng thái đóng ngắt của mạch nghịch lưu 3 pha ta được 8 vec tơ điện áp, trong đó có hai điện áp vec tơ không là U_0 và U_7

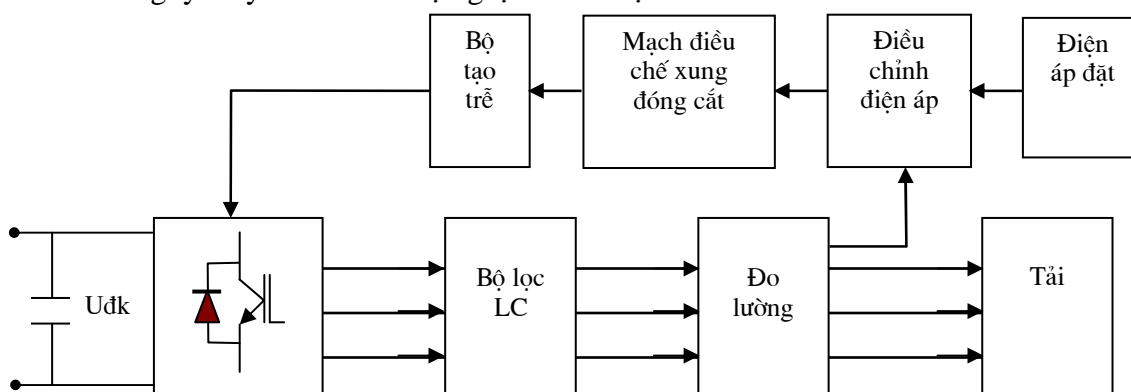
$$u_0 = S_{w0} \cdot U_{dc} \tag{7}$$

Trong đó S_{w0} là thành phần thứ tự không của hàm đóng ngắt S_w :

$$S_{w0} = \frac{1}{3}(S_{wA} + S_{wB} + S_{wC}) \tag{8}$$

Thành phần điện áp thứ tự không thông thường là có thể bỏ qua vì trong hệ thống lưới điện 3 pha 3 dây không có đường dẫn cho dòng điện thứ tự không, nên điện áp thứ tự không sẽ không tạo ra dòng điện. Tuy nhiên nếu trong trường hợp có hai bộ nghịch lưu nối song song với các điểm nối trực tiếp ở cả phía xoay chiều và một chiều sẽ gây ra dòng điện thứ tự không chạy vòng vì xuất hiện đường dẫn cho nó. Khi đó ta không thể bỏ qua dòng điện thứ tự không được.

Sơ đồ nguyên lý điều khiển bộ nghịch lưu được mô tả trên hình 5.



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý điều khiển bộ nghịch lưu

3. Điều chỉnh công suất từ các nguồn

Để điều chỉnh công suất qua bộ biến đổi PWM ta có thể thực hiện bằng một số phương pháp sau: thay đổi giá trị cuộn cảm đầu vào bộ chỉnh lưu; hoặc thay đổi thông số luật điều khiển.

3.1. Phương pháp 1: thay đổi giá trị cuộn cảm đầu vào

Thật vậy ta có công thức biểu quan hệ công suất tác dụng của bộ chỉnh lưu với giá trị điện cảm L như sau:

$$L \frac{dP}{dt} + R.P = \Phi . \Delta u_{cq} \quad (9)$$

Trong đó:

L, R: giá trị điện cảm, điện trở đầu vào bộ chỉnh lưu PWM

Φ : vectơ từ thông ảo phía lưới

Δu_{cq} : điện áp đầu ra bộ điều chỉnh dòng:

$$\Delta u_{cq} = K_p(i_{cq}^* - i_{cq}) + K_I \int (i_{cq}^* - i_{cq}).dt$$

P: công suất tác dụng

Khi mô phỏng, ta đã lý tưởng hoá khi bỏ qua giá trị điện trở R, nên phương trình (9) trở thành:

$$\begin{aligned} L \frac{dP}{dt} &= \Phi . \Delta u_{cq} \\ \Rightarrow P &= \frac{\Phi \Delta u_{cq}}{L} \int dt \end{aligned} \quad (10)$$

Quan sát (10) ta thấy giá trị điện cảm L càng lớn thì công suất tác dụng P càng giảm. Tuy nhiên, nội dung bài báo không ứng dụng điều khiển theo hướng này.

3.2. Phương pháp 2: thay đổi thông số luật điều khiển

Công suất phía lưới sẽ thay đổi khi độ rộng xung đóng cắt thay đổi, bám theo nguyên tắc này ta đi nghiên cứu các công thức toán học mô tả quan hệ giữa công suất và trạng thái đóng cắt các nhánh van để từ đó làm cơ sở thiết kế các mạch vòng điều chỉnh công suất phát ra từ các nguồn cục bộ khi phụ tải tiêu thụ yêu cầu.

* Công suất tác dụng của nguồn phát qua bộ biến đổi :

$$p = \text{Re} \{ \{ u_a . i_a + u_b . i_b + u_c . i_c \} \}$$

$$\begin{aligned} p &= \text{Re} \left\{ \left(R . i_a + L \frac{di_a}{dt} + u_{sa} \right) . i_a + \left(R . i_b + L \frac{di_b}{dt} + u_{sb} \right) . i_b + \left(R . i_c + L \frac{di_c}{dt} + u_{sc} \right) . i_c \right\} \\ &= \text{Re} \left\{ \left(R . i_a^2 + L . i_a . \frac{di_a}{dt} + f_a . U_{dc} . i_a \right) + \left(R . i_b^2 + L . i_b . \frac{di_b}{dt} + f_b . U_{dc} . i_b \right) + \left(R . i_c^2 + L . i_c . \frac{di_c}{dt} + f_c . U_{dc} . i_c \right) \right\} \end{aligned}$$

Khi bộ biến tần làm việc xác lập thì có thể xem như không có sự biến thiên về dòng điện nên $\frac{di}{dt} = 0$, ta có: $p = \text{Re} \{ (R . i_a^2 + f_a . U_{dc} . i_a) + (R . i_b^2 + f_b . U_{dc} . i_b) + (R . i_c^2 + f_c . U_{dc} . i_c) \}$

$$= \text{Re} \left\{ R \cdot I^2 \cdot (1 + e^{-j240} + e^{j240}) + \frac{U_{dc} \cdot I}{3} \left[(2s_{wa} - (s_{wb} + s_{wc})) + (2s_{wb} - (s_{wa} + s_{wc})) e^{-j120} + (2s_{wc} - (s_{wa} + s_{wb})) e^{j120} \right] \right\} = A + B \cdot f(s_{wa}, s_{wb}, s_{wc}) \quad (11a)$$

* Công suất phản kháng của nguồn phát qua bộ biến đổi :

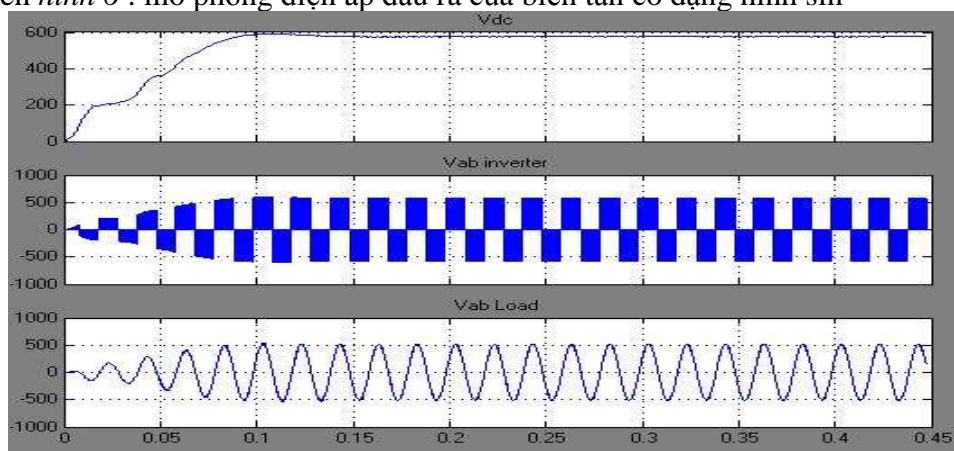
Tương tự ta có:

$$q = \text{Im} \{ [u_a \cdot i_a + u_b \cdot i_b + u_c \cdot i_c] \} = C + D \cdot f(s_{wa}, s_{wb}, s_{wc}) \quad (11b)$$

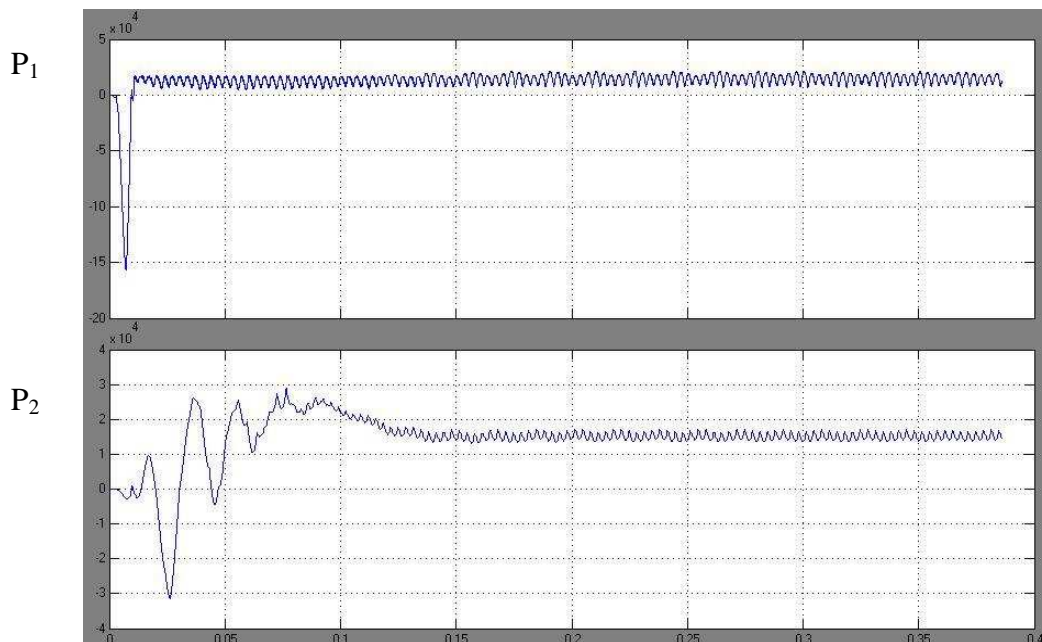
Tuy nhiên, trọng tâm bài báo chỉ ứng dụng phương pháp thứ 2.

4. Kết quả mô phỏng

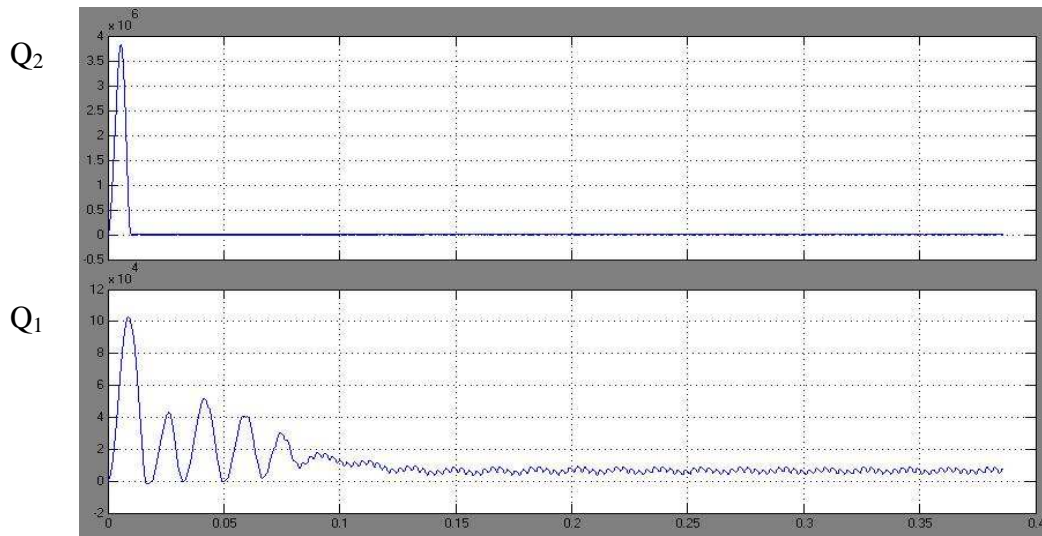
Trên hình 6 : mô phỏng điện áp đầu ra của biến tần có dạng hình sin



Hình 6. Điện áp đầu ra của biến tần ứng với thời gian đóng cắt $t_{dc} = 10^{-6} s$



Hình 7. Công suất tác dụng lưới nhận được khi thay đổi độ rộng xung



Hình 8. Công suất phản kháng lưới nhận được khi thay đổi độ rộng xung

Trên hình 7 và hình 8: cho thấy khi thay đổi thông số luật điều khiển ta điều chỉnh được các lượng công suất tác dụng và công suất phản kháng từ các nguồn cục bộ đáp ứng cho lưới yêu cầu. Điều này đúng với mô hình toán học (11a),(11b).

5. Kết luận

Kết quả mô phỏng theo Matlab, Simulink và phần mềm Plecs, hoàn toàn đã chứng tỏ có thể điều khiển các lượng công suất P; Q phát ra từ các nguồn điện cục bộ cung cấp cho tải .

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu một trong những ưu điểm vượt trội của bộ biến đổi hiện đại PWM là khả năng truyền các thành phần công suất theo cả hai hướng, có điều chỉnh hệ số $\cos\phi$ theo mong muốn, được tác giả ứng dụng vào điều khiển công suất giữa các nguồn điện cục bộ cung cấp năng lượng cho lưới điện chung.

Summary

This article introduces once of the salient strongpoints of modern converter PWM (pulse-width modulations) that capacity transmision elements power to two direction, to adjust coefficient of $\cos\phi$ as desire. It is appied to control power between local souces to supply for general gird by author.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Võ Minh Chính, Phạm Quốc Hải, Trần Trọng Minh. *Điện tử công suất*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội 2007.
- [2]. Abhijit D. Pathak. *MOSFET/IGBT Driver Theory and Applications*. Ixys Application Note AN-0002, 2001.
- [3]. Nguyễn Phùng Quang. *Điều khiển tự động truyền động điện xoay chiều ba pha*. Nhà xuất bản Giáo dục 1998.
- [4]. *Tạp chí tự động hoá ngày nay-Chuyên san Kỹ thuật điều khiển tự động năm 2006 và năm 2007*.
- [5]. Đại học Bách Khoa Hà Nội. *Hội nghị khoa học lần thứ 20 năm 2006*.