# MỤC LỤC

MỤC LỤC....1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ BIẾN TẦN....4
1.1. TỔNG QUAN VỀ HỆ BIẾN TẦN....4
1.1.1.Biến tần trực tiếp....4
1.1.2. Bộ biến tần gián tiếp. ....7
1.2. BIẾN TẦN NGUỒN ÁP....12
1.2.1 Sơ đồ mạch lực:....12
1.2.1 Phương pháp điều khiển : ....13
1.3. BIẾN TẦN NGUỒN DÒNG. ....14
CHƯƠNG 2 : BIẾN TẦN 4Q....16
2.1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ BIẾN TẦN 4Q....16
2.1.1 Các tồn tại của các bộ biến tần thông thường....16
2.1.2 Biến tần bốn góc phần tư (biến tần 4Q)....17
2.2. CẤU TẠO MẠCH LỰC BIẾN TẦN 4Q....19
2.2.1. Cấu trúc mạch lực của chỉnh lưu PWM....20
2.2.2. Điều kiện để chỉnh lưu PWM hoạt động: ....21
2.2.3. Giản đồ vectơ....22
2.2.4. Các trạng thái chuyển mạch của bộ biến đổi PWM....23
2.3 CHỈNH LƯU PWM CHO BIẾN TẦN 4Q....24
2.3.1 Tổng quan về chỉnh lưu PWM. ....24
2.3.2. Mô tả toán học chỉnh lưu PWM....25
2.3.3. Phương pháp điều khiển chỉnh lưu PWM....32
2.3.4. Cấu trúc điều khiển chỉnh lưu PWM ....32
2.4 ĐIỀU CHẾ VECTOR KHÔNG GIAN CHO BIẾN TẦN 4Q ....37
2.4.1.Nguyên lý của phương pháp điều chế vector không gian....39
2.4.2.Thời gian đóng cắt van bán dẫn....43
CHƯƠNG 3 : MÔ PHỎNG BIẾN TẦN 4Q....48
3.1 : MÔ PHỎNG PHÍA CHỈNH LƯU....48
3.2. MÔ PHỎNG NGHỊCH LƯU. ....55
3.3.MÔ PHỎNG BIẾN TẦN 4Q ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA62
KẾT LUẬN....68
TÀI LIỆU THAM KHẢO....69

# LỜI MỞ ĐẦU

Điện - Điện tử là một ngành không thể thiếu trong cuộc sống hiện đại ngày nay. Nó có mặt trong hầu hết các lĩnh vực trong cuộc sống từ sinh hoạt thường ngày đến những nhà máy xi nghiệp, sản xuất và kinh doanh. Điện là yếu tố chủ lực trong các ngành kinh tế mũi nhọn của đất nước. Tuy nhiên diện vẫn là yếu tố " tĩnh", yếu tố con người mới là yếu tố quyết dịnh. Để sử dụng năng lượng điện đạt hiệu quả thì cần có các phương pháp hợp lý từ khâu khai thác đến khâu sử dụng. Các phương pháp được biểu hiện qua các thiết bị sảng xuất và tiêu thụ điện năng. Các thiết bị được chế tạo nhằm phục vụ lợi ích con người do vậy các thiết bị này có những ưu nhược điểm không thể tránh khỏi và cũng có quá trình phát triển theo xu hướng kế thừa và phủ định cái đi trước. Cuộc sống phát triển nhanh do một phần đóng góp của yếu tố điện năng, Ngược lại các yếu tố phát triển trong cuộc sống như nhu cầu con người ngày càng cao, yêu cầu chát lượng điện trong công nghiệp, trình độ kỹ thuật, sự phát triển của vi xử lý,… vv lại là tiền đề co sự phát triển của công nghiệp điện năng.

Sau quá trình rèn luyện và học tập nghiêm tại trường Đại học Hàng Hải, được sự dẫn dắt chỉ bảo nhiệt tình cả các thầy cô trong khoa Điện – Điện tử tàu biển em đã có đượ cho mình những kiến thức cơ bản về điện Kỹ thuật là cơ sở cho công việc sau này. Kết thúc thời gian học tập tại trường em được giao đề tài tốt nghiệp:

"NGHIÊN CỨU BIẾN TẦN 4Q". Dưới sự hướng dẫn và chỉ bảo nhiệt tình của giáo viên hướng dẫn **GS TSKH Thân Ngọc Hoàn** đồng thời qua tài liệu tham khảo và nền tảng kiến thức về điện kỹ thuật em đã hoàn thành nhiệm vụ tốt nghiệp. Nội dung của đồ án được trình bày qua 3 chương:

**-Chương 1. Tổng quan về hệ biến tần**

Chương này giới thiệu tổng quát về biến tần: Các loại biến tần, quá trình phát triển của các họ biến tần, ưu nhược điểm các loại biến tần…., là cơ sở lý thuyết để thực hiện các chương sau.

**-Chương 2. Biến tần 4Q**

Chương này đi sâu nghin cấu về biến tần 4Q về cấu tạo, nguyên lý hoạt động cũng như các phương pháp điều chế vector không gian và phương pháp chỉnh

lưu tích cực PWM. So sánh các ưu nhược điểm. đưa ra được phương pháp điều khiển chính xác. Trực quan.

**-Chương 3. Mô phỏng biến tần 4Q**

Ở chương 3 này ta đi tiến hành mô phỏng biến tần biến 4Q bằng phần mềm Matlab. Sau thời gian dài làm việc miệt mài em đã đưa ra được kết quả mô phỏng nhằm đánh giá khả năng làm việc của biến tần 4Q từ đó đưa ra được những nhật xét, đúc rút kinh nghiệm khi làm việc với biến tần 4Q.

Nội dung của ba chương đồ án tốt nghiệp là sự đúc kết sau quá trình học tập tại trương. Đồ án đã thẻ hiện được ý thưởng của em về một vài khía cạnh của vấn đề. Bên cạnh đó nội dung đồ án em làm vẫn không thể tránh khỏi sai sót. Em rất mong nhận được sự nhật xét quý báu của các thầy cô.

Em xin chân thành cảm ơn!

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Thành Tâm

# CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ BIẾN TẦN

## 1.1. TỔNG QUAN VỀ HỆ BIẾN TẦN

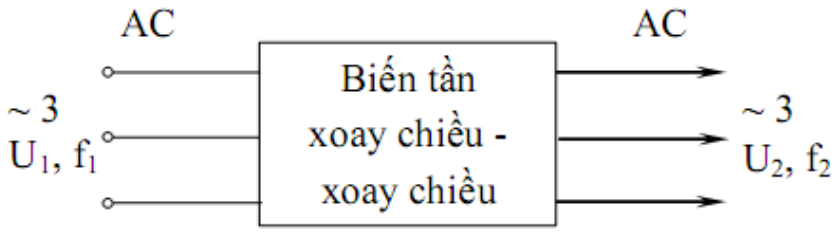
Bộ biến đổi tần số hay còn gọi là bộ biến tần là thiết bị biến đổi dòng điện xoay chiều ở tần số này sang dòng điện xoay chiều ở tần số khác mà có thể thay đổi được. Đối với các bộ biến tần dùng trong biến đổi động cơ xoay chiều thì ngoài việc biến đổi tần số thì còn biến đổi điện áp ra khác với điện áp lưới cấp vào bộ biến tần

Bộ biến tần được chia làm 2 loại là :

- Biến tần máy điện
- Biến tần van

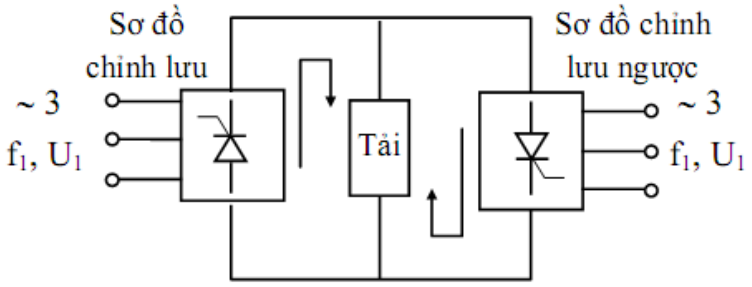
### 1.1.1.Biến tần trực tiếp

Cấu trúc của thiết bị biến tần trực tiếp như trên hình 1.1. Bộ biến đổi này chỉ dùng một khâu biến đổi là có thể biến đổi nguồn điện xoay chiều có điện áp và tần số không đổi thành điện áp xoay chiều có điện áp và tần số điều chỉnh được. Do quá trình biến đổi không phải qua khâu trung gian nên được gọi là bộ biến tần trực tiếp, còn được gọi là bộ biến đổi sóng cố định (Cycloconverter).




**Hình 1.1:** Thiết bị biến tần trực tiếp

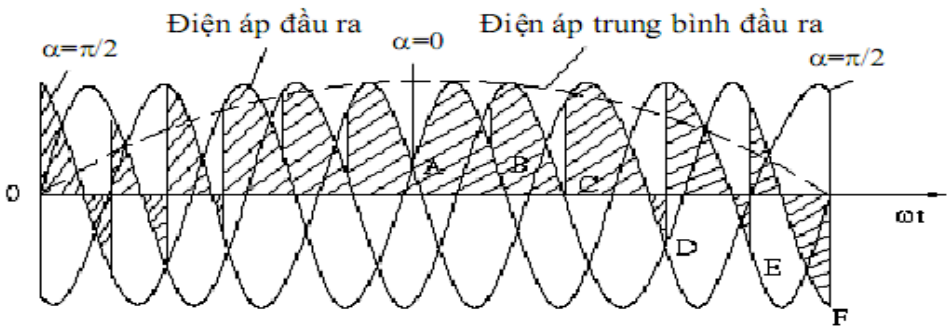
Mỗi một pha đầu ra của bộ biến tần trực tiếp đều được tạo bởi mạch điện mắc song song ngược hai sơ đồ chỉnh lưu tiristor (hình 1.2).




**Hình 1.2:** Sơ đồ nguyên lý bộ biến tần trực tiếp

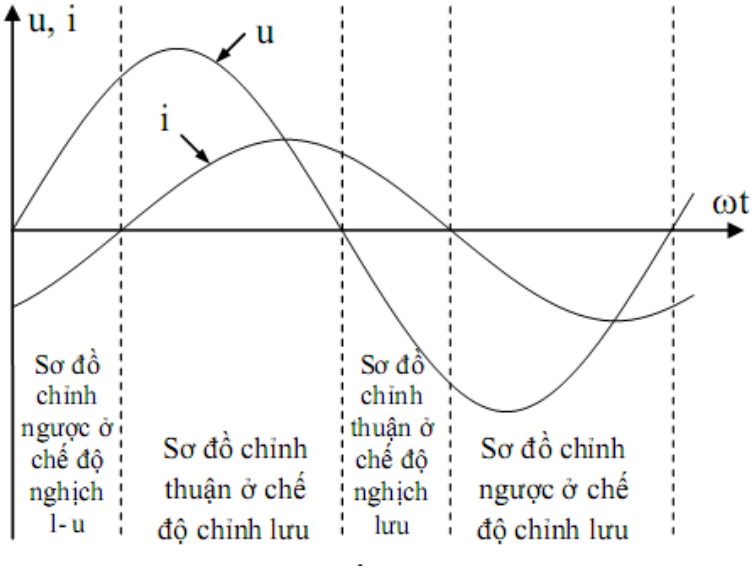
Hai sơ đồ chỉnh lưu thuận ngược lần lượt được điều khiển làm việc theo chu kỳ nhất định. Trên phụ tải sẽ nhận được điện áp ra xoay chiều ut. Biên độ của nó phụ thuộc vào góc điều khiển $\alpha$, còn tần số của nó phụ thuộc vào tần số khống chế quá trình chuyển đổi sự làm việc của hai sơ đồ chỉnh lưu mắc song song ngược. Nếu góc điều khiển $\alpha$ không thay đổi thì điện áp trung bình đầu ra có giá trị không đổi trong mỗi nửa chu kỳ điện áp đầu ra. Muốn nhận được điện áp đầu ra có dạng gần hình sin hơn cần phải liên tục thay đổi góc điều khiển các van của mỗi sơ đồ chỉnh lưu trong thời gian làm việc của nó (mỗi nửa chu kỳ điện áp ra); chẳng hạn ở nửa chu kỳ làm việc của sơ đồ thuận, thực hiện thay đổi góc điều khiển α từ л/2 (ứng với điện áp trung bình bằng không) giảm dần tới 0 (ứng với điện áp trung bình là cực đại), sau đó lại tăng dần α từ 0 lên tới л/2 thì điện áp trung bình đầu ra của sơ đồ chỉnh lưu lại từ giá trị cực đại giảm về 0, tức là làm cho góc α thay đổi trong phạm vi л/2 ÷ 0 ÷ л/2, để điện áp biến đổi theo quy luật gần hình sin, như trên hình 2.3. Trong đó, tại điểm A có α = 0, điện áp chỉnh lưu trung bình cực đại, sau đó tại các điểm B, C, D, E góc α tăng dần lên, điện áp trung bình giảm xuống dần, cho đến điểm F với α = л/2 điện áp trung bình là 0. Điện áp trung bình trong nửa chu kỳ là hình sin trong hình vẽ thể hiện bằng nét đứt. Sự điều khiển sơ đồ ngược trong nửa chu kỳ âm điện áp ra cũng tương tự như thế.

Trên đây đã phân tích đầu ra một pha biến tần xoay chiều - xoay chiều (trực tiếp), đối với phụ tải ba pha, hai pha khác cũng dùng mạch điện đảo chiều mắc song song




**Hình 1.3:** Đồ thị điện áp đầu ra của thiết bị biến tần xoay chiều-xoay chiều hình sin

ngược, điện áp trung bình đầu ra có góc pha lệch nhau 1200. Như vậy, nếu mỗi một sơ đồ chỉnh lưu đều dùng loại sơ đồ cầu ba pha thì bộ biến tần ba pha sẽ cần tổng cộng tới 36 tiristor (mỗi nhánh cầu chỉ dùng một tiristor), nếu dùng loại sơ đồ tia ba pha, cũng phải dùng tới 18 tiristor. Vì vậy thiết bị biến tần trực tiếp tuy về mặt cấu trúc chỉ dùng một khâu biến đổi, nhưng số lượng linh kiện lại tăng lên rất nhiều, kích thước tổng tăng lên rất lớn. Do những thiết bị này đều tương tự như thiết bị của bộ biến đổi có đảo dòng thường dùng trong hệ thống điều tốc một chiều có đảo chiều nên quá trình




**Hình 1.4:** Sóng hài bậc nhất dòng, áp trên tải và các chế độ làm việc của các khâu trong biến tần trực tiếp

chuyển mạch chiều dòng điện được thực hiện giống như trong sơ đồ chỉnh lưu có điều khiển (chuyển mạch tự nhiên), đối với các linh kiện không có các yêu cầu gì đặc biệt. Ngoài ra, từ hình 1.3 có thể thấy, khi điện áp đổi chiều đồ thị hình sin của điện áp nguồn cũng có thể biến đổi theo rất nhanh chóng, vì vậy tần số đầu ra lớn nhất cũng không vượt quá 1/3 ÷ 1/2 tần số lưới điện (tuỳ theo số pha chỉnh lưu), nếu không, đồ thị đầu ra sẽ thay đổi rất lớn, sẽ ảnh hưởng tới sự làm việc bình thường của hệ thống điều tốc biến tần. Do số lượng linh kiện tăng lên nhiều, tần số đầu ra giảm xuống, phạm vi thay đổi tần số đầu ra của bộ biến tần hẹp (vì cũng bị gới hạn cả tần số thấp nhất) nên hệ điều tốc này ít được dùng, chỉ trong một số lĩnh vực công suất lớn và cần tốc độ làm việc thấp, chẳng hạn như máy cán thép, máy nghiền bi, lò xi măng, .... những loại máy này khi dùng

động cơ tốc độ thấp được cấp điện bởi biến tần trực tiếp có thể loại bỏ được hộp giảm tốc rất cồng kềnh và thường dùng tiristor mắc song song mới thoả mãn được yêu cầu công suất đầu ra. Bộ biến tần trực tiếp tuy có một số nhược điểm là số lượng phần tử nhiều, phạm vi thay đổi tần số không rộng, chất lượng điện áp ra thấp, nhưng có ưu điểm là hiệu suất cao hơn so với các bộ biến tần gián tiếp, điều này đặc biệt có ý nghĩa khi công suất hệ thống điều tốc cực lớn (các hệ thống dùng động cơ công suất đến 16.000 KW). Trên đồ thị dạng sóng (hình 1.4) ta thấy công suất tức thời của biến tần bao gồm có bốn giai đoạn. Trong hai khoảng ta có tích điện áp và dòng điện của biến tần dương, biến tần lấy công suất từ lưới cung cấp cho tải. Trong hai khoảng còn lại ta có tích giữa điện áp và dòng điện trong biến tần âm nên biến tần biến đổi cung cấp lại công suất cho lưới.

### 1.1.2. Bộ biến tần gián tiếp.

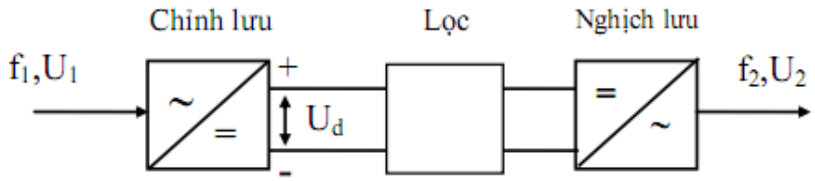
Bộ biến tần trực tiếp có ưu điểm là có thể thiết kế với một công suất khá lớn ở đầu ra và hiệu suất cao, nhưng có một số nhược điểm sau:

+ Chỉ có tạo ra điện áp xoay chiều đầu ra với tần số thấp hơn tần số điện áp lưới.

+ Khó điều khiển ở tần số cận không vì khi đó tổn hao sóng hài trong động cơ khá lớn.

+ Độ tinh và độ chính xác trong điều khiển không cao.

+ Sóng điện áp đầu ra khác xa hình sin.

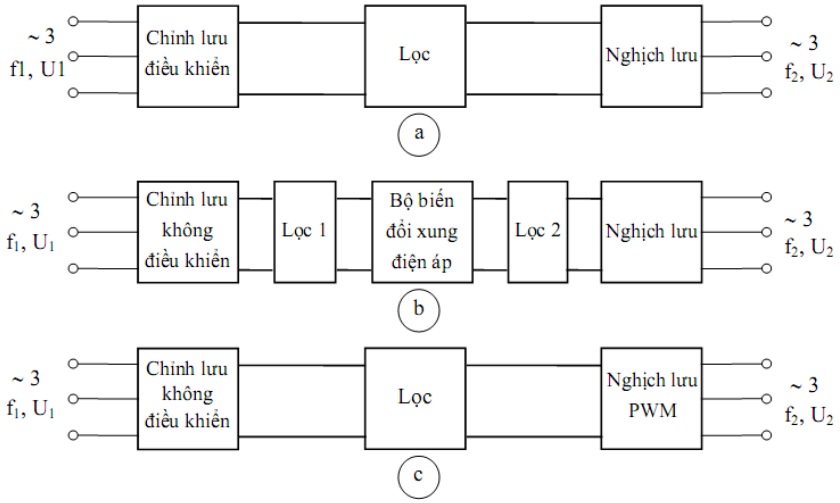



**Hình 1.5:** Thiết bị biến tần gián tiếp

Chính vì những đặc điểm trên mà một loại biến tần khác được đưa ra để nâng cao chất lượng hệ truyền động biến tần - động cơ xoay chiều, đó là biến tần gián tiếp. Bộ biến tần gián tiếp cho phép khắc phục những nhược điểm của bộ biến tần trực tiếp ở trên.

***a. Thiết bị biến tần gián tiếp dùng chỉnh lưu điều khiển***

Bộ biến tần này có cấu trúc như trên hình 1.6a, điện áp xoay chiều lưới điện được biến đổi thành điện áp một chiều có điều chỉnh nhờ chỉnh lưu điều khiển tiristor, khâu lọc có thể là bộ lọc điện dung hoặc điện cảm phụ thuộc vào dạng nghịch lưu yêu cầu, khối nghịch lưu có thể sử dụng các tiristor hoặc transistor. Việc điều chỉnh giá trị điện áp ra U2 được thực hiện bằng việc điều khiển góc điều khiển bộ chỉnh lưu, việc điều chỉnh tần số tiến hành bởi khâu nghịch lưu, tuy nhiên quá trình điều khiển được phối hợp trên cùng một mạch điện điều khiển. Cấu trúc của bộ biến tần loại này đơn giản, dễ điều khiển nhưng do khâu biến đổi điện áp xoay chiều thành một chiều (đầu vào) sử dụng chỉnh lưu điều khiển tiristor nên khi điện áp ra thấp thì hệ số công suất giảm thấp; khâu biến đổi điện áp hoặc dòng điện một chiều thành xoay chiều (đầu ra) thường dùng nghịch áp 3 pha bằng tiristor nên sóng hài bậc cao trong điện áp xoay chiều đầu ra thường có biên độ khá lớn. Đây là nhược điểm chủ yếu của loại bộ biến tần này.




**Hình 1.6:** Bộ biến tần gián tiếp có khâu trung gian một chiều

***b. Biến tần dùng chỉnh lưu không điều khiển có thêm bộ biến đổi xung điện áp***

Bộ biến tần xoay gián tiếp dùng bộ chỉnh lưu không điều khiển kết hợp với bộ biến đổi xung điện áp một chiều để điều chỉnh điện áp một chiều ở đầu vào khối nghịch lưu được biểu diễn trên hình 1.6b.

Việc biến đổi điện áp xoay chiều thành một chiều để cấp cho khối nghịch lưu sử dụng bộ chỉnh lưu điôt không điều khiển. Khối nghịch lưu chỉ có nhiệm vụ biến đổi điện áp một chiều thành xoay chiều với tần số điều chỉnh được mà không có khả năng điều chỉnh điện áp ra của nghịch lưu nên giữa khối chỉnh lưu và nghịch lưu bố trí thêm bộ biến đổi xung điện áp một chiều để điều chỉnh giá trị điện áp một chiều cấp cho nghịch lưu nhằm thực hiện nhiệm vụ điều chỉnh giá trị hiệu dụng điện áp xoay chiều đầu ra nghịch lưu U2. Mặc dù bộ biến tần này đã phải thêm một khâu (chưa kể phải thêm khâu lọc) nhưng hệ số công suất đầu vào khá cao, khắc phục được nhược điểm của bộ biến tần thứ nhất trên hình 1.6a. Khối nghịch lưu đầu ra không thay đổi nên vẫn tồn tại nhược điểm là các sóng hài bậc cao có biên độ khá lớn.

***c. Bộ biến tần dùng bộ chỉnh lưu không điều khiển với bộ nghịch lưu PWM***

Như trên đã trình bày, trong hệ thống điều tốc biến tần áp dụng phương pháp điều chỉnh tỷ số điện áp-tần số không đổi, khi sử dụng biến tần gián tiếp dùng tiristor thì việc điều chỉnh điện áp và tần số được thực hiện riêng ở hai khâu: điều chỉnh tần số ở khâu nghịch lưu, còn điều chỉnh điện áp thực hiện ở khâu chỉnh lưu, điều này đã kéo theo một loạt vấn đề. Các vấn đề đó là:

- Mạch điện chính có 2 khâu công suất điều khiển được, nghĩa là khá phức tạp;
- Do khâu một chiều trung gian có bộ lọc bằng tụ lọc hoặc điện kháng với quán tính lớn, làm cho tính thích nghi trạng thái động của hệ thống thường bị chậm trễ;
- Do bộ chỉnh lưu có điều khiển làm cho hệ số công suất của nguồn điện cung cấp giảm nhỏ khi công suất đầu ra giảm xuống theo sự thay đổi chế độ làm việc của hệ điều tốc, đồng thời làm tăng sóng hài bậc cao trong dòng điện nguồn;

- Đầu ra của bộ nghịch lưu là điện áp (dòng điện) có dạng khác xa hình sin, tạo ra nhiều sóng hài bậc cao trong dòng điện động cơ, dẫn tới mô men biến động khá lớn ảnh hưởng tới tính ổn định làm việc của động cơ, đặc biệt khi ở tốc độ thấp. Vì vậy các thiết bị biến tần do các linh kiện điện tử công suất dạng tiristor không thể đáp ứng được những yêu cầu đối với những hệ thống điều tốc biến tần hiện đại. Sự xuất hiện các linh kiện điện tử công suất điều khiển hoàn toàn (GTO, IGBT, ...) cùng với sự phát triển của kỹ thuật vi điện tử đã tạo ra được các điều kiện tốt để giải quyết vấn đề này.

Năm 1964 A. Schönung và một số đồng nghiệp người Đức đã đưa ra ý tưởng biến tần điều chế độ rộng xung, họ ứng dụng kỹ thuật điều chế trong hệ thống thông tin vào việc điều chế điện áp ra của biến tần. Bộ biến tần PWM ứng dụng kỹ thuật này về cơ bản đã giải quyết được vấn đề tồn tại trong bộ biến tần thông thường dùng tiristor, tạo điều kiện cho sự phát triển lĩnh vực mới là hệ thống điều tốc dòng điện xoay chiều cận đại. Hình 1.6c giới thiệu cấu trúc bộ biến tần PWM, bộ biến tần này vẫn là bộ biến tần gián tiếp có khâu trung gian một chiều, chỉ khác là khâu chỉnh lưu chỉ cần là chỉnh lưu không điều khiển, điện áp ra của nó sau khi đi qua bộ lọc C (hoặc L-C) cho điện áp một chiều có giá trị không đổi dùng để cấp cho khâu nghịch lưu, linh kiện đóng mở công suất trong khâu nghịch lưu là các phần tử điều khiển hoàn toàn và được điều khiển đóng cắt với tần số khá cao, tạo nên trên đầu ra một loạt xung hình chữ nhật với độ rộng khác nhau, còn phương pháp điều khiển quy luật phân bố thời gian và trình tự thao tác đóng - cắt (mở - khóa) chính là phương pháp điều chế độ rộng xung. ở đây, thông qua việc thay đổi độ rộng của các xung hình chữ nhật có thể điều chế giá trị biên độ điện áp của sóng cơ bản đầu ra nghịch lưu, đáp ứng yêu cầu phối hợp điều khiển tần số và điện áp của hệ điều tốc biến tần.

Đặc điểm chủ yếu của mạch điện trên hình 1.6c là :

- Mạch điện chính chỉ có một khâu công suất điều khiển được, đơn giản hoá cấu trúc, hệ số công suất của mạng điện không liên quan tới biên độ của điện áp đầu ra bộ nghịch lưu và tiến gần đến 1;

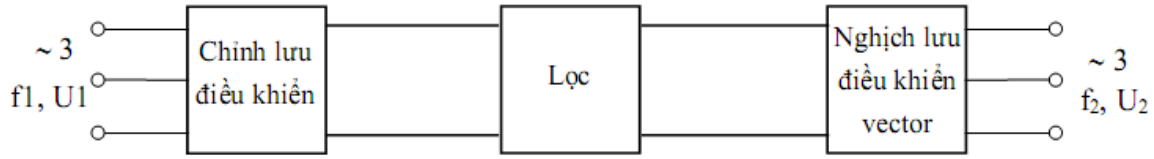
- Bộ nghịch lưu thực hiện đồng thời điều tần và điều áp, không liên quan đến tham số của linh kiện khâu trung gian một chiều, đã làm tăng độ tác động nhanh trạng thái động của hệ thống;

- Có thể nhận được đồ thị điện áp đầu ra tốt, có thể hạn chế hoặc loại bỏ được sóng hài bậc thấp, làm cho động cơ có thể việc với điện áp biến thiên gần như hình sin, biến động của mô men khá nhỏ, mở rộng rất lớn phạm vi điều chỉnh tốc độ của hệ thống truyền động.

***d. Biến tần điều khiển vector***

Với sự ra đời của các dụng bán dẫn công suất điều khiển hoàn toàn đã dẫn đến việc xuất hiện nghịch lưu điều chế độ rộng xung hình sin (SPWM) đã cải thiện một bước chất lượng điều tốc động cơ xoay chiều. Các biến tần SPWM với phương pháp điều chỉnh U1/fs=hằng số (fs là tần số sóng hài cơ bản điện áp đặt vào mạch stator động cơ, đây cũng chính là tần số f2 trong các sơ đồ hình 1.6 và 1.7) có thể cho phép điều chỉnh tốc độ động cơ xoay chiều với chất lượng dòng áp khá tốt, phạm điều chỉnh đã được mở rộng nhưng mô men cực đại bị giới hạn và chưa đáp ứng được yêu cầu cao về chất lượng tĩnh của phần lớn các hệ điều tốc. Với các hệ điều tốc vòng kín dùng biến tần gián tiếp SPWM, như là hệ điều tốc điều khiển tần số trượt chẳng hạn, đã cải thiện đáng kể chất lượng tĩnh của hệ thống điều tốc động cơ xoay chiều, tạo được đặc tính gần với hệ thống điều tốc hai mạch vòng động cơ một chiều, tuy nhiên chất lượng động của hệ thì vẫn còn xa mới đạt được như hệ thống điều tốc hai mạch vòng động cơ một chiều.

Dựa trên kết quả nghiên cứu: "Nguyên lý điều khiển định hướng từ trường động cơ không đồng bộ" do F. Blaschke của hãng Siemens Cộng hoà Liên bang Đức đưa ra vào năm 1971, và "Điều khiển biến đổi toạ độ điện áp stator động cơ cảm ứng" do P.C. Custman và A. A. Clark ở Mỹ công bố trong sáng chế phát minh của họ, qua nhiều cải tiến liên tục đã hình thành được hệ thống điều tốc biến tần điều khiển vector mà ngày nay được ứng dụng rất phổ biến.



**Hình 1.7:** Bộ biến tần điều khiển vector

Cấu trúc phổ biến phần lực của biến tần sử dụng nghịch lưu điều khiển vector (biến tần vector) được mô tả như trên hình 1.7. Về cơ bản các thiết bị phần lực của biến tần này hoàn toàn tương tự như của biến tần điều chế độ rộng xung hình sin, chỉ khác là việc điều khiển khối nghịch lưu áp dụng phương pháp điều khiển vector. Trong biến tần điều khiển vector, người ta áp dụng phép biến đổi tọa độ không gian các vector dòng, áp, từ thông động cơ từ hệ ba a-b-c pha sang hệ hai pha quay d-q, quay đồng bộ với từ trường stator của động cơ và thường chọn trục d trùng với vector từ thông rotor (điều khiển định hướng theo từ trường rotor). Thông qua phép biến đổi tọa độ không gian vector, các đại lượng dòng áp xoay chiều hình sin của động cơ trở thành đại lượng một chiều nên hoàn toàn có thể sử dụng các kết quả nghiên cứu tổng hợp hệ truyền động động cơ một chiều để thiết kế các bộ điều chỉnh. Sau đó, các đại lượng một chiều đầu ra các bộ điều chỉnh lại được biến đổi thành đại lượng xoạy chiều ba pha qua phép biến đổi ngược tọa độ để khống chế thiết bị phát xung điều khiển các van nghịch lưu. Hệ truyền động điện biến tần vector - động cơ xoay chiều được thực hiện ở dạng hệ vòng kín, với việc điều khiển định hướng theo từ trường rotor cho phép có thể duy trì được từ thông rotor không đổi (ở vùng tần số thấp hơn tần số cơ bản), thực hiện được quan hệ Er/fs= hằng số, nhờ đó mà đặc tính cơ của động cơ xoay chiều không đồng bộ trong hệ có dạng như đặc tính động cơ một chiều (với khả năng quá tải mô men rất lớn).

## 1.2. BIẾN TẦN NGUỒN ÁP

### 1.2.1 Sơ đồ mạch lực:

Sơ đồ nghịch lưu ba pha gồm ba nhánh, mỗi nhánh tương tự như một nhánh của sơ đồ nghịch lưu một pha được mô tả như hình bên dưới

Các quá trình điện từ trong nghịch lưu ba pha phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như : đặc tính tải, cách đấu tải, kiểu đấu biến áp ra, nguồn cung cấp và nguyên tắc điều khiển.

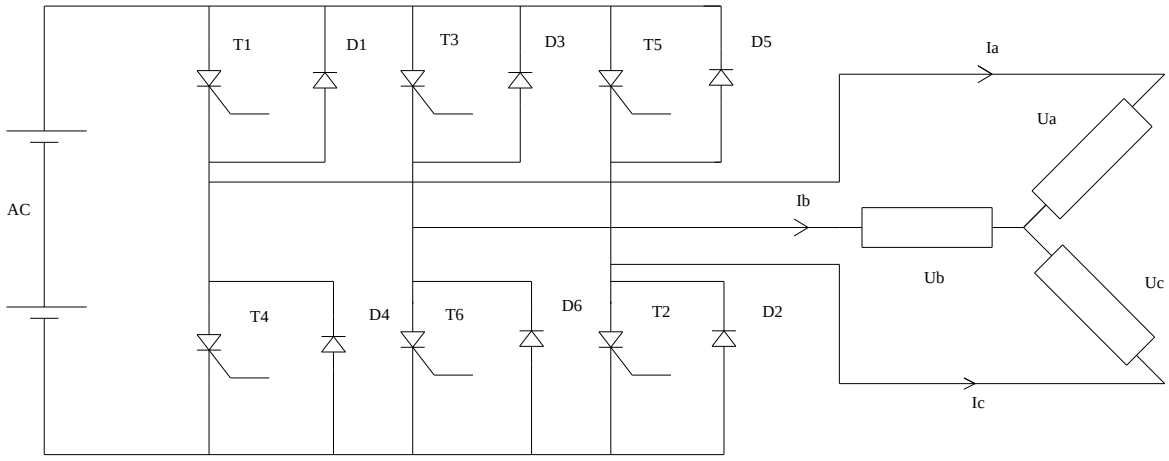
Nguồn cấp điện cho bộ biến tần phải là nguồn sức điện động với nội trở nhỏ. Nếu sử dụng chỉnh lưu làm nguồn cho bộ nghịch lưu độc lập thì phải mắc thêm

một tụ điện C ở đầu vào nghịch lưu để một mặt đảm bảo điện áp nguồn ít bị thay đổi mặt khác để trao đổi năng lượng phản kháng với điện cảm tải. điện áp đưa ra của bộ nghịch lưu độc lập không có dạng hình sin như mong muốn mà đa số là dạng sung hình chữ nhật. để đánh giá sóng hài của điện áp ra người ta thường dùng hệ số :

$$K_q = \frac{U_q}{U_1}$$

Trong đó $U_q$ và $U_1$ là tri hiệu dụng q và bậc một

Ta có thể sử dụng các phần tử động lực là tiristor hoặc IGBT. Khi sử dụng tiristor thì phải giải quyết vấn đề khóa tiristor.




**Hình 1.8:** Bộ nghịch lưu cầu ba pha ( sơ đồ nguyên lý)

### 1.2.1 Phương pháp điều khiển :

Điều khiển cho bộ nghịch lưu cầu ba pha chúng ta dùng phương pháp ĐCRX

Ba sóng hình sin cùng các xung tam giác tần số cao để xác định thời điểm mở của từng tiristor. Giải thích các sóng này cũng giống như đối với các bộ nghịch lưu một pha. Một phần tử này hoặc một phần tử khác của từng nhánh dẫn điện thường xuyeenm điều đó dẫn tới việc nối một cực của đầu ra với cực dương hay cực âm của nguồn một chiều. Ví dụ pha A và các phần tử đánh số 1 và 4 ( Hình 1.8). Nếu $i_a$ dương và tiristor T4 dẫn, T1 bị khóa và dòng điện tải chuyển qua diot D4. Nếu $i_a$ âm thì điot D4 dẫn và khi T4 được mồi thì sẽ dẫn dòng điện tải ngay lập tức, trong trường hợp này không cần khóa tiristor T1 vì nó không dẫn

điện. Để tiristor có thể duy trì dòng điện tải khi phụ tải điện cảm đổi chiều dòng điện, các xung mồi vào cực điều khiển của tiristor không gián đoạn

Cần chú ý rằng với sơ đồ sử dụng van tiristor ta có thể sử dụng các mạch khóa van theo pha, theo nhóm hoặc là chung cho toàn mạch. Tùy thuộc vào số lượng van sử dụng trong mạch.

## 1.3. BIẾN TẦN NGUỒN DÒNG.

### Sơ đồ mạch lực và phương pháp điều khiển.

Biến tần nguồn dòng thường được sử dụng trong các hệ thống truyền động điện công suất lớn.

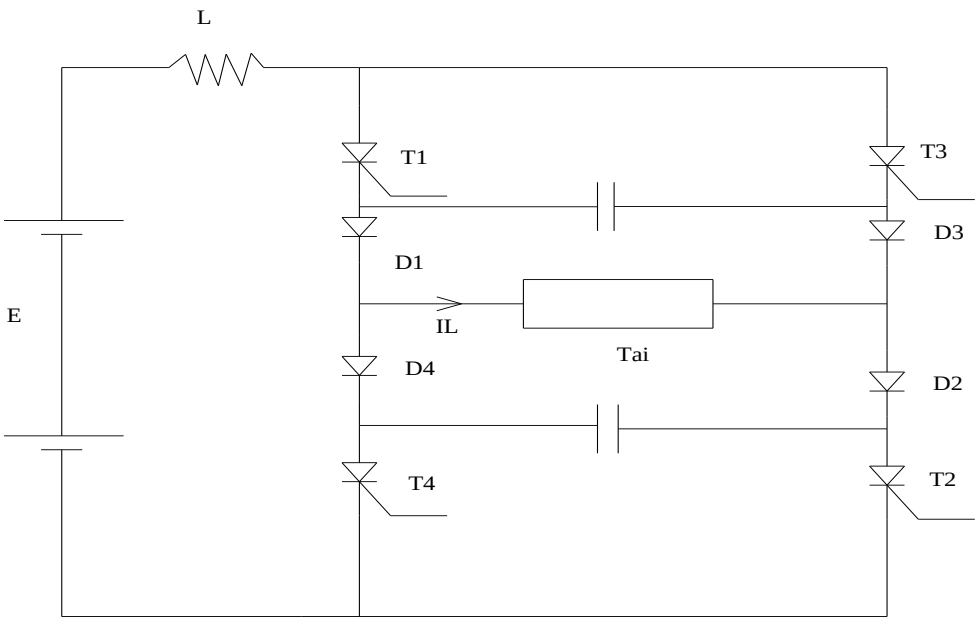
Nguồn cung cấp cho nghịch lưu là nguồn dòng điện, dòng điện một chiều không phụ thuộc vào tổng trở của tải. Để thực hiện điều này thì điện cảm thường có giá trị phải đủ lớn và phải sử dụng các mạch vòng điều chỉnh dòng điện. Dòng điện tải có dạng hình chữ nhật và do trình tự đống cắt của tác va từ V1 đế V6 quyết định

Khi nghịch lưu nguồn dòng làm việc với tải là động cơ điện xoay chiều thì trên đồ thị điện áp tải xuất hiện các xung nhọn tại các thời điểm chuyển mạch dòng điện giữa các pha.

Trong thực tế thường sử dụng các van điều khiển không hoàn toàn vì vậy cần có các mạch khóa cưỡng bức các van đang dẫn, đảm bảo chuyển mạch giữa các pha một cách chắc chắn trong phạm vi điều chihr tần số và dòng điện đủ rộng.

Khi các tiristor T1 và T2 dân, hai tụ điện được nạp với điện tích dương ở các bản cực trái. Việc mở các tiristor T3 và T4 làm các tụ điện nối vào các cực của T1 và T2 tương ứng, để khóa chúng lại. Bây giờ dòng điện đi qua T3 – C1 - D1, tải và D2 – C1 – T4. Điện áp trên các cực của tụ điện sẽ đảo chiều ở một số thời điểm nhất định phụ thuộc vào điện áp tải, các điốt D3 và D4 bắt đầu dẫn. Dòng điện nguồn sau một giai đoạn ngắn sẽ chuyển từ D1 sang D3 và từ D4 sang D2. Cuối cùng các diot D1 và D2 ngừng dẫn, khi dòng điện tải hoàn toàn ngược chiề. Điện áp trên các cực tụ điện đổi chiều để chuẩn bị co nửa chu kì sau.

Sơ đồ nguyên lý đơn giản nhất của bộ nghịch lưu nguồn dòng.




**Hình 1.9:** Bộ nghịch lưu dòng điện một pha.

Dòng điện tải có dạng sóng hình sin chữ nhật nếu bỏ qua giai đoạn chuyển mạch, điện áp ra có dạng hình sin nhưng có mang các đỉnh nhọn tại thời điểm chuyển mạch.

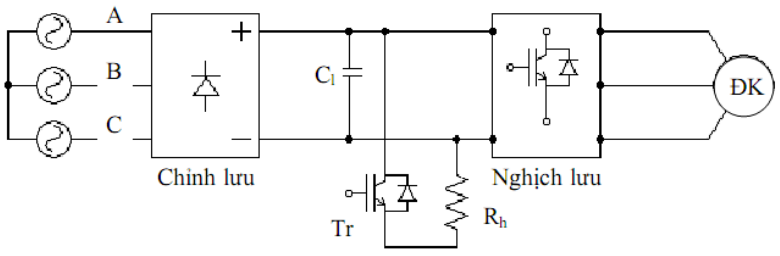
# CHƯƠNG 2 : BIẾN TẦN 4Q

## 2.1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ BIẾN TẦN 4Q

### 2.1.1 Các tồn tại của các bộ biến tần thông thường

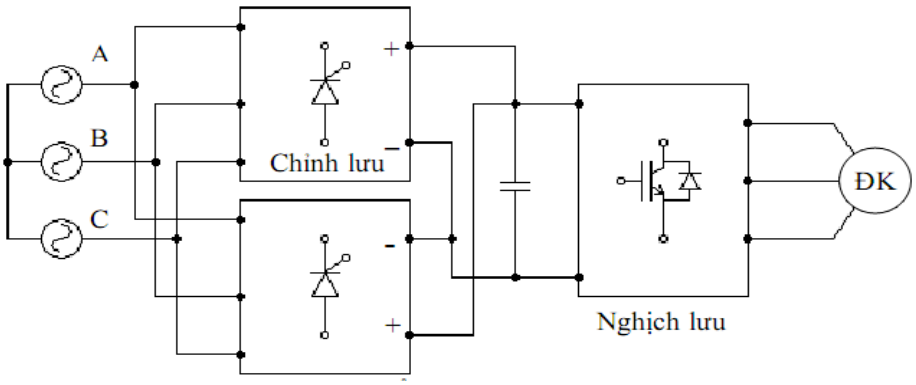
Các bộ biến tần có cấu trúc được mô tả, ngoài các ưu nhược điểm đã được giới thiệu trong mục trước còn tồn tại một số nhược điểm cơ bản sau: sóng hài bậc cao trong dòng điện lưới có biên độ khá lớn làm méo dạng đường cong điện áp lưới điện; hệ số công suất cosφ không cao gây nên các tổn thất phụ, đặc biệt là khi hệ thống công suất lớn; phần lớn không thực hiện được quá trình biến đổi năng lượng từ phía tải (động cơ) đưa trả lại lưới điện xoay chiều nên ảnh hưởng đến chất lượng của hệ thống truyền động và hiệu suất của hệ thống.

Để tăng hệ số công suất, giảm tổn thất trong quá trình truyền tải điện năng, ngoài việc sử dụng bộ lọc để giảm biên độ sóng hài bậc cao (sóng hài bậc cao cũng là một yếu tố làm suy giảm hệ số công suất của bộ chỉnh lưu), có thể phải bố trí thêm các thiết bị bù công suất phản kháng. Về mặt nguyên tắc, công suất dư thừa trong động cơ (thường là động năng hệ truyền động) có thể được tiêu tán  trên điện trở trong mạch một chiều nhờ khóa đóng cắt có điềukhiển hoặc có thể biến đổi thành điện năng xoay chiều và trả lại lưới điện cung cấp xoay chiều. Chỉnh lưu đi ốt (diode) chỉ cho phép năng lượng đi theo một chiều duy nhất. Vì vậy, năng lượng từ động cơ không thể trả về lưới mà chỉ có thể bị tiêu hao trên các điện trở (Rh) được điều khiển bởi các ngắt điện (Tr) nối phía mạch một chiều (hình 2.1). Trong trường hợp công suất lớn thì đòi hỏi điện trở phải chịu được dòng điện lớn, khó khăn trong việc chế tạo, tăng chi phí đầu tư. Mặt khác việc sử dụng điện trở hãm để tiêu tán năng lượng từ động cơ truyền đến làm giảm hiệu suất của hệ thống.




**Hình 2.1:** Dập năng lượng bằng điện trở Rh trong mạch một chiều

Khi sử dụng chỉnh lưu thyristor, có thể thực hiện việc biến đổi năng lượng để chuyển trả về lưới điện xoay chiều bằng cách mắc song song ngược với sơ đồ chỉnh lưu một bộ chỉnh lưu tương tự và điều khiển làm việc ở chế độ nghịch lưu (hình 2.2). Quá trình biến đổi năng lượng trong hệ thống truyền động điện khi động cơ làm việc ở chế độ hãm diễn ra như sau: năng lượng cơ học từ phía động cơ (ở dạng động năng tích lũy được của hệ thống truyền động hoặc thế năng của phụ tải) được biến đổi thàng năng lượng điện trong các




**Hình 2.2:** Sử dụng thêm bộ nghịch lưu mắc song song ngược với bộ chỉnh lưu để trả năng lượng về lưới điện xoay chiều

cuộn dây động cơ và qua bộ nghịch lưu của biến tần làm việc ở chế độ chỉnh lưu được chuyển thành năng lượng điện một chiều, sau khi qua bộ nghịch lưu thyristor được biến đổi thành năng lượng điện xoay chiều và được chuyển vào lưới điện xoay chiều

### 2.1.2 Biến tần bốn góc phần tư (biến tần 4Q)

Các phương pháp sử dụng bộ lọc để giảm sóng hài bậc cao trong dòng điện nguồn, sử dụng thiết bị bù để tăng hệ số công suất, dùng điện trở hãm hoặc bộ nghịch để giải phóng năng lượng dư của động cơ còn tồn tại những vấn đề như: hệ thống cồng kềnh, đầu tư lớn, lọc sóng hài bậc cao khó, khi công suất hệ lớn thì điều chỉnh khó khăn. Với chỉnh lưu diode chỉ cho phép năng lượng chảy theo một chiều và không điều khiển được. Sự thay đổi của năng lượng sẽ xuất hiện một cách tự nhiên với sự thay đổi của điện áp nguồn cấp và tải. Trong nhiều ứng dụng năng lượng cần được điều khiển. Thậm chí đối với tải đòi hỏi điện áp không đổi hay dòng điện không đổi, điều khiển là việc cần thiết để bù nguồn cấp và sự thay đổi của tải. Chỉnh lưu thyristor có thể điều khiển được dòng năng

lượng bằng cách thay đổi góc điều khiển (góc mở) của thyristor. Bộ biến đổi này còn có thêm khả năng biến đổi năng lượng từ một chiều sang xoay chiều hay làm việc ở chế độ nghịch lưu. Khi góc điều khiển nằm giữa 0 và л/2 bộ biến đổi làm việc ở chế độ chỉnh lưu, còn khi góc điều khiển nằm giữa л/2 và л thì bộ biến đổi làm việc ở chế độ nghịch lưu và năng lượng từ phía một chiều được chuyển về lưới xoay chiều. Tuy nhiên, khi sử dụng thêm một nghịch chỉnh lưu bằng thyristor mắc song ngược với bộ chỉnh lưu, ngoài nhược điểm là thiết bị phần lực rất cồng kềnh, còn có thêm nhược điểm là dòng điện qua lưới chứa nhiều sóng điều hoà bậc cao làm ảnh hưởng xấu đến chất lượng điện năng và làm giảm hệ số công suất. Mặt khác nhiều hệ thống truyền động điện có yêu cầu cao về chất lượng động, ví dụ như độ tác động nhanh cao, khi đó yêu cầu động cơ phải thay đổi chế độ làm việc một cách linh hoạt. Với một số hệ thống truyền động, tải mang tính chất thế năng, khi đó yêu cầu động cơ trong hệ thống phải làm việc được ở cả bốn góc phần tư, tức là ngoài chế độ động cơ ra thì phải làm việc được ở các chế độ hãm, đặc biệt là phải làm việc được ở chế độ hãm tái sinh. Để động cơ có thể làm việc cả bốn góc phần tư thì 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 được gọi là biến tần bốn góc phần tư. Nhiều chuyên gia và nhiều hãng khác nhau đã thực hiện khá nhiều nghiên cứu để tìm cách xây dựng các bộ biến tần bốn góc phần tư. Khối nghịch lưu của biến tần, kể cả biến tần điều chế độ rộng xung hình sin (SPWM) 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. Như đã nêu ở trên, để thực hiện yêu cầu này có thể sử dụng hai sơ đồ chỉnh lưu điều khiển bằng thyristo cùng loại mặc song ngược, một sơ đồ được dùng để chỉnh lưu khi cần thực hiện biến đổi năng lượng điện xoay chiều từ phía lưới thành năng lượng điện một chiều cấp cho khối nghịch lưu, còn sơ đồ kia sẽ được điều khiển làm việc ở chế độ nghịch lưu khi cần biến đổi năng lượng điện từ phía một chiều (năng lượng từ động cơ được khối nghịch lưu làm việc ở chế độ

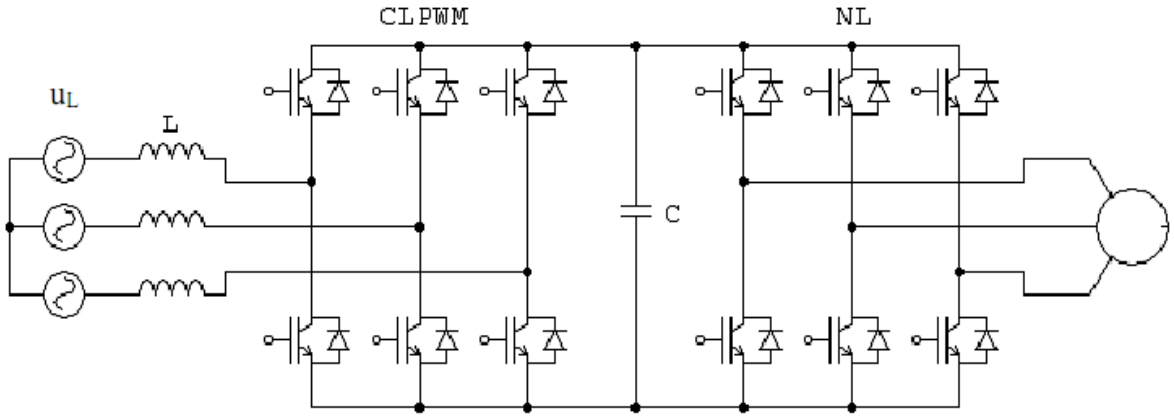
chỉnh lưu chuyển sang) thành năng lượng điện xoay chiều trả lại lượng điện xoay chiều. Tuy nhiên, cấu trúc biến tần này có phần chỉnh lưu rất cồng kềnh, dòng điện qua lưới điện có nhiều sóng hài bậc cao với biên độ khá lớn, hệ số công suất thấp khi điều chỉnh sâu. Như vậy, nhiệm vụ cơ bản đặt ra là phải nghiên cứu tìm ra được một khối chỉnh lưu có các ưu điểm:

- Giảm được biên độ các sóng điều hoà bậc cao dòng điện lưới.
- Hệ số cosφ cao.
- Có khả năng trao đổi công suất theo hai chiều.

Bộ chỉnh tích cực PWM ra đời đã đáp ứng được các yêu trên .

## 2.2. CẤU TẠO MẠCH LỰC BIẾN TẦN 4Q

Cấu trúc cơ bản biến tần 4Q




**Hình 2.3:** cấu tạo mạch lực biến tần 4Q

Sơ đồ trên bao gồm 2 khối chỉnh lưu và nghịch lưu có cấu tạo như nhau và chung mạch một chiều. Vì vậy thường gọi là sơ đồ dựa lưng vào nhau. Ngoài ra đầu vào biến tần có lắp thêm cuộn cảm L

Cấu trúc phổ biến này có các ưu điểm là sử dụng các module ba pha số lượng van nhỏ nên có thể giảm giá thành, năng lượng có khả năng chảy hai chiều

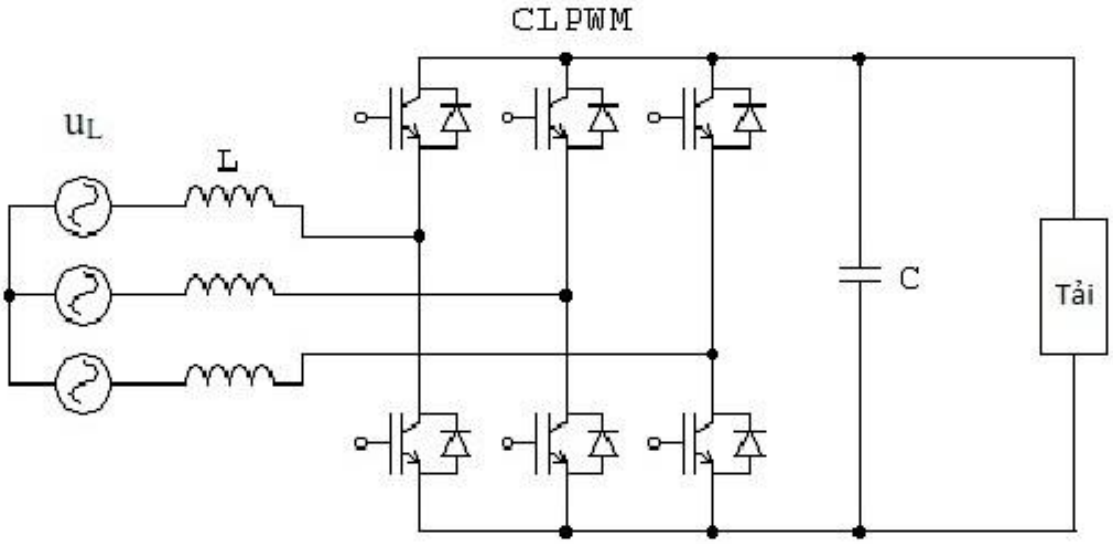
Cấu trúc này có triển vọng nên đang được phát triển. Trong hệ thống phân bố năng lượng một chiều hay biến đổi xoay chiều một chiều xoay chiều. Năng lượng xoay chiều đầu tiên được biến đỏi sang một chiều nhờ vào chỉnh lưu ba pha PWM. Nó có hệ số công suất bằng một và dòng đện chứa ít thành phần sóng hài bậc cao. Các bộ biến đổi này nối với đường truyền một chiều sẽ mang lại

cho tải những chuyển đổi mong muốn như thay đổi tốc độ truyền động động cơ cảm ứng và động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu, bộ biến đổi từ một chiều sang một chiều vv…

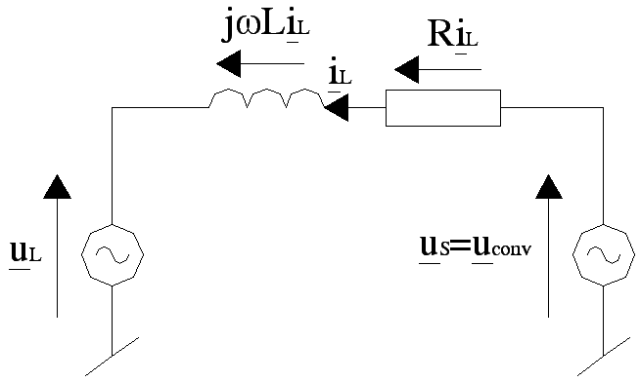
Hơn nữa bộ biến đổi xoay chiều một chiều xoay chiều sẽ mang lại một số điểm như sau:

- Động cơ hoạt động ở tốc độ cao hơn mà không phải giảm từ trường (bởi sự duy trì điện áp đường truyền một chiều trên điện áp đỉnh của nguồn cấp)
- Về lý thuyết, giảm được 1/3 điện áp so sánh với cấu hình quy ước do điều khiển đồng thời chỉnh lưu và nghịch lưu)
- Phản ứng của bộ điều khiển điện áp có thể được cải tiến bởi tín hiệu đưa đến từ tải dẫ đến giảm mức tối thiểu điện dung một chiều, trong khi việc duy trì điện áp một chiều dưới giới hạn cho phép thay đổi tải.

### 2.2.1. Cấu trúc mạch lực của chỉnh lưu PWM




**Hình 2.4a:** Sơ đồ thay thế đơn giản của chỉnh lưu 3 pha PWM cho công suất chảy theo cả hai chiều




**Hình 2.4b:** Sơ đồ thay thế điện của một nhánh

Hình 2.4b biểu diễn một pha của mạch chỉnh lưu giới thiệu ở hình 2.4a. L và R là điện cảm của lưới, $U_L$ là điện áp lưới và $U_S$ là điện áp bộ chuyển đổi có thể điều khiển được từ phía một chiều.

### 2.2.2. Điều kiện để chỉnh lưu PWM hoạt động:

- Điều kiện hoạt động của chỉnh lưu PWM: $V_{dcmin}>V_{CL}$ tự nhiên (thường ít nhất là 20%).
- Có cuộn cảm đầu vào để tạo kho từ trao đổi năng lượng với lưới.
- Điều khiển chỉnh lưu theo luật điều khiển PWM

Quá trình làm việc của chỉnh lưu PWM yêu cầu một giá trị điện áp một chiều nhỏ nhất. Thông thường, có thể xác định bằng điện áp dây lớn nhất:

$$V_{dcmin}>V_{LN(rms)}* \sqrt{3} * \sqrt{2} = 2{,}45* V_{LN(rms)} \quad (1.6)$$

Ta có biểu thức điện áp

$$u_{dc}>\sqrt{(E_m^{\ 2}+(\omega L i_{Ld})^2)} \quad (1.7)$$

Biểu thức trên chỉ ra mối quan hệ giữa điện áp nguồn và điện áp một chiều đầu ra, dòng điện (tải) và cảm kháng.

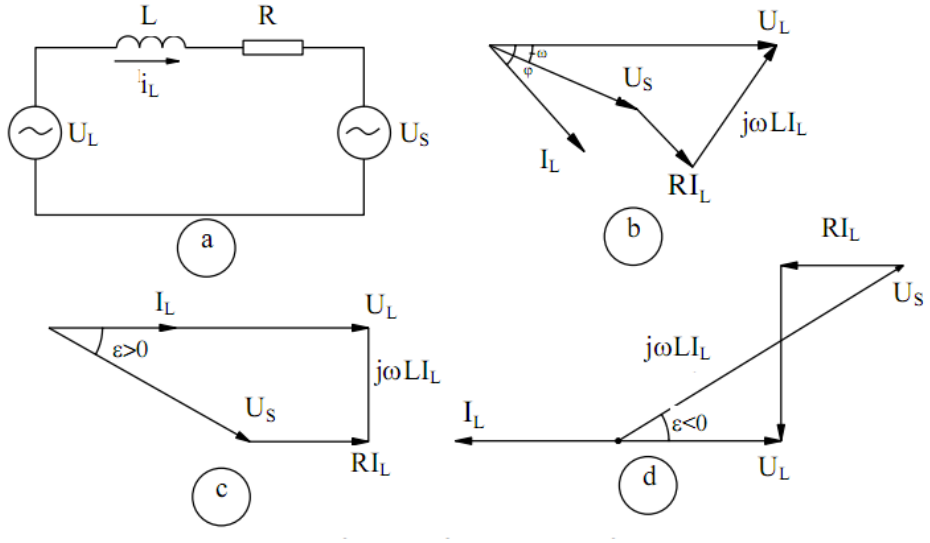
Cuộn cảm phải được lựa chọn kỹ bởi cảm kháng thấp sẽ làm cho dòng điện nhấp nhô lớn và làm cho việc thiết kế phụ thuộc nhiều vào trở kháng đường dây. Cảm kháng có giá trị lớn làm giảm độ nhấp nhô dòng điện, nhưng đồng thời cũng làm giảm giới hạn làm việc của chỉnh lưu. Điện áp rơi trên cuộn cảm có ảnh hưởng tới dòng điện nguồn. Điện áp rơi này được điều chỉnh bởi điện áp đầu vào chỉnh lưu PWM nhưng giá trị lớn nhất được giới hạn bởi điện áp 1 chiều. Kết quả là, dòng điện lớn(công suất lớn) qua cảm kháng cũng cần điện áp

một chiều lớn hay cảm kháng nhỏ. Vì vậy, sau khi biến đổi phương trình (1.6) độ tự cảm lớn nhất xác định:

$$L < \frac{\sqrt{u_{dc}^2 - E_m^2}}{\omega . i_{LD}}. \qquad (1.8)$$

### 2.2.3. Giản đồ vectơ

Cuộn cảm được nối giữa đầu vào chỉnh lưu và lưới đóng vai trò là bộ tích phân trong mạch. Nó mang đặc tính nguồn dòng của mạch đầu vào và cung cấp đặc trưng tăng thế của bộ biến đổi. Dòng điện lưới $i_L$ được điều khiển bởi điện áp rơi trên điện cảm L nối giữa 2 nguồn áp (lưới và bộ biến đổi). Nó có nghĩa rằng điện áp của cuộn cảm $u_L$ tương đương với độ chênh lệch giữa điện áp lưới và điện áp bộ biến đổi. Khi điều khiển góc pha ε và biên độ của điện áp bộ biến đổi, tức là đã điều khiển gián tiếp pha và biên độ của dòng điện lưới. Theo cách này, giá trị trung bình và dấu của dòng điện 1 chiều là đối tượng để điều khiển tỷ lệ với công suất tác dụng qua bộ biến đổi. Công suất phản kháng có thể được điều khiển một cách độc lập với sự thay đổi của thành phần dòng điều hoà cơ bản $I_L$ đối với điện áp
$U_L$.




**Hình 2.5:** Sơ đồ thay thế một pha và đồ thị vector

*a. Sơ đồ thay thế một pha bộ chỉnh lưu tích cực PWM*

*b. Đồ thị vector tổng quát của bộ chỉnh lưu*

*c. Đồ thị vector bộ chỉnh lưu PWM với hệ số công suất bằng 1*

*d. Đồ thị vector bộ chỉnh lưu PWM với hệ số công suất bằng -1 (nghịch lưu)*

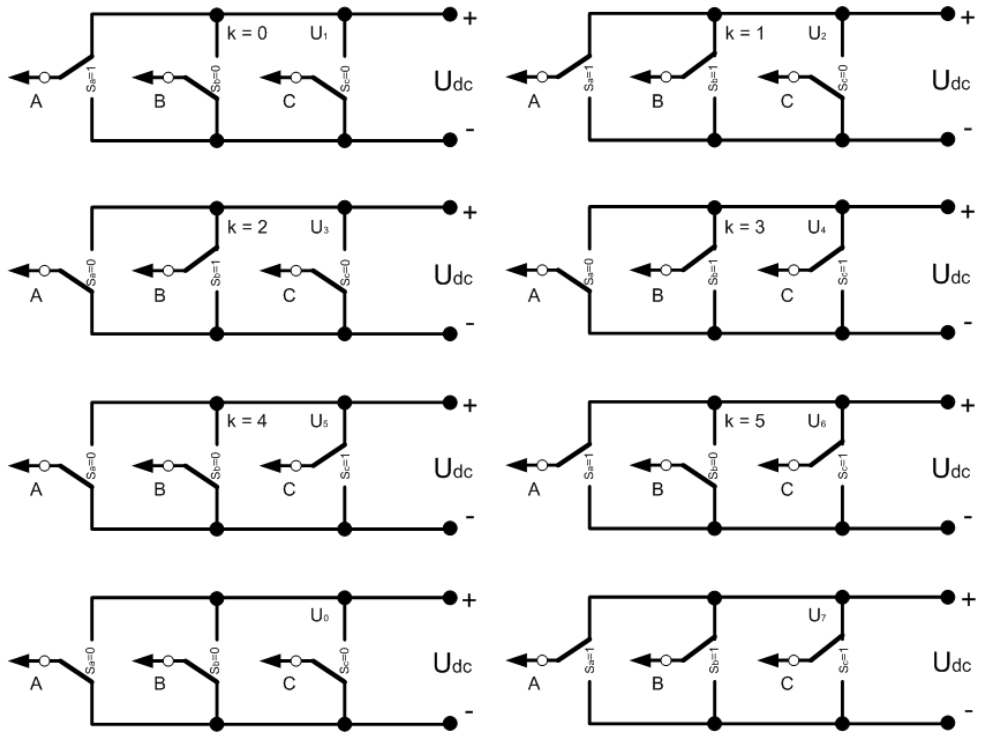
Hình 2.5 giới thiệu đồ thị véctơ với các trường hợp bộ chỉnh lưu thông thường và bộ chỉnh lưu PWM ở hai chế độ chỉnh lưu và nghịch lưu. Như vậy bộ chỉnh lưu PWM cho phép năng lượng chảy theo 2 chiều và có hệ số công suất = ±1. Hình vẽ cho thấy vector điện áp $u_s$ trong quá trình tái sinh cao hơn (lên đến 3%) so với chế độ chỉnh lưu. Nó có nghĩa là 2 chế độ này là không đối xứng.

### 2.2.4. Các trạng thái chuyển mạch của bộ biến đổi PWM

Khi sử dụng bộ chỉnh lưu PWM, điện áp phía xoay chiều của chỉnh lưu PWM có thể điều khiển được cả biên độ và pha để thu được dòng điện lưới hình sin với hệ số công suất bằng 1. Thêm vào đó, chỉnh lưu PWM cung cấp điện áp một chiều ổn định và hoạt động như một bộ lọc tích cực lưới điện dùng để bù sóng điều hoà và công suất phản kháng tại các điểm chồng chéo nhau trong mạng phân bố.

Điện áp bộ biến đổi cầu có thể được đặc trưng bởi 8 trạng thái chuyển mạch có thế (6 trạng thái tích cực và 2 trạng thái 0) được mô tả bởi phương trình:

$$u_{k+1} = \begin{cases} (2/3)u_{dc}e^{jk\pi/3} & \text{Với k =0.....5} \\ 0 \end{cases} \qquad (1.9)$$




**Hình 2.6:** Trạng thái chuyển mạch của bộ chỉnh lưu PWM.

## 2.3 CHỈNH LƯU PWM CHO BIẾN TẦN 4Q

### 2.3.1 Tổng quan về chỉnh lưu PWM.

Chỉnh lưu tích cực là các bộ biến đổi bán dẫn công suất dùng để biến đổi nguồn điện áp xoay chiều thành nguồn điện áp một chiều, cung cấp cho các phụ tải một chiều. Các sơ đồ chỉnh lưu truyền thống sử dụng các van không điều khiển như Diot hoặc điều khiển không hoàn toàn như Thysistor có nhược điểm là dòng đoaàu vào không có dạng sin và hệ số công suất thấp, ảnh hưởng tới phụ tải khác trong lưới điện và làm tăng tổn thất trên lưới nói chung. Ngày nay cùng với sự xuất hiện của các phần tử bán dẫn điều khiển hoàn toàn như IGBT, GTO với khả năng đóng cắt dòng điện lớn, chịu được điện áp cao, thì việc xây dựng các bộ chỉnh lưu với dòng đầu vào hình sin, hệ số công suất điều chỉnh được đến bằng  đã hoàn toàn có thể thực hiện được. Đây được gọi là các bộ chỉnh lưu tích cực.

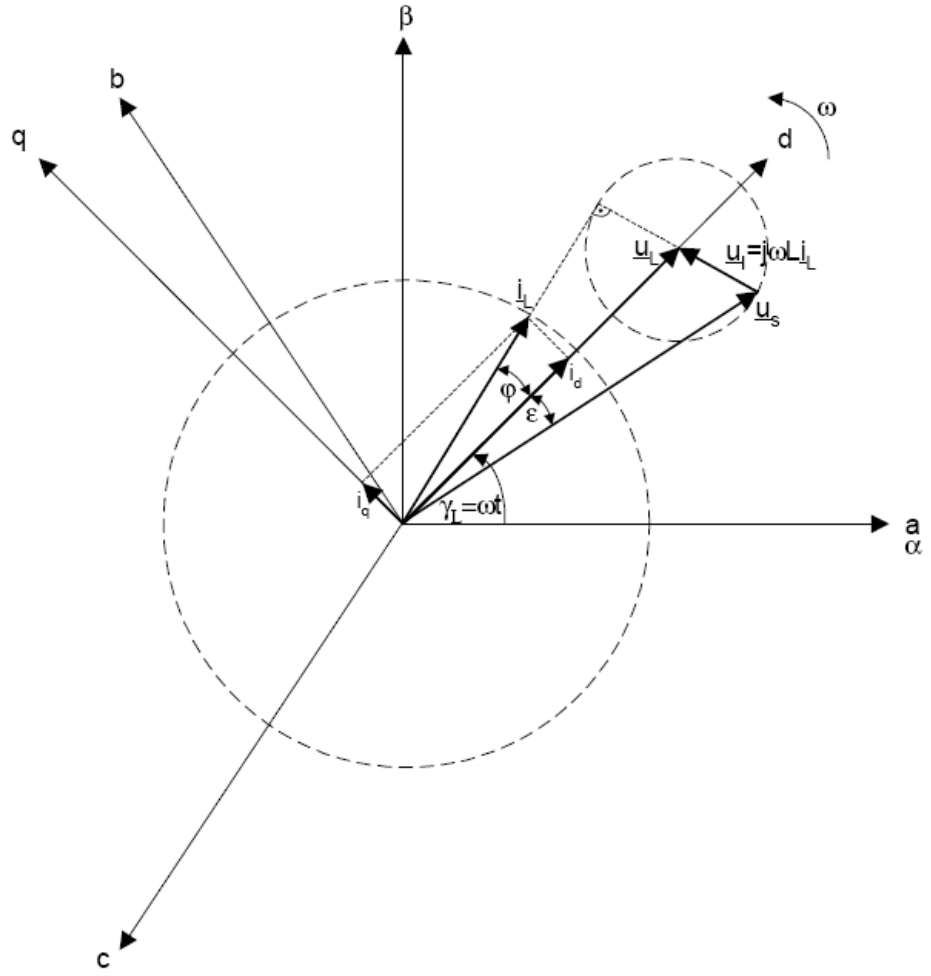
Chỉnh lưu tích cực không hoàn toàn thay thế các chỉnh lưu thông thường nhưng được áp dụng rộng rãi trong ác hệ thống truyền tải điện xoay chiều thông minh, trong các bộ nguồn chất lượng cao. Hơn nữa chỉnh lưu tích cực còn có khả năng trao đổi công suất giữa tải và lưới theo cả hai chiều nên chỉnh lưu tích cực cũng là đầu vào một chiều cho các bộ biến tần bốn góc phần hay còn gọi là biến tần 4Q. Các chỉnh lưu tích cực đều áp dụng phương pháp biến điệu bề rộng xung để điều chỉnh điện áp phía một chiều nên còn được gọi là chỉnh lưu PWM.

Chỉnh lưu tích cực có 2 loại :

- Chỉnh lưu có điện áp ra cao hơn biên độ điện áp xoay chiều đầu vào PWM Boost Rectifier
- Chỉnh lưu có điện áp ra nhỏ hơn biên độ điện áp xoay chiều đầu vào PWM Buck Rectifier.

### 2.3.2. Mô tả toán học chỉnh lưu PWM

Mối quan hệ cơ bản giữa các vector chỉnh lưu PWM thể hiện trong hình




**Hình 2.7:** Mối quan hệ giữa các vector trong chỉnh lưu PWM.

### 1. Mô tả dòng điện và điện áp nguồn

Dòng điện và điện áp nguồn 3 pha:

$$u_a = E_m \cos(\omega t) \quad (2.1\text{ a})$$

$$u_b = E_m \cos(\omega t + \frac{2\pi}{3}) \quad (2.1\text{ b})$$

$$u_c = E_m \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \quad (2.1\text{ c})$$

$$i_a = I_m \cos(\omega t + \varphi) \quad (2.2\text{ a})$$

$$i_b = I_m \cos(\omega t + \frac{2\pi}{3} + \varphi) \quad (2.2\text{ b})$$

$$i_c = I_m \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3} + \varphi) \quad (2.2\text{ c})$$

Trong đó: $E_m(I_m)$ và ω là biên độ điện áp(dòng điện) pha và tần số góc tương ứng, với giả thiết:

$i_a+i_b+i_c=0$ (2.3)

Chúng ta có thể chuyển phương trình 2.1 sang hệ α-β. Khi đó điện áp đầu vào trong hệ toạ độ α-β được biểu diễn bởi:

$$u_{L\alpha} = \sqrt{\frac{3}{2}} E_m \cos(\omega t) \quad (2.4)$$

$$u_{L\beta} = \sqrt{\frac{3}{2}} E_m \sin(\omega t) \quad (2.5)$$

Và điện áp đầu vào trong hệ toạ độ quay d-q (hình 2.2) được biểu diễn:

$$\begin{bmatrix} u_{Ld} \\ u_{Lq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{\frac{3}{2}} E_m \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{u_{L\alpha}^2 + u_{L\beta}^2} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

## 2. Mô tả điện áp vào bộ chỉnh lưu PWM

Điện áp dây đầu vào chỉnh lưu PWM có thể mô tả như sau:

$$u_{Sab} = (S_a - S_b).u_{dc} \quad (2.7\ a)$$

$$u_{Sbc} = (S_b - S_c).u_{dc} \quad (2.7\ b)$$

$$u_{Sca} = (S_c - S_a).u_{dc} \quad (2.7\ c)$$

và điện áp pha được tính như sau:

$$u_{Sa} = f_a.u_{dc} \quad (2.8\ a)$$

$$u_{Sb} = f_b.u_{dc} \quad (2.8\ b)$$

$$u_{Sc} = f_c.u_{dc} \quad (2.8\ c)$$

Trong đó:

$$f_a = \frac{2S_a - (S_b + S_c)}{3} \quad (2.9\ a)$$

$$f_b = \frac{2S_b - (S_a + S_c)}{3} \quad (2.9\ b)$$

$$f_c = \frac{2S_c - (S_a + S_b)}{3} \quad (2.9\ c)$$

$f_a$, $f_b$, $f_c$ nhận các giá trị : 0; $\pm 1/3$; $\pm 2/3$

### 3. Mô tả toán học bộ chỉnh lưu PWM

Phương trình điện áp được viết như sau:

$$\underline{u_L} = \underline{u_I} + \underline{u_S} \tag{2.10}$$

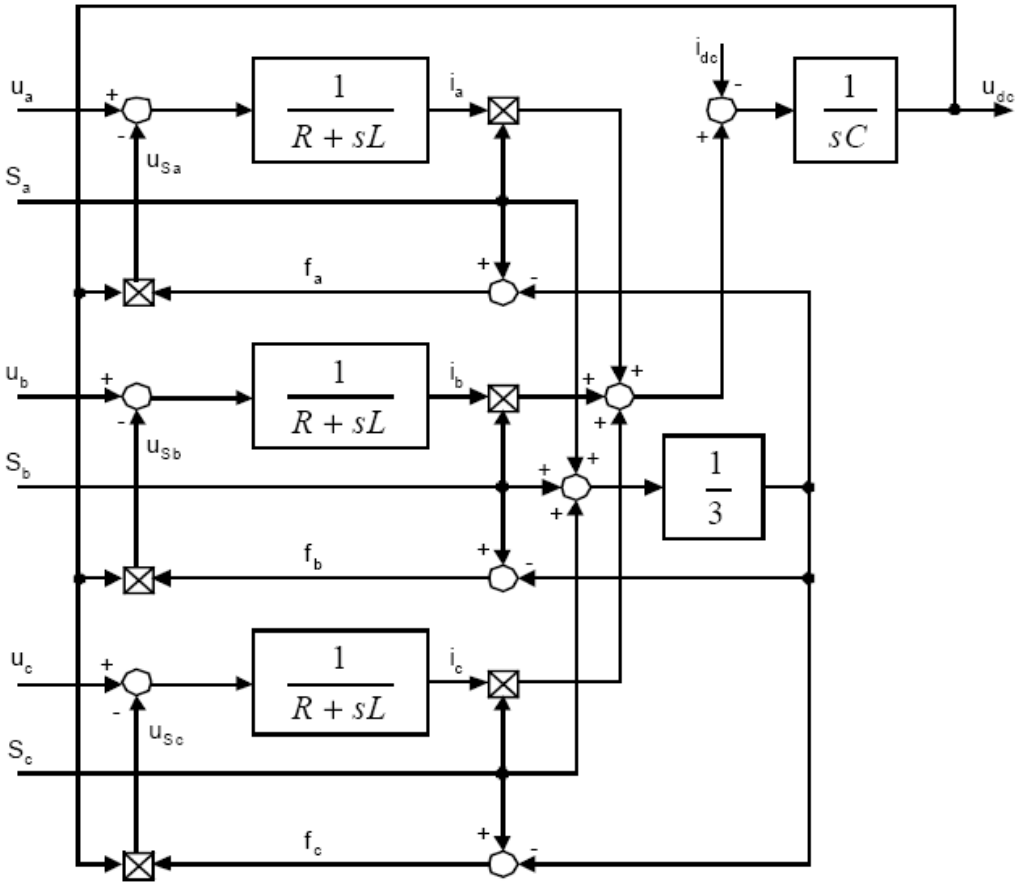
$$\underline{u_L} = R\underline{i_L} + \frac{d\underline{i_L}}{dt}L + \underline{u_S} \tag{2.11}$$

$$\begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} = R\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + L\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{Sa} \\ u_{Sb} \\ u_{Sc} \end{bmatrix} \tag{2.12}$$

Ngoài ra dòng điện:

$$C\frac{du_{dc}}{dt} = S_a i_a + S_b i_b + S_c i_c - i_{dc} \tag{2.13}$$

Kết hợp các phương trình 2.8, 2.9, 2.12, 2.13 ta thu được sơ đồ khối bộ chỉnh lưu PWM trong hệ toạ độ 3 pha như hình sau:




**Hình 2.8:** Sơ đồ khối bộ chỉnh lưu PWM trong hệ toạ độ tự nhiên.

**a. Mô toán học bộ chỉnh lưu PWM hệ toạ độ tĩnh α-β.**

Phương trình điện áp trong khung toạ độ tĩnh α-β tìm được bằng cách áp dụng phương trình:

$$\begin{bmatrix} x_a \\ x_b \\ x_c \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_\alpha \\ x_\beta \\ x_0 \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

Vào các phương trình (2.12), (2.13)

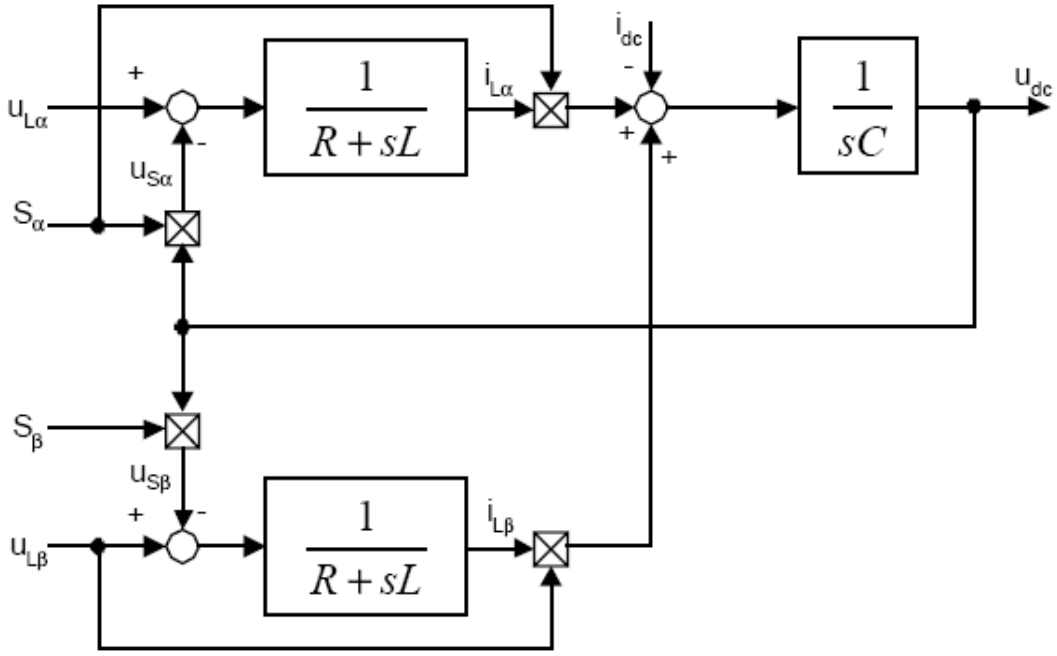
$$\begin{bmatrix} u_{L\alpha} \\ u_{L\beta} \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} i_{L\alpha} \\ i_{L\beta} \end{bmatrix} + L \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{L\alpha} \\ i_{L\beta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{S\alpha} \\ u_{S\beta} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

và

$$C \frac{du_{dc}}{dt} = (i_{L\alpha} S_\alpha + i_{L\beta} S_\beta) - i_{dc} \quad (2.16)$$

Trong đó: $S_\alpha = \frac{1}{\sqrt{6}}(2S_a - S_b - S_c); S_\beta = \frac{1}{\sqrt{2}}(S_b - S_c)$ (2.17)

Sơ đồ khối bộ chỉnh lưu PWM trong hệ toạ độ tĩnh α-β như sau.




**Hình 2.9:** Sơ đồ khối bộ chỉnh lưu PWM trong hệ toạ độ tĩnh α-β.

**b. Mô tả toán học bộ chỉnh lưu PWM trong hệ tọa độ quay d-q**

Các phương trình trong hệ toạ độ d-q có được bằng cách biến đổi phương trình:

$$\begin{bmatrix} k_d \\ k_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\gamma_{UL} & \sin\gamma_{UL} \\ -\sin\gamma_{UL} & \cos\gamma_{UL} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_\alpha \\ k_\beta \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

Ta được

$$u_{Ld} = Ri_{Ld} + L\frac{di_{Ld}}{dt} - \omega L i_{Lq} + u_{Sd} \quad (2.19\ a)$$

$$u_{Lq} = Ri_{Lq} + L\frac{di_{Lq}}{dt} + \omega L i_{Ld} + u_{Sq} \quad (2.19\ b)$$

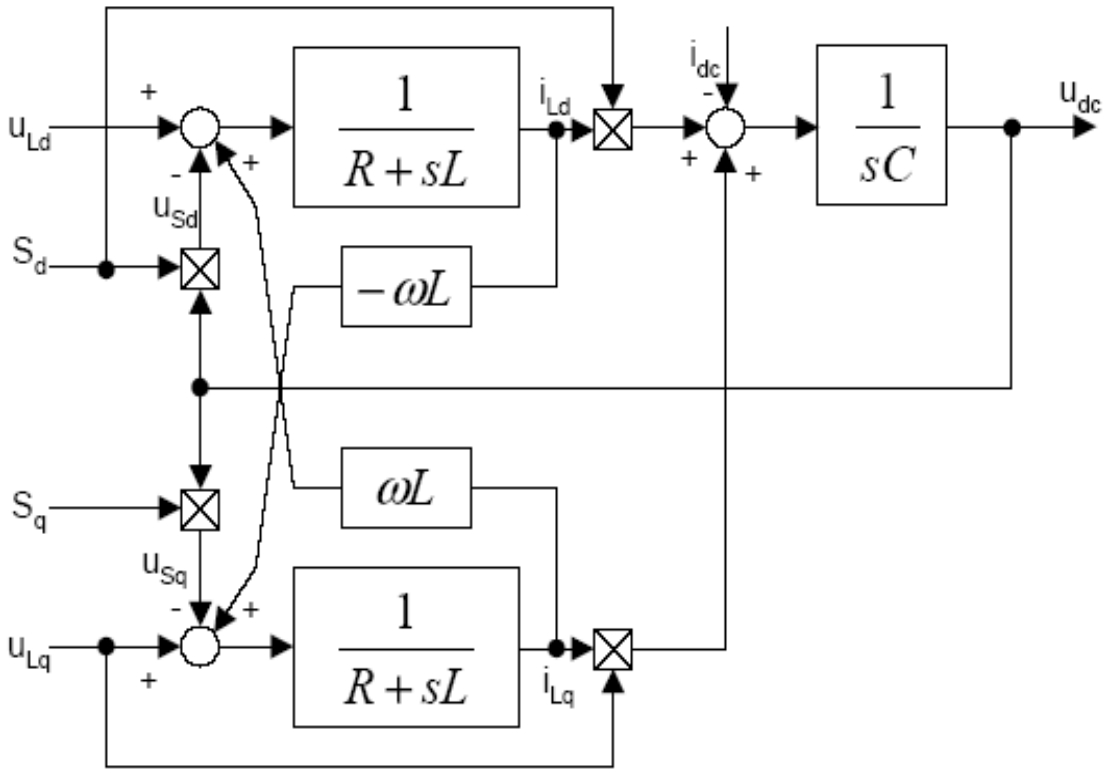
$$C\frac{du_{dc}}{dt} = (i_{Ld}S_d + i_{Lq}S_q) - i_{dc} \quad (2.20)$$

Với:

$$S_d = S_\alpha \cos\omega t + S_\beta \sin\omega t$$

$$S_q = S_\beta \cos\omega t - S_\alpha \sin\omega t$$

Sơ đồ khối bộ chỉnh lưu PWM trong hệ toạ độ d-q:




**Hình 2.10:** Sơ đồ khối bộ chỉnh lưu PWM trong hệ tọa độ quay d-q.

Trong thực tế, có thể bỏ qua điện trở R, bởi vì điện áp rơi trên R nhỏ hơn nhiều so với điện áp rơi trên cuộn dây. Các phương trình (2.13), (2.15), (2.18) có thể viết đơn giản:

$$\underline{u_L} = \frac{d\underline{i_L}}{dt} L + \underline{u_S} \tag{2.21}$$

$$\begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} = L \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{Sa} \\ u_{Sb} \\ u_{Sc} \end{bmatrix} \tag{2.22}$$

$$\begin{bmatrix} u_{L\alpha} \\ u_{L\beta} \end{bmatrix} = L \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{L\alpha} \\ i_{L\beta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{S\alpha} \\ u_{S\beta} \end{bmatrix} \tag{2.23}$$

$$u_{Ld} = L \frac{di_{Ld}}{dt} - \omega L i_{Lq} + u_{Sd} \tag{2.24}$$

$$u_{Lq} = L \frac{di_{Lq}}{dt} + \omega L i_{Ld} + u_{Sq} \tag{2.25}$$

Công suất tác dụng và công suất phản kháng từ nguồn xác định bởi:

$$p = \mathrm{Re}\left\{\underline{u}.\underline{i}^*\right\} = u_\alpha i_\alpha + u_\beta i_\beta = u_a i_a + u_b i_b + u_c i_c \tag{2.26}$$

$$q = \mathrm{Im}\left\{\underline{u}.\underline{i}^*\right\} = u_\beta i_\alpha - u_\alpha i_\beta = \frac{1}{\sqrt{3}}(u_{bc} i_a + u_{ca} i_b + u_{ab} i_c) \tag{2.27}$$

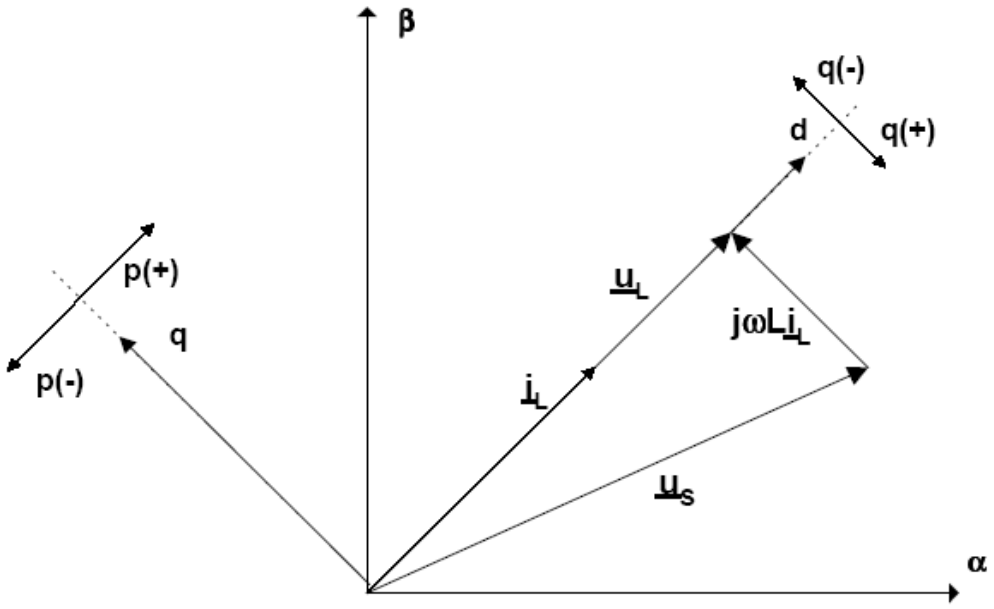
Trong hệ toạ độ d-q:

$$p = (u_{Lq} i_{Lq} + u_{Ld} i_{Ld}) = \frac{3}{2} E_m I_m \tag{2.28}$$

$$q = (u_{Lq} i_{Ld} - u_{Ld} i_{Lq}) \tag{2.29}$$

Nếu giả sử hệ số công suất bằng 1 ta có:

$$i_{Lq} = 0, u_{Lq} = 0, u_{Ld} = \sqrt{\frac{3}{2}} E_m, i_{Ld} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_m, q = 0$$




**Hình 2.11:** Dòng công suất trong bộ biến đổi AC/DC hai chiều phụ thuộc vào hướng $i_L$.

**4. Tính toán giá trị giới hạn của điện cảm.**

Từ chế độ làm việc của dòng tải lớn nhất ta có thể tính toán giá trị giới hạn cảu điện cảm :

Đối với sơ đồ ba pha, điện áp một chiều phải lớn hơn biên ddj điện áp dây:

$$Ud = kU_{1,1}^m = k\sqrt{3}U_1^m$$

Với k là hệ số, thường chọn k=1.1 ÷1.2 = const

Độ dài của vector thỏa mãn phương trình sau:

$$Ui^2 = U_1^2 + U_L^2$$

Hay :

$$\left(\frac{U_d}{\sqrt{3}}\right)^2 = \left(U_1^m\right)^2 + \left(\omega L I_1\right)^2$$

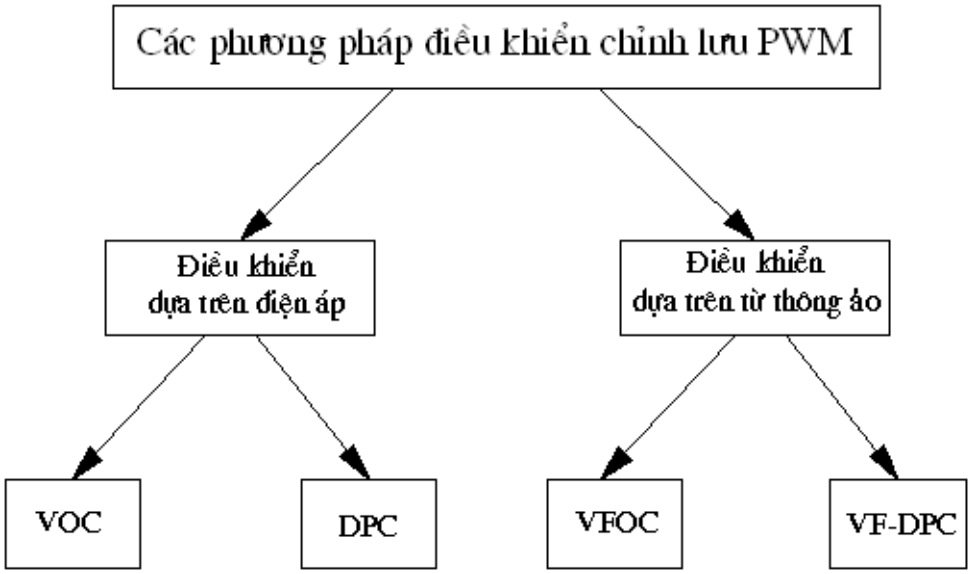
Kết hợp 3 công thức trên ta có quan hệ :

$$\omega L I_1 = U_1\sqrt{k^2 - 1}$$

Biểu thức trên cho ta tính được giá trị giới hạn của đện cảm ứng với dòng tải lớn nhất của sơ đồ.

### 2.3.3. Phương pháp điều khiển chỉnh lưu PWM

Dựa vào hai đại lượng vector cơ bản là điện áp và từ thông ảo để xây dựng phương pháp điều khiển chỉnh lưu. Hiện nay có hai phương pháp điều khiển chỉnh lưu PWM là phương pháp điều khiển định hướng theo vector điện áp VOC và phương pháp điều khiển trực tiếp công suất DPC. Kết hợp với hai đại lượng vector cơ bản như vậy ta có bốn cấu trúc điều khiển chỉnh lưu PWM

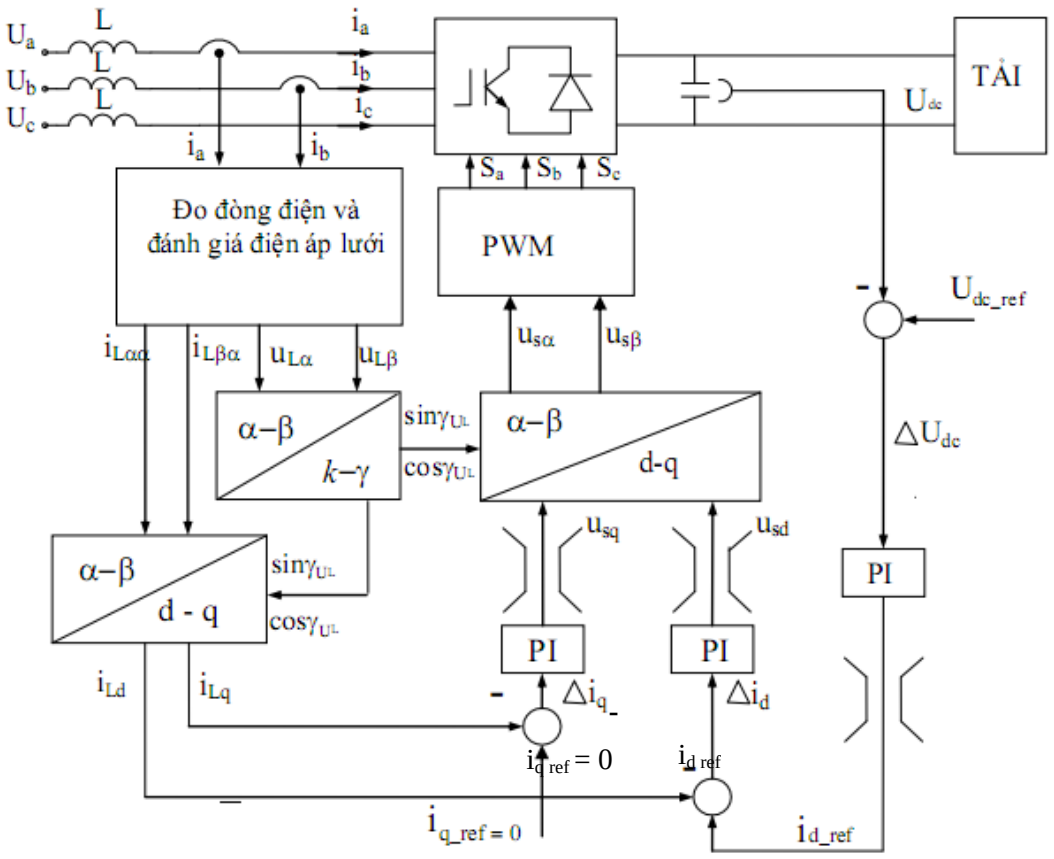



**Hình 2.12:** Các phương pháp điều khiển chỉnh lưu PWM

### 2.3.4. Cấu trúc điều khiển chỉnh lưu PWM

Sau đây là trình bày về hai trong số bốn phương pháp điều khiển chỉnh lưu PWM đó là  điều khiển định hướng theo vector điện áp với hai đại lượng cơ bản là Vector điện áp và Vector từ thông ảo

## 1. Cấu trúc điều khiển chỉnh lưu PWM định hướng theo Vector điện áp sử dụng đại lượng Vector điện áp




**Hình 2.13:** Sơ đồ khối của phương pháp điều khiển VOC.

Đặc điểm của phương pháp điều khiển dựa vào dòng điện là xử lý tín hiệu trong hai hệ trục toạ độ là hệ trục toạ độ tĩnh α-β và hệ trục toạ độ quay d-q. Các giá trị đo được trong hệ trục toạ độ tự nhiên đầu tiên được biến đổi sang hệ trục toạ độ tĩnh α-β sau đó được biến đổi sang hệ trục toạ độ quay d-q như trên sơ đồ khối.

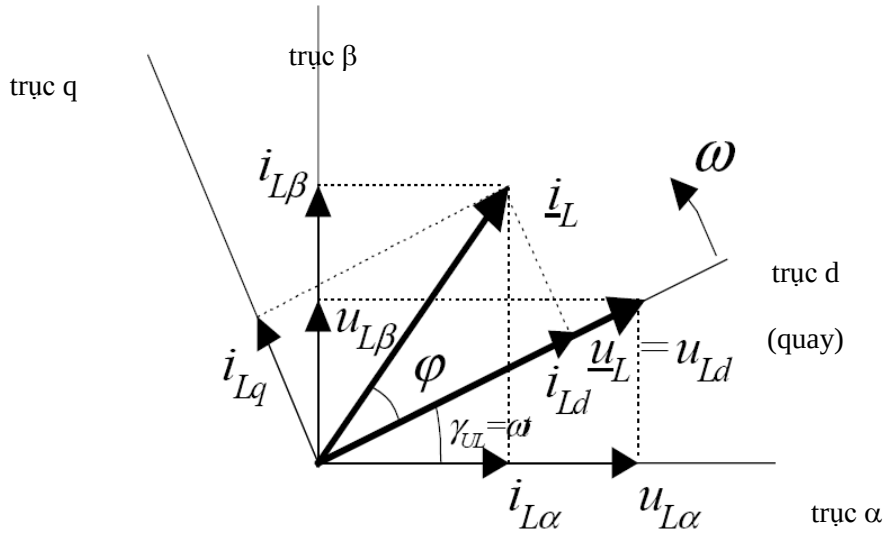
Công thức biến đổi từ hệ toạ độ α-β sang hệ toạ độ d-q là

$$\begin{bmatrix} k_\alpha \\ k_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\gamma_{UL} & -\sin\gamma_{UL} \\ \sin\gamma_{UL} & \cos\gamma_{UL} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_d \\ k_q \end{bmatrix} \qquad (2.33)$$

Trong cả hai hệ trục toạ độ véc tơ điện áp $\gamma_{UL}$ được xác định như sau

$$\sin\gamma_{UL} = u_{L\beta} / \sqrt{(u_{L\alpha})^2 + (u_{L\beta})^2}$$
$$\cos\gamma_{UL} = u_{L\alpha} / \sqrt{(u_{L\alpha})^2 + (u_{L\beta})^2} \qquad (2.34)$$

Trong hệ toạ độ quay d-q dòng điện lưới $\underline{i}_L$ được chia làm hai thành phần là $i_{Ld}$ (thành phần dọc trục) và $i_{Lq}$ (thành phần ngang trục) trong đó $i_{Ld}$ xác định hướng dòng của công suất tác dụng và $i_{Lq}$ xác định công suất phản kháng. Nhờ đó mà công suất tác dụng cũng như phản kháng có thể điều khiển một cách độc lập. Hệ số công suất bằng một khi véc tơ dòng điện lưới $\underline{i}_L$ trùng pha với véc tơ điện áp lưới $\underline{u}_L$. Đặt trục d của hệ trục toạ độ quay  trùng với véc tơ điện áp lưới thì có thể có được mô hình động lực học đơn giản.




**Hình 2.14:** Sơ đồ véc tơ VOC. Biến đổi dòng, áp lưới và điện áp đầu vào bộ chỉnh lưu từ hệ trục toạ độ α-β sang hệ trục toạ độ d-q

Công thức tính điện áp lưới trong hệ trục d-q như sau:

$$u_{Ld} = R.i_{Ld} + L\frac{di_{Ld}}{dt} + u_{Sd} - \omega.L.i_{Lq} \qquad (2.35)$$

$$u_{Lq} = R.i_{Lq} + L\frac{di_{Lq}}{dt} + u_{Sq} + \omega.L.i_{Ld} \qquad (2.36)$$

Theo hình 2.12 thì dòng điện ngang trục $i_{Lq}$ được đặt bằng 0 để có được hệ số công suất bằng 1 và dòng điện dọc trục $i_{Ld}$ được đặt bởi bộ điều khiển điện áp một chiều và điều khiển dòng công suất tác dụng giữa người cấp và điện áp một chiều trung gian. Giả sử điện trở đầu vào coi như vô cùng bé so với điện cảm đầu vào thì công thức có thể tối giản thành:

$$u_{Ld} = L\frac{di_{Ld}}{dt} + u_{Sd} - \omega.L.i_{Lq} \qquad (2.37)$$

$$0 = L\frac{di_{Lq}}{dt} + u_{Sq} + \omega.L.i_{Ld} \qquad (2.38)$$

Nếu dòng điện ngang trục $i_{Lq}$ đạt được giá trị 0 thì công thức sau đúng:

$$u_{Ld} = L\frac{di_{Ld}}{dt} + u_{Sd} \quad (2.39)$$

$$0 = u_{Sq} + \omega.L.i_{Ld} \quad (2.40)$$

Bộ điều khiển dòng điện có thể sử dụng bộ PI, tuy nhiên bộ điều khiển PI không đáp ứng được đặc tính động đặc biệt là khi sử dụng công thức (2.37) và (2.38) vì vậy để đáp ứng được đặc tính động học của dòng điện thì cần tách riêng từng dòng điện đầu vào bộ chỉnh lưu ra để điều khiển.

$$u_{Sd} = \omega.L.i_{Lq} + u_{Sd} + \Delta u_d \quad (2.41)$$

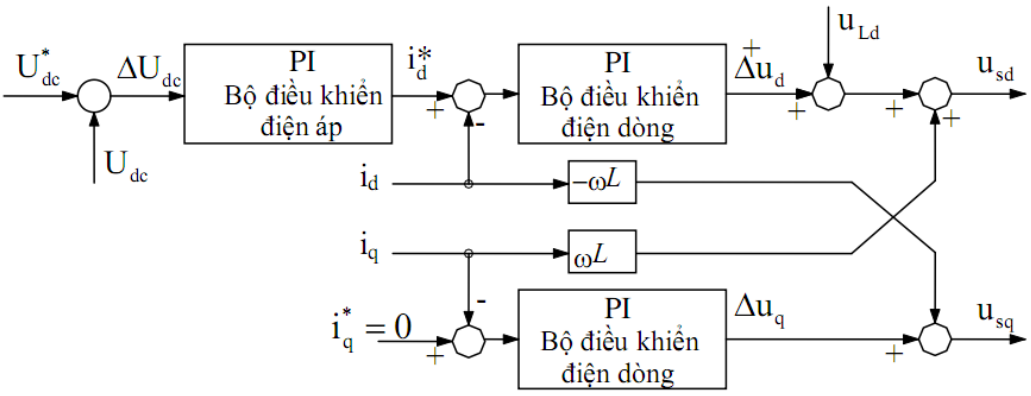
$$u_{Sq} = -\omega.L.i_{Lq} + \Delta u_q \quad (2.42)$$

Trong đó Δ là tín hiệu ra của bộ điều khiển dòng điện

$$\Delta u_d = k_p(i_d^* - i_d) + k_i\int(i_d^* - i_d).dt \quad (2.43)$$

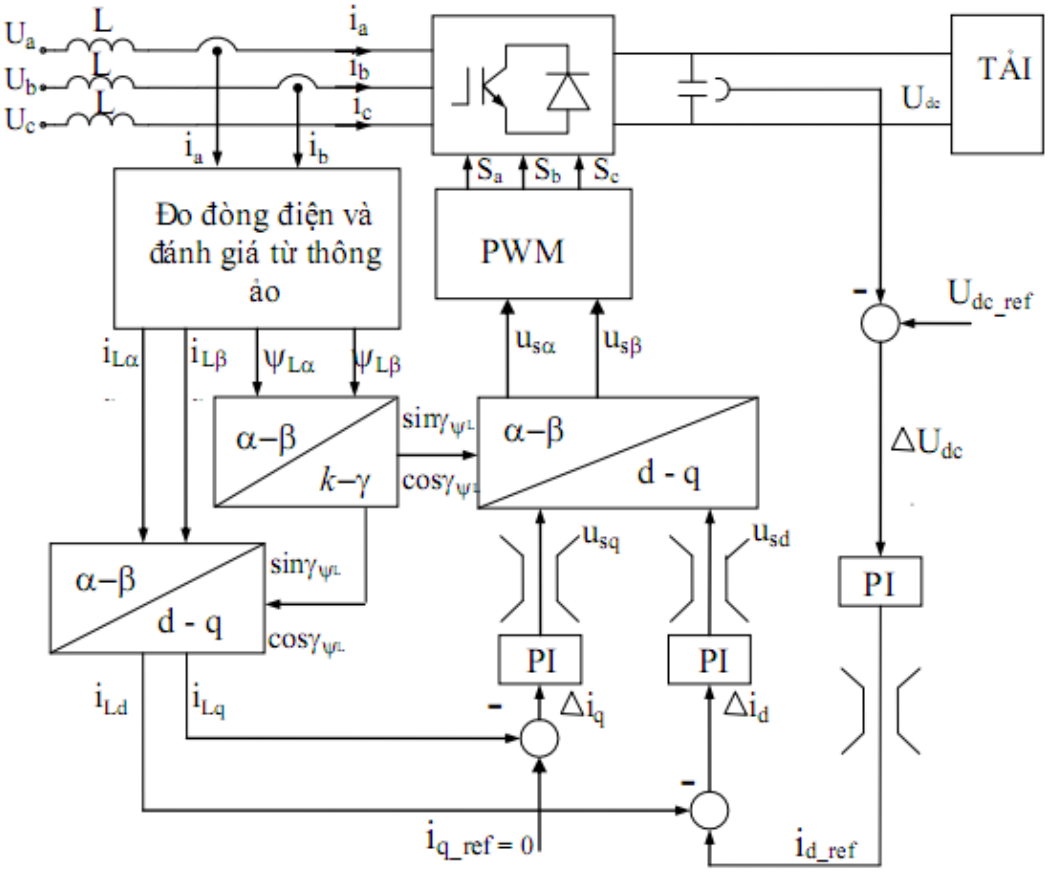
$$\Delta u_q = k_p(i_q^* - i_q) + k_i\int(i_q^* - i_q).dt \quad (2.44)$$

Tín hiệu đầu ra bộ PI sau khi được biến đổi từ dq sang αβ được sử dụng làm tín hiệu đóng cắt cấp cho bộ điều chế véc tơ không gian




**Hình 2.15:** Điền khiển tách dòng điện đầu vào bộ chỉnh lưu PWM

## 2. Cấu trúc điều khiển chỉnh lưu PWM định hướng theo Vector điện áp sử dụng Vector từ thông ảo (VFOC)




**Hình 2.16:** Sơ đồ khối của phương pháp điều khiển VFOC

Cấu trúc điều khiển chỉnh lưu PWM theo VFOC khác biệt so với VOC thể hiện ở hình trên . Trục d được chọn trùng với Vector $\psi_L$ do vậy điện áp Ul sẽ trùng với trục q. Vector dòng điện $i_1$ trùng với $U_1$ nên ta có $i_{1d}$ =0 và $i_{1q} = i_1$ do vậy mạch vòng điều chỉnh theo VFOC sẽ có lượng đặt $i_d^* = 0$ và $i_q^*$ lấy từ đầu ra bộ điều chỉnh điện áp một chiều. Công thức tính $\psi_{L\alpha}$ và $\psi_{L\beta}$ là :

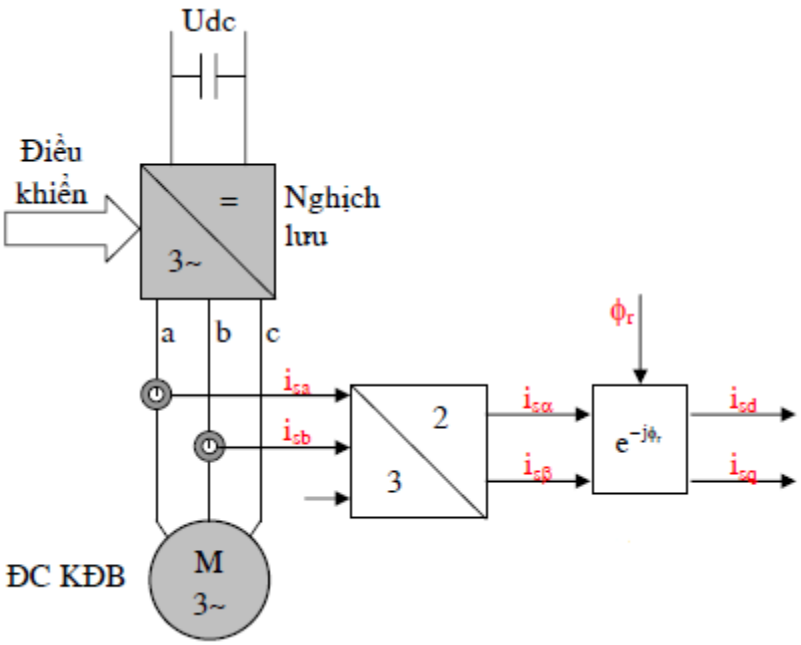
$$\begin{cases} \psi_{L\alpha} = \left( U_{i\alpha} + L\dfrac{di_\alpha}{dt} \right) dt \\ \psi_{L\beta} = \left( U_{i\beta} + L\dfrac{di_\beta}{dt} \right) dt \end{cases}$$

Và góc $\varphi$ theo công thức :

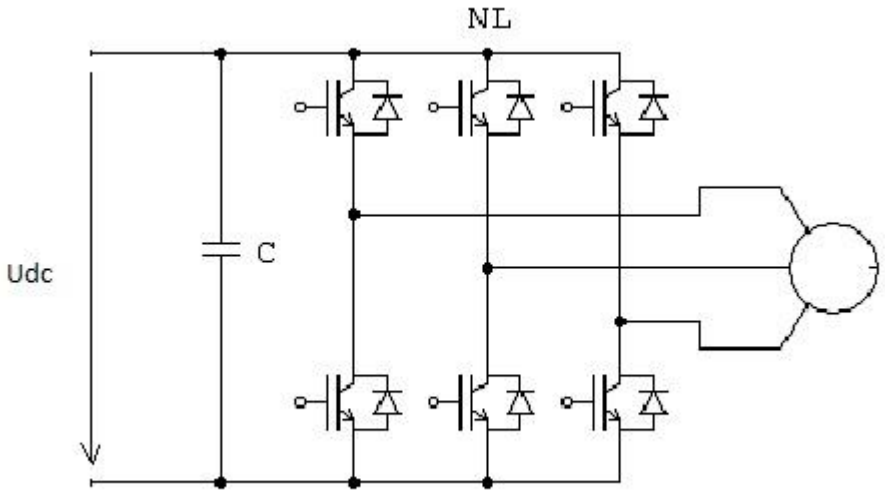
$$\begin{cases} \sin\varphi = \dfrac{\psi_{L\beta}}{\sqrt{\psi_{L\alpha}^2 + \psi_{L\beta}^2}} \\ \cos\varphi = \dfrac{\psi_{L\alpha}}{\sqrt{\psi_{L\alpha}^2 + \psi_{L\beta}^2}} \end{cases}$$

## 2.4 ĐIỀU CHẾ VECTOR KHÔNG GIAN CHO BIẾN TẦN 4Q

Nghịch lưu sủ dụng pháp điều khiển điều chế vector không gian là các bộ nghịch lưu hoạt động theo kiểu cắt xung với tần số cắt cao.Các van sử dụng ở đây chủ yếu là Tránistor(IGBT ,MOSFET) ta có sơ đồ mạch nguyên lý hình 2.17

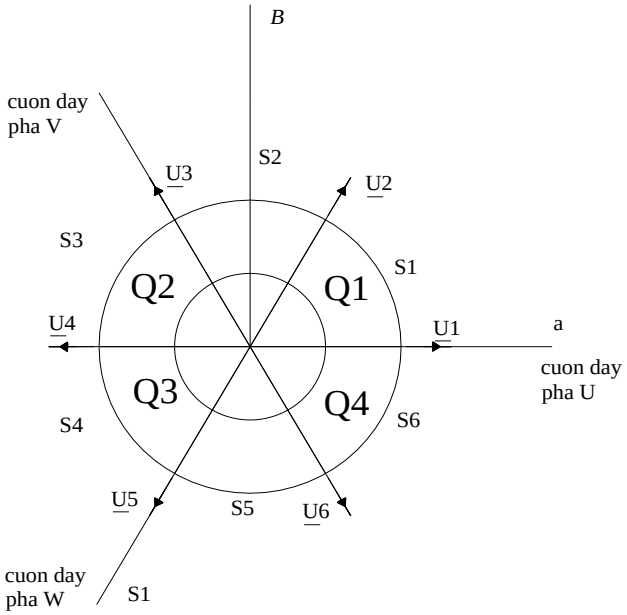



**Hình 2.17:** Mạch Nguyên lý nghịch lưu sử dụng phương pháp điều chế vector




**Hình 2.18:** Mạch nghịch lưu

Bằng 3 nhánh van ta có thể tạo ra 8 trạng thái logic ứng với 8 vector điện áp chuẩn U0,U1,…U7. Trong đó hai vector U0 và U7 là các vector có module bằng không. Vị trí tương đối của các vector chuẩn so với các trục α,β được minh họa bằng hình ảnh :




**Hình 2.19:** 8 vector không gian điện áp ứng với 8 trạng thái

Vector chuẩn chia không gian vector thành các góc phần sáu S1…S6 (S : sector) và các góc phần tư Q1…Q4 (Q : quadrant) được phân chia bởi 2 trục của hệ tọa độ

Trạng thái logic của các nhánh van được tập hợp trong bảng dưới đây

**Bảng 2.1:** Trạng thái đống mở van

| pha | U0 | U1 | U2 | U3 | U4 | U5 | U6 | U7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| u | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| v | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| w | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Để thực hiện điều chế không gian vector ta thực hiện các bước sau

- Xác định us thuộc góc phần tư ,phần sáu nào
- Xác định thời gian,van kích mở

### 2.4.1.Nguyên lý của phương pháp điều chế vector không gian

Làm thế nào để thực hiện một vector điện áp? Ta lấy một ví dụ cụ thể:

Giải sử thực hiện vector Us bất kì trong đó có thể nằm trong góc phần sáu bất kì nào đó, ta có thể chọn Us nằm ở S1. Us có thể tách thành tổng của hải vector con Up và Ut tựa theo hướng của 2 điện áp chuẩn U1 và U2. Từ đó ta quy vấn đề thực hiện Us thành việc thực hiện 2 vector chuẩn ( trong ví dụ mà ta đang xét) U1 và U2 trong khoảng thời gian Tp và Tt ứng với :

$$Tp = \frac{|Up|}{|Us\max|}T \text{ và } Tp = \frac{|Ut|}{|Us\max|}T$$

Để tính được Tp và Tt ta phải biết modul của các vector biên phải Up và biên trái Ut.

Vậy trong khoảng thời gian T-(Tp+Tt) biến tần làm gì? . Ta tìm được ngay câu trả lời : trong khoảng thời gian T-(Tp+Tt) biến tần thực hiện 1 trong 2 vector module bằng không U0 hoặc U7. Bằng cách đó trên thực tế ta đã thực hiện được phép cộng vector :

$$Us = Ut + Up + U0\ (U7) = \frac{Tp}{T}U1 + \frac{Tt}{T}U2 + \frac{T-(Tp+Tt)}{T}U0$$

Vậy trình tư thực hiện 3 vector U1,U2 và U0 hoặc U7

Để làm sáng tỏ vấn đề trên ta tách riêng mẫu xung của bốn vector trên thành một bảng riêng

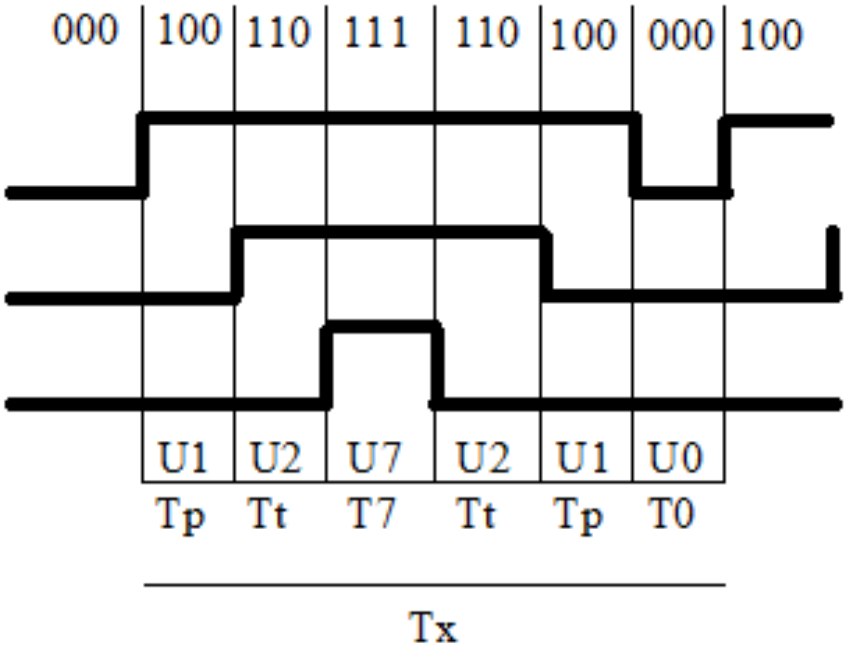
| | U0 | U1 | U2 | U7 |
|---|---|---|---|---|
| U | 0 | 1 | 1 | 1 |
| V | 0 | 0 | 1 | 1 |
| W | 0 | 0 | 0 | 1 |

**Bảng 2.2 :** Mẫu xung của bốn Vector U0,U1,U2,U7

Trình tự có lợi nhất nếu trong một chu kì các cặp van ít phải chuyển mạch nhất. Cụ thể ở đây mỗi cặp van sẽ chỉ phải chuyển mạch một lần

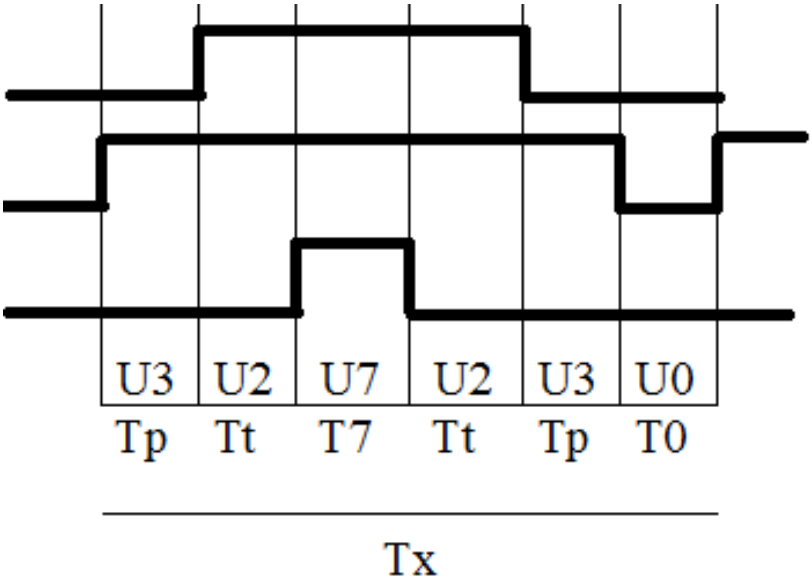
- Nếu trạng thái cuối cùng là U0 thì trình tự thực hiện sẽ là
  U1-U2-U7
- Nếu trạng thái cuối cùng là U7 thì trình tự thực hiện sẽ là
  U2-U1-U0

Bằng phương pháp thực hiện điện áp như vậy ta sẽ gây tổn hao đóng ngắt các van của biến tần ở mức ít nhất. Nếu ta vẽ ghép tượng trưng hai chu kỳ nối tiếp nhau thuộc góc phần sáu thứ nhất S1

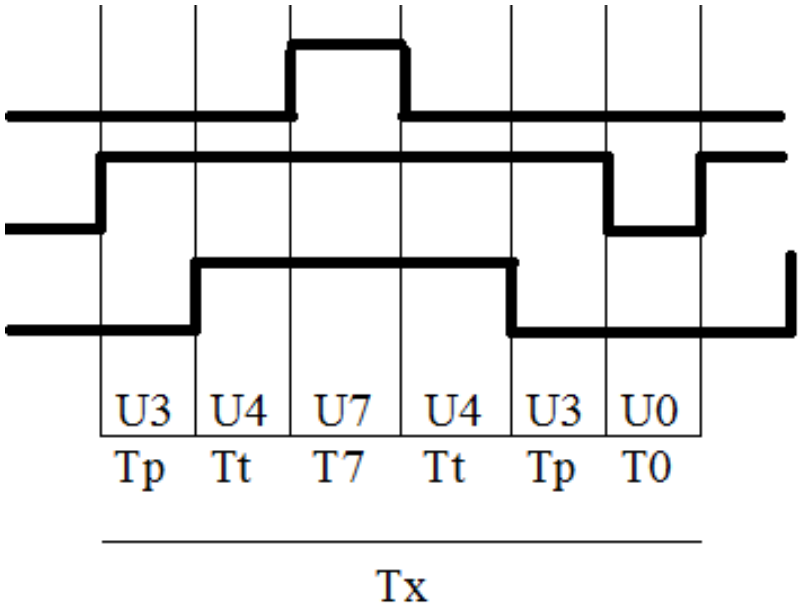



**Hình 2.20:** Biểu đồ xung kích thuộc S1

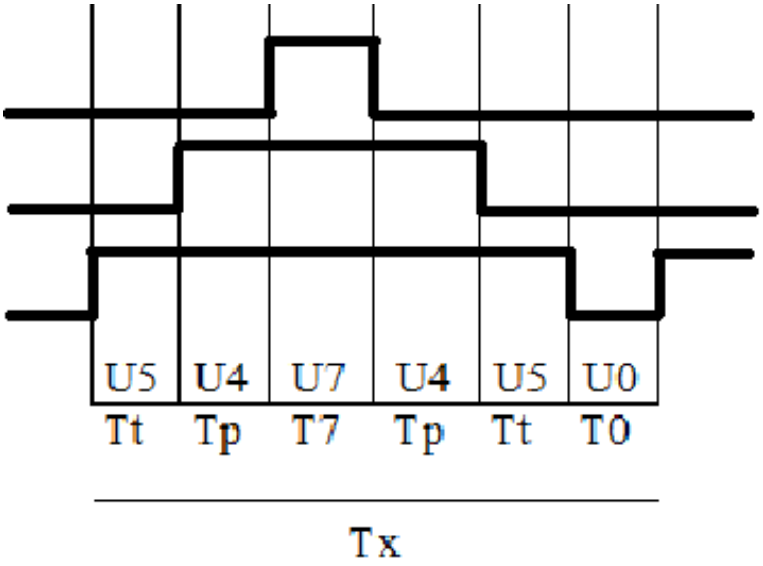
Các góc phần sáu còn lại cách thực hiện giống hệ S1



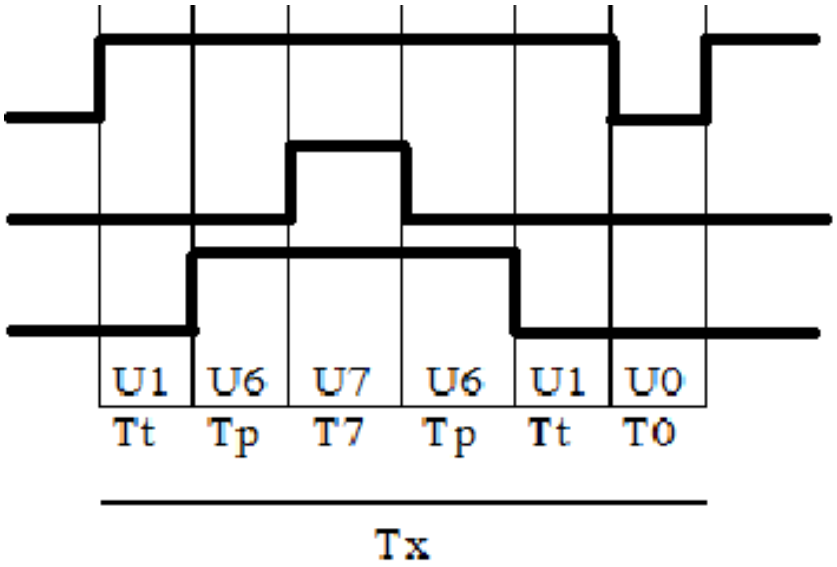

**Hình 2.21:** Biểu đồ xung kích thuộc S2



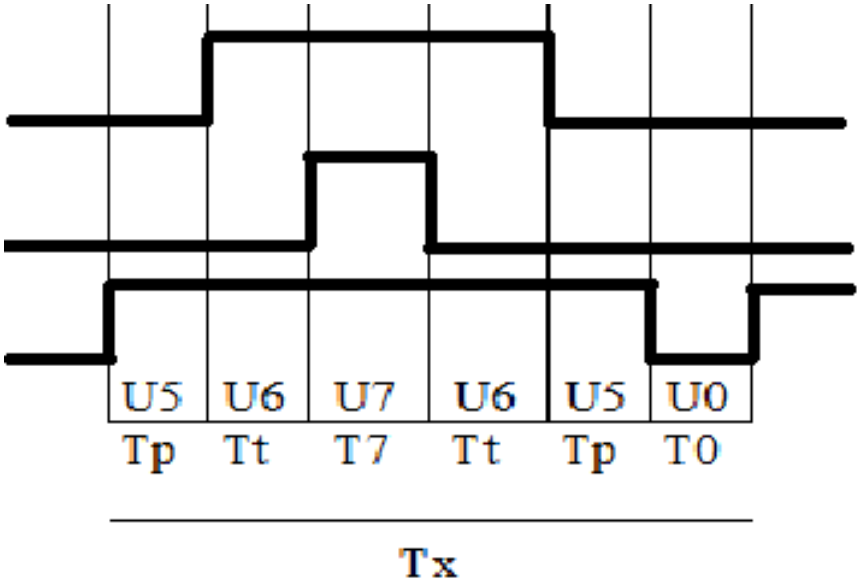

**Hình 2.22:** Biểu đồ xung kích thuộc S3




**Hình 2.23:** Biểu đồ xung kích thuộc S4




**Hình 2.25:** Biểu đồ xung kích thuộc S6




**Hình 2.27:** Biểu đồ xung kích thuộc S5

### 2.4.2.Thời gian đóng cắt van bán dẫn

Vấn đề ở đây là chúng ta tính toán Ut và Up như thế nào để tính được Tp và Tt (vì các đại lượng còn lại đã biết). Ta có 2 phương pháp tính

- Phương pháp 1:

  Trên cơ sở công thức: Vu=Vs + arctg($\frac{Usq}{Usd}$) ta tính được Vsu và do đó tính được $\gamma$ . Module của các vector biên phải biên trái sẽ có giá trị như sau:

$$\left| Up = \frac{2|\mathrm{Us}|\sin(60^0 - \gamma)}{\sqrt{3}} \right|$$

$$\left| Ut = \frac{2|\mathrm{Us}|\sin(\gamma)}{\sqrt{3}} \right|$$

Trong đó $|\mathrm{Us}| = \sqrt{(\mathrm{Usd})^2} + \sqrt{(\mathrm{Us}q)^2}$

- Phương pháp 2 :

  Các vector biên phải và biên trái được tính trực tiếp từ Usα và Usβ theo công thức:

$$|Up| = |\mathrm{Us}\alpha| - \frac{|\mathrm{Us}\beta|}{\sqrt{3}}$$

$$|Ut| = \frac{2|\mathrm{Us}\beta|}{\sqrt{3}}$$

Phương pháp 1 có hiệu lực trong toàn bộ không gian vector nhưng phương pháp 2 chỉ có hiệu lực trong S1

Ta có bảng :

**Bảng 2.3:** modul các vector biên trái , biên phải tính bằng các thành phần điện áp $u_{s\beta}$,$u_{s\alpha}$

| | | $\lvert Up\rvert$ | $\lvert Ut\rvert$ |
|---|---|---|---|
| S1 | Q1 | $\lvert Us\alpha\rvert-\frac{1}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ | $\frac{2}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ |
| S2 | Q1 | $\lvert Us\alpha\rvert+\frac{1}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ | $-\lvert Us\alpha\rvert+\frac{1}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ |
| | Q2 | $-\lvert Us\alpha\rvert+\frac{1}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ | $\lvert Us\alpha\rvert+\frac{1}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ |
| S3 | Q2 | $\frac{2}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ | $\lvert Us\alpha\rvert-\frac{1}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ |
| S4 | Q3 | $\lvert Us\alpha\rvert-\frac{1}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ | $\frac{2}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ |
| S5 | Q3 | $\lvert Us\alpha\rvert+\frac{1}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ | $-\lvert Us\alpha\rvert+\frac{1}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ |
| | Q4 | $-\lvert Us\alpha\rvert+\frac{1}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ | $\lvert Us\alpha\rvert+\frac{1}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ |
| S6 | Q4 | $\frac{2}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ | $\lvert Us\alpha\rvert-\frac{1}{\sqrt{3}}\lvert Us\beta\rvert$ |

Việc áp dụng phương pháp 2 tưởng chừng phức tạp do sử dụng nhiều công thức khác nhau tuy vậy quan sát kỹ tất cả còn chỉ quy về 3 công thức:

$$a = |\mathrm{Us}\alpha| + \frac{|\mathrm{Us}\beta|}{\sqrt{3}}; b = |\mathrm{Us}\alpha| - \frac{|\mathrm{Us}\beta|}{\sqrt{3}}; c = \frac{2|\mathrm{Us}\beta|}{\sqrt{3}}$$

Trong cả 3 công thức đều không chứa phép chia cũng như phép tính lượng giác. Vì thế áp dụng chúng có lời hơn nhiều về thời gian tính toán. Vấn đề còn tồn tại đó là biết được Us nằm ở góc phần tư, góc phần sáu nào của không gian vector để lựa chọn công thức cho đúng. Đây là việc đơn giản ta có thể làm theo các bước:

- Xét dấu của Usα và Usβ để dễ dàng nhận biết vector Us nằm ở góc phần tư thứ mấy.
- Biểu thức $b = |\mathrm{Us}\alpha| - \frac{|\mathrm{Us}\beta|}{\sqrt{3}}$ sẽ đổi dấu mỗi khi vector Us đi qua ranh giới giữa hai góc phần sáu bất kì. Sau khi đã biết góc phần tư ( bước 1) bằng việc xét dấu b ta sẽ biết được góc phần sáu cụ thể thuộc góc phần tư đó.

Ta có lưu đồ thuật toán :

<table>
<tr><td colspan="8">Nhập số liệu $Us\alpha$ và $Us\beta$</td></tr>
<tr><td colspan="8">Tính a,b,c theo công thức :<br>$a = |Us\alpha| + \frac{|Usb|}{\sqrt{3}}$ ; $b = |Us\alpha| - \frac{|Usb|}{\sqrt{3}}$ ; $c = \frac{2|Us\beta|}{\sqrt{3}}$</td></tr>
<tr><td colspan="8">$Us\beta < 0$?</td></tr>
<tr><td colspan="4">Sai</td><td colspan="4">Đúng</td></tr>
<tr><td colspan="4">$Us\alpha < 0$?</td><td colspan="4">$Us\alpha < 0$?</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sai $\leftrightarrow$ Q1</td><td colspan="2">Đúng $\leftrightarrow$ Q2</td><td colspan="2">Đúng $\leftrightarrow$ Q3</td><td colspan="2">Sai $\leftrightarrow$ Q4</td></tr>
<tr><td colspan="2">$b < 0$?</td><td colspan="2">$b < 0$?</td><td colspan="2">$b < 0$?</td><td colspan="2">$b < 0$?</td></tr>
<tr><td>Sai<br>S1</td><td>Đúng<br>S2/Q1</td><td>Đúng<br>S2/Q2</td><td>Sai<br>S3</td><td>Sai<br>S4</td><td>Đúng<br>S5/Q3</td><td>Đúng<br>S5/Q4</td><td>Sai<br>S6</td></tr>
<tr><td colspan="8">Tính thời gian đóng ngắt van theo công thức chuẩn bị sẵn phù hợp với phần cứng</td></tr>
<tr><td colspan="8">Xuất số liệu về thời gian đóng ngắt van</td></tr>
</table>

**Hình 2.28:** Biểu đồ tính tổng quát của thuật toán điều chỉnh vector không gian

# CHƯƠNG 3 : MÔ PHỎNG BIẾN TẦN 4Q

## 3.1 : MÔ PHỎNG PHÍA CHỈNH LƯU

Mô phỏng chỉnh lưu PWM

Trong phương pháp điều biến độ rộng xung PWM còn chia ra làm hai cách điều chế:

- Điều chế đơn cực : Là dạng điều biến mà trong đó tại ½ chu kì điện áp mong muốn chỉ có một cặp van được điều khiển đóng mở, điện áp trên tải sẽ tồn tại các giá trị 0, E hoặc 0,-E

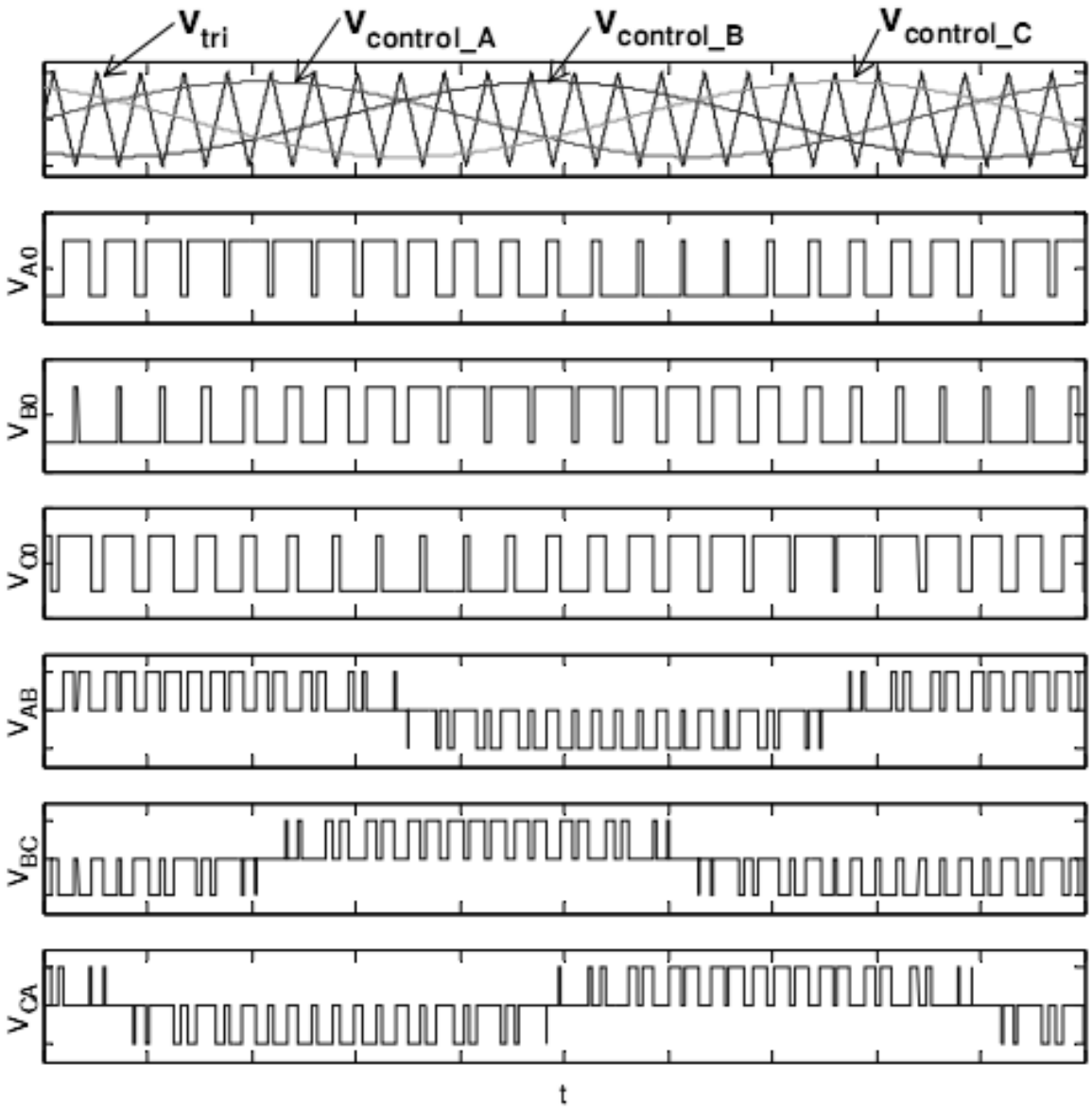
- Điều biến dạng lưỡng cực: là dạng điều biến mà trong đó tại mọi thời điểm luôn có mộ cặp van điều khiển dẫn do vậy gái trị điện áp trên tải chỉ tồn tại hai giá trị E hoặc –E

Các bước thực hiện phương pháp điều chế :

- Tạo ra một tín hiệu hình sin có biên độ Um tần số bằng tần số cần thiết ở đầu ra của biến tần.

- Tạo ra cung tam giác có biên độ Up và tần số cố điện là bộ số của tần số sóng hình sin. Chính dạng của xung tam giác nên ta có 2 phương pháp là đơn cực và lưỡng cực

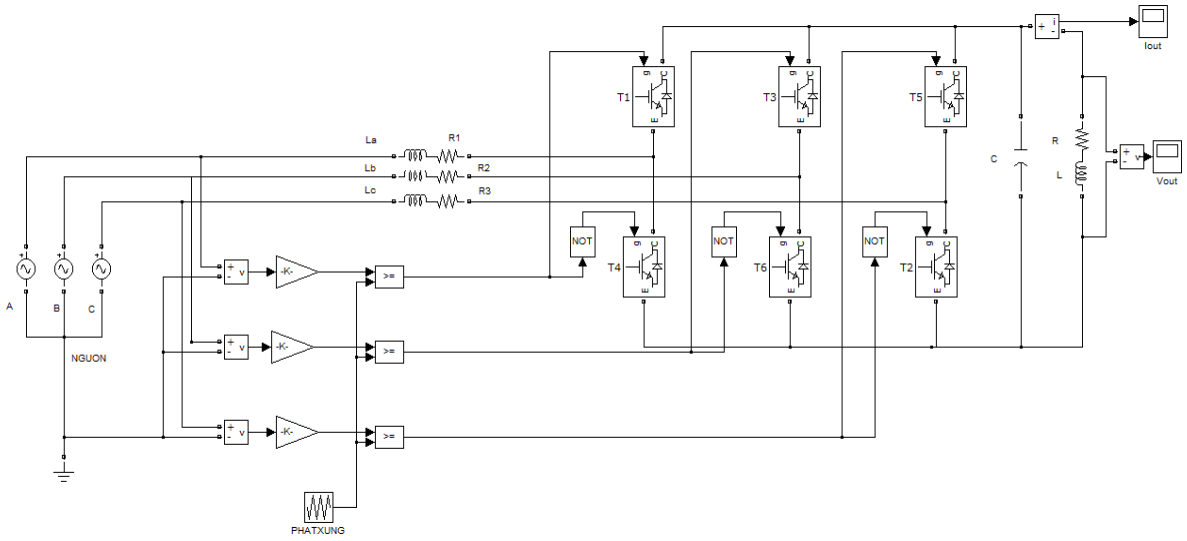
- So sánh tín hiệu hình sin với tín hiệu xung tam giác, thời điểm gao nhau của hai tín hiệu là thời điểm đóng mở van bán dẫn. Ta có tỷ số điều biến $M = \frac{U_M}{U_P}$, để điều chỉnh giá trị điện áp ra ta thay đổi giá trị của tỉ số điều biến.




**Hình 3.1:** Dạng điện áp đầu ra biến tần được điều khiển theo phương pháp điều chế độ rộng xung PWM

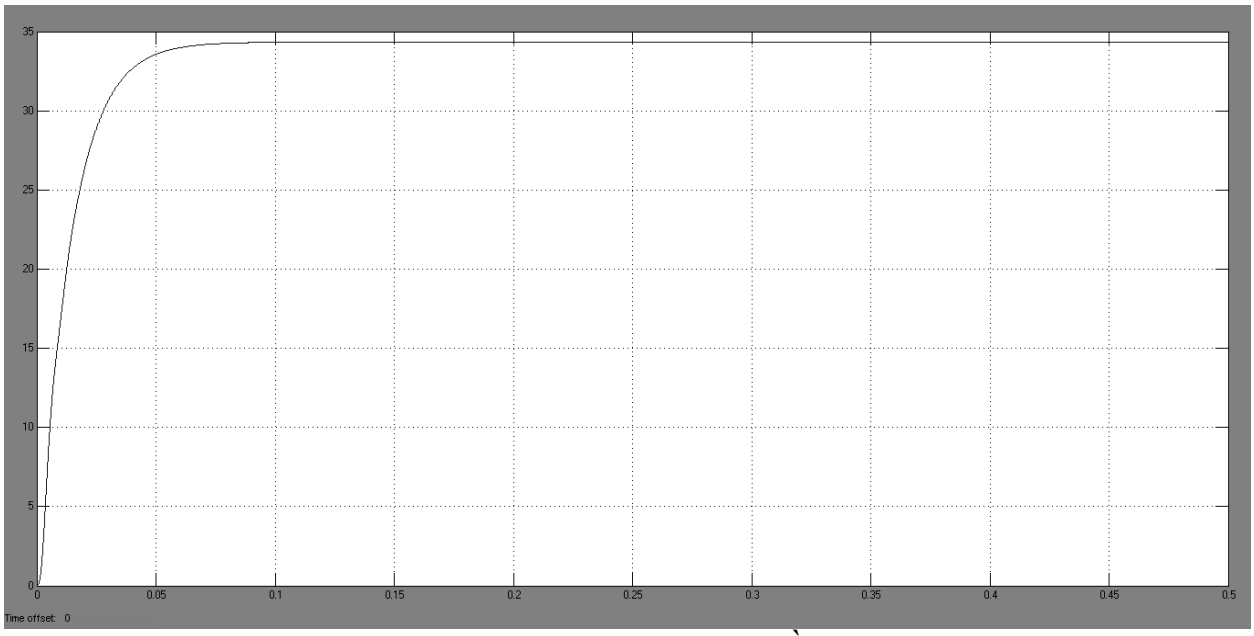
Theo nguyên lý này thì các tín hiệu hình sin của ba pha A, B, C được so sánh với cùng một tín hiệu xung tam giác, các tín hiệu điều khiển trên các pha là hoàn toàn riêng biệt nhau. Chỉ phụ thuộc vào giá trị so sánh của hai tín hiệu

**Sơ đồ mô phỏng phía chỉnh lưu biến tần 4Q:**

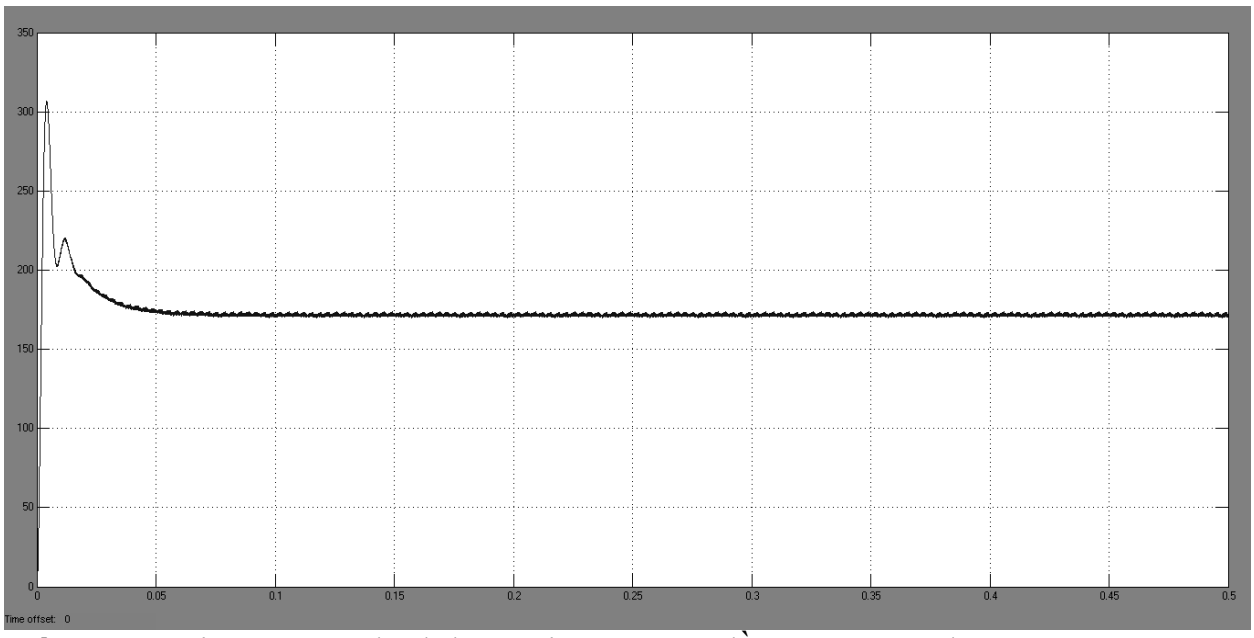



**Hình 3.2:** Sơ đồ mô phỏng chỉnh lưu

**Trường hợp 1** :Tiến hành mô phỏng với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-3 (h), với L=1e-1(H). R1 = R2 = R3 = 0,5Ω , R = 5Ω ,Tụ C = 470e-6 (f)

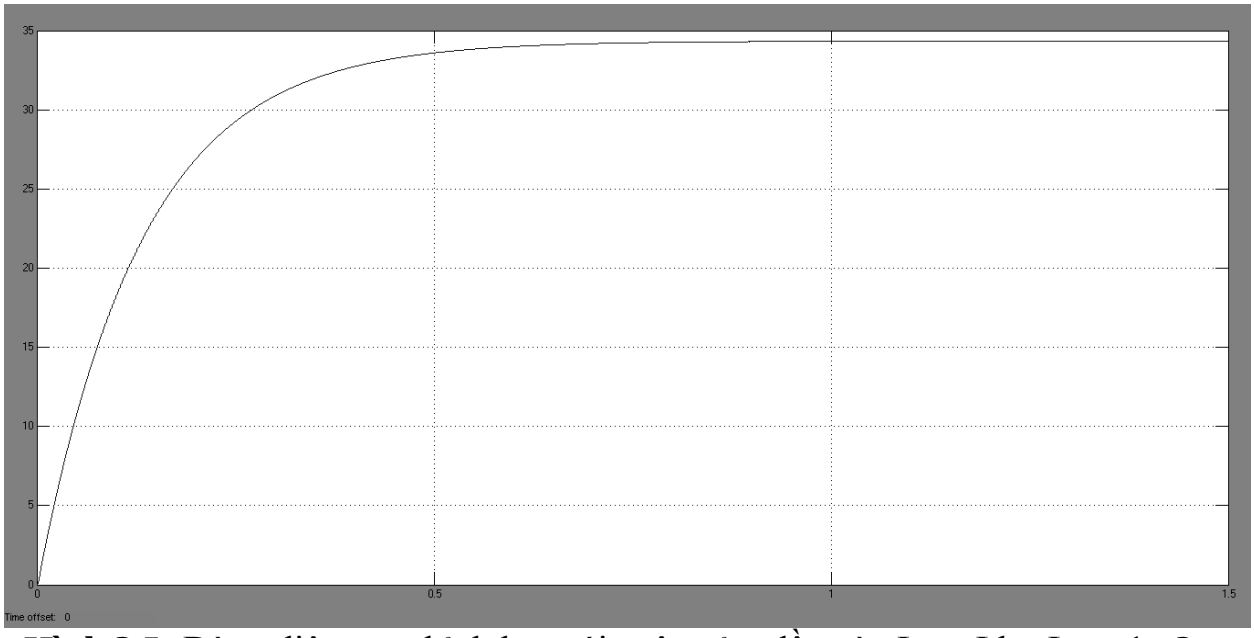



**Hình 3.3:** Dòng điện sau chỉnh lưu với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-3 (h), với L=1e-1(H). R1 = R2 = R3 = 0,5Ω , R = 5Ω ,Tụ C = 470e-6 (f)

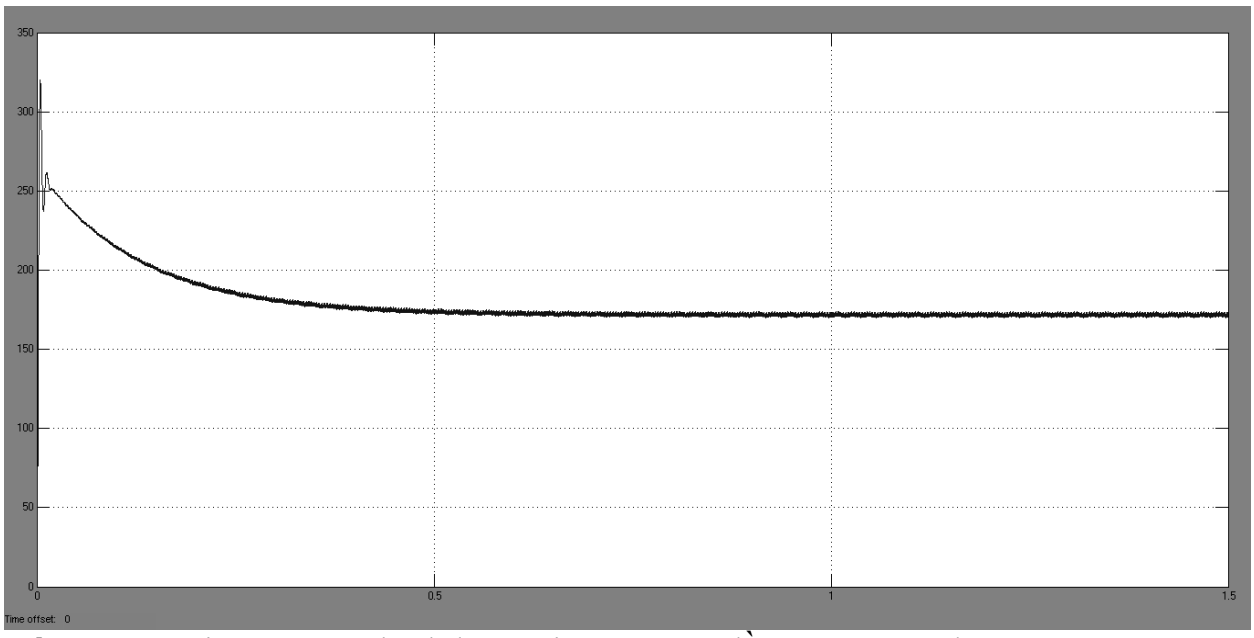



**Hình 3.4:** Điện áp sau chỉnh lưu với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-3 (h), với L=1e-1(H). R1 = R2 = R3 = 0,5Ω , R = 5Ω ,Tụ C = 470e-6 (f)

**Trường hợp 2** :Tiến hành mô phỏng với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-3 (h), với L= 1e , R1 = R2 = R3 = 0,5Ω , R = 5Ω ,Tụ C = 470e-6 (f)

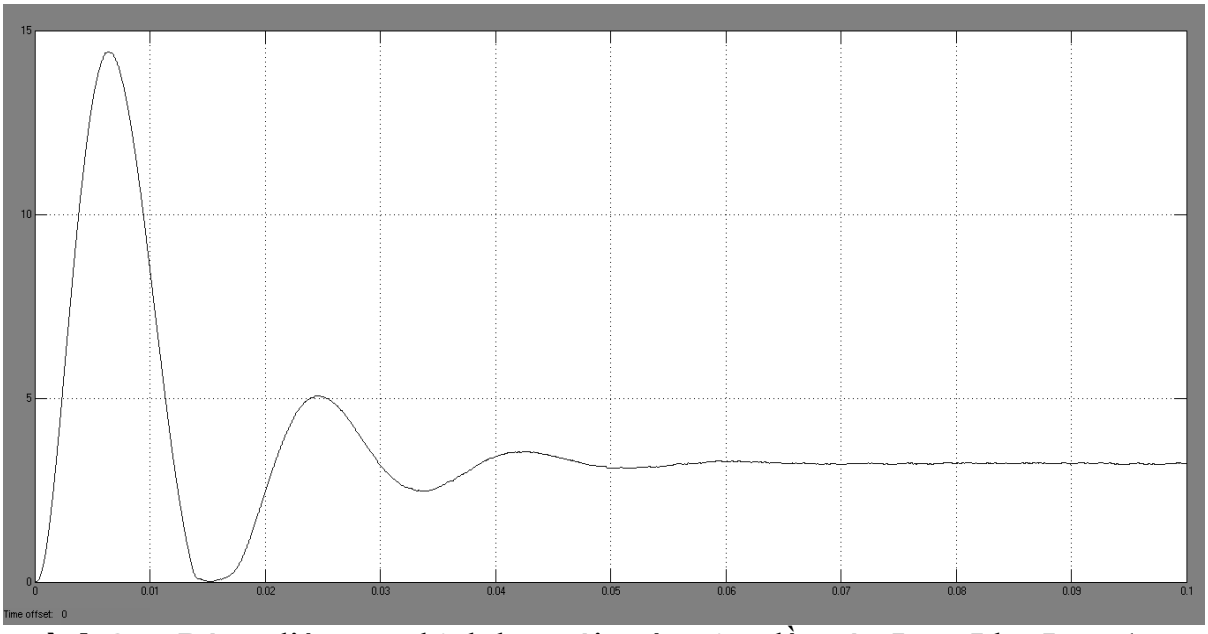



**Hình 3.5:** Dòng điện sau chỉnh lưu với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-3 (h), với L= 1e , R1 = R2 = R3 = 0,5Ω , R = 5Ω ,Tụ C = 470e-6 (f)

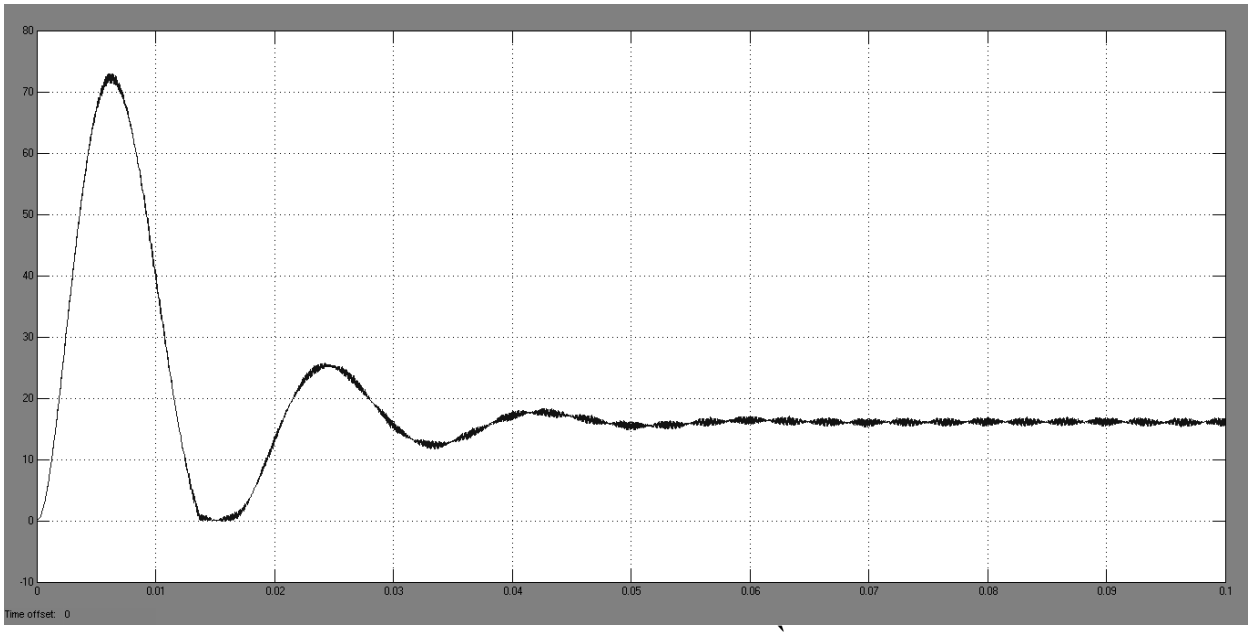



**Hình 3.6:** Điện áp sau chỉnh lưu với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-3 (h), với L= 1e , R1 = R2 = R3 = 0,5Ω , R = 5Ω ,Tụ C = 470e-6 (f)

**Trường hợp 3** :Tiến hành mô phỏng với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-2 (h),L = 1e-3h, R1 = R2 = R3 = 0,5Ω , R = 5Ω ,Tụ C = 470e-6 (f)

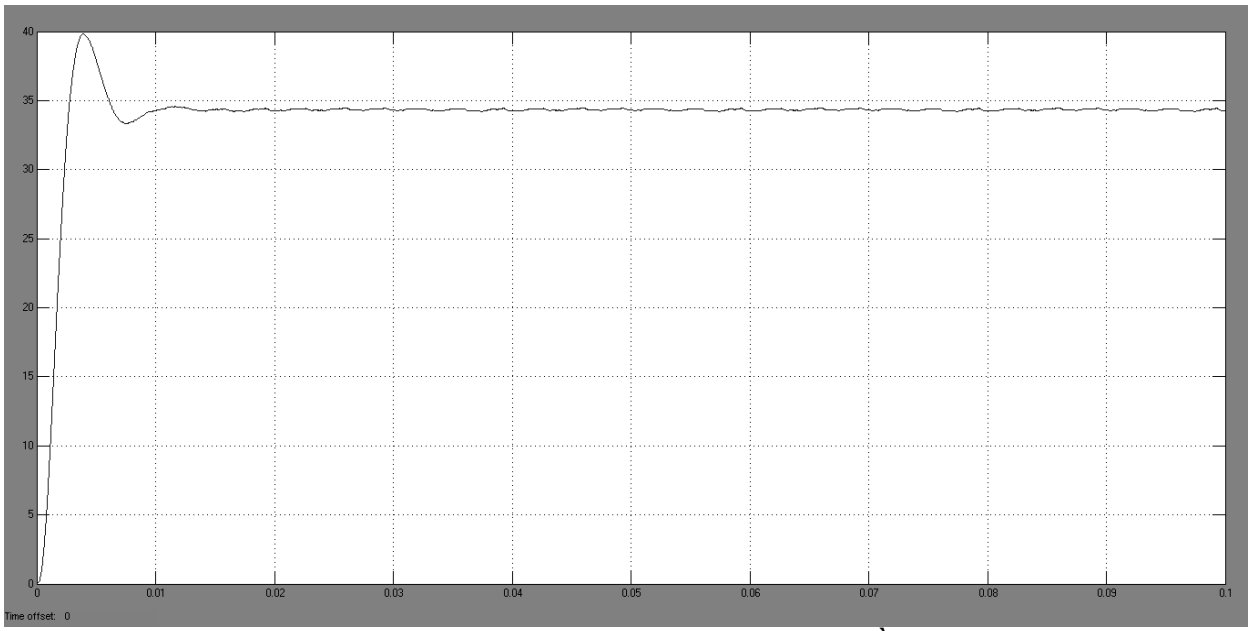



**Hình 3.7:** Dòng điện sau chỉnh lưu với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-2 (h),L = 1e-3h, R1 = R2 = R3 = 0,5Ω , R = 5Ω ,Tụ C = 470e-6 (f)

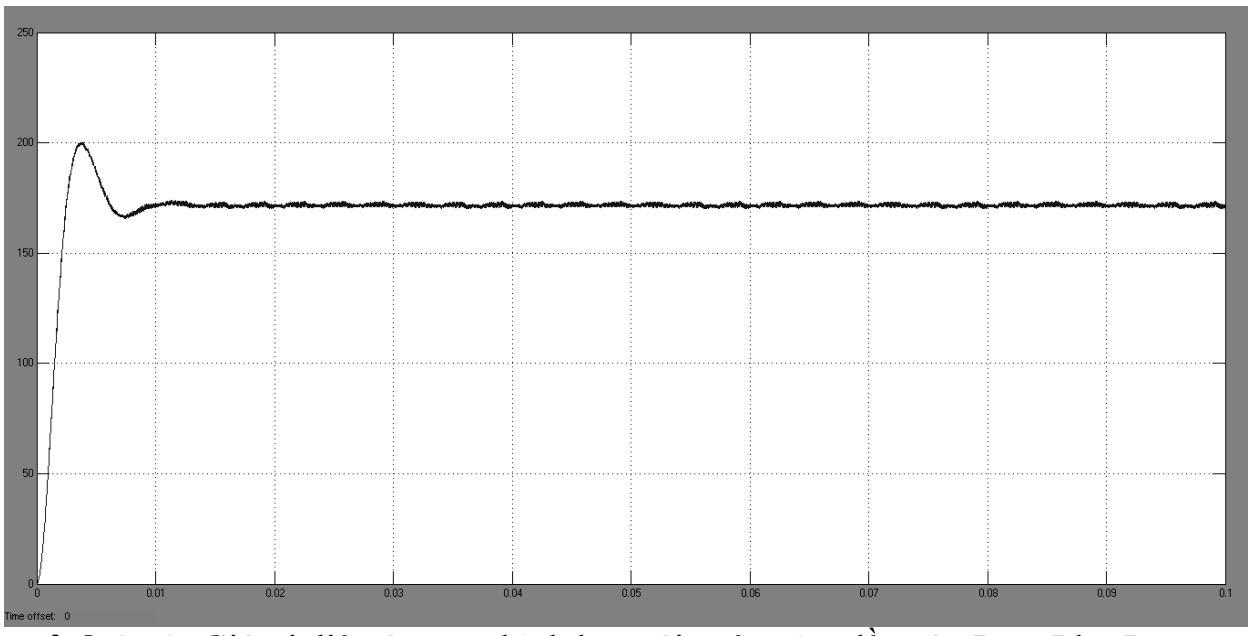



**Hình 3.8:** Điện áp sau chỉnh lưu với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-2 (h),L = 1e-3h, R1 = R2 = R3 = 0,5Ω, R = 5Ω,Tụ C = 470e-6 (f)

**Trường hợp 4** :Tiến hành mô phỏng với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-3 (h),L=1e-3h, R1 = R2 = R3 = 0,5Ω, R = 5Ω,Tụ C = 470e-6 (f)

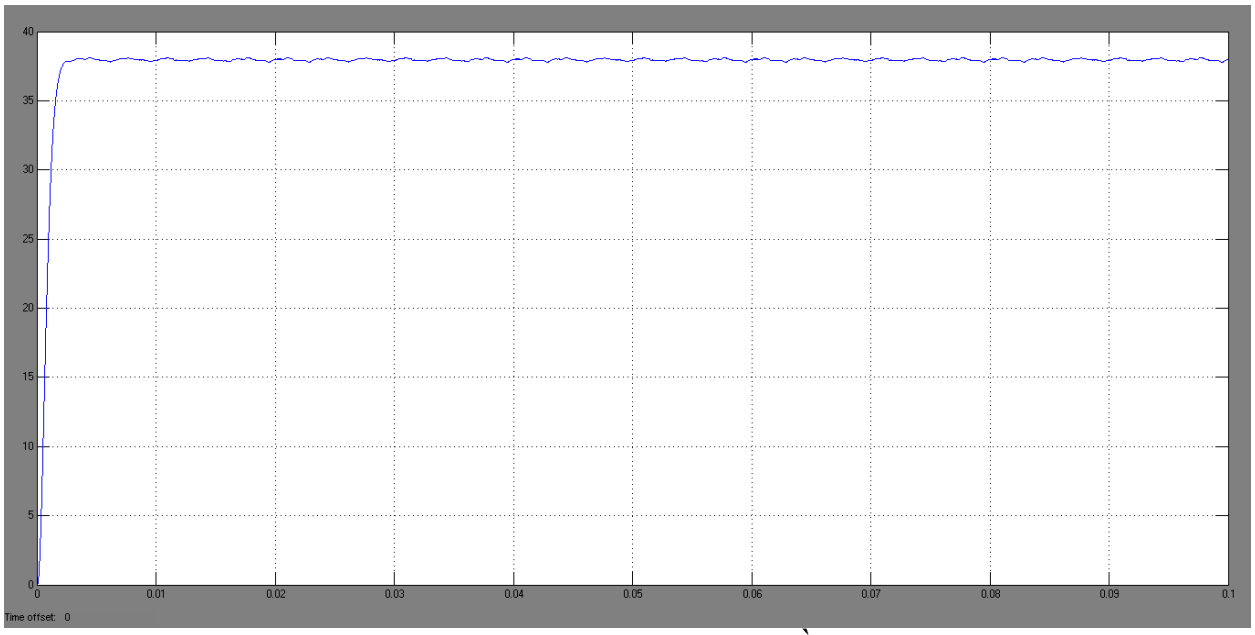



**Hình 3.9:** Giá trị dòng điện sau chỉnh lưu với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-3 (h),L=1e-3h, R1 = R2 = R3 = 0,5Ω, R = 5Ω,Tụ C = 470e-6 (f)

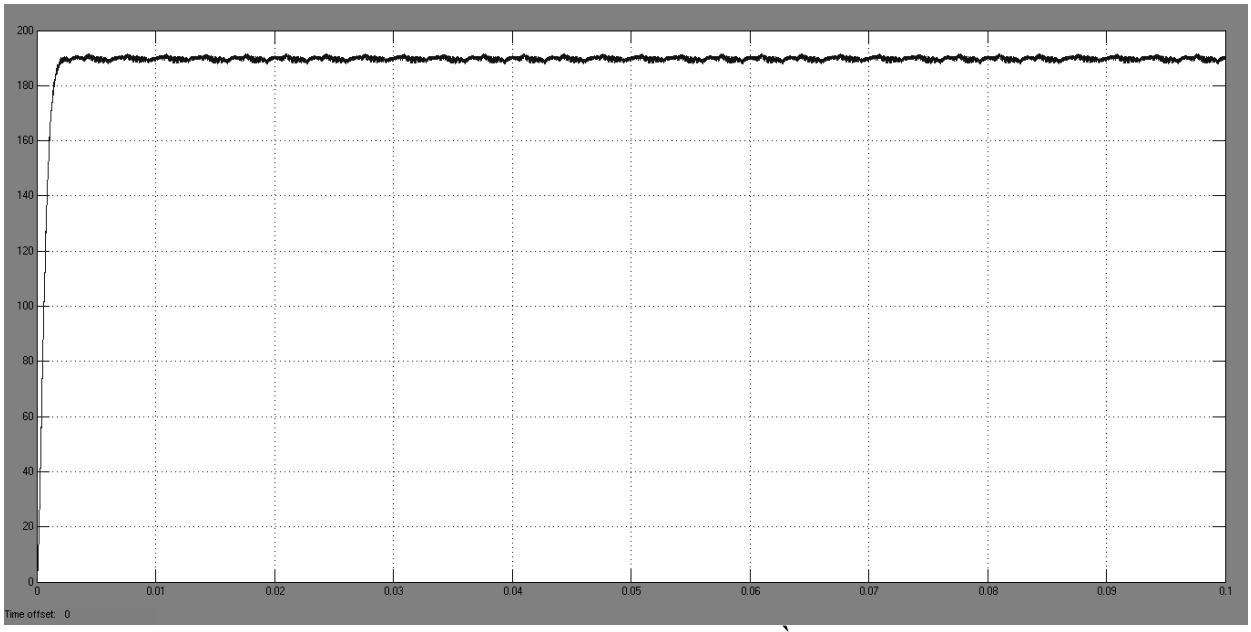



**Hình 3.10:** Giá trị điện áp sau chỉnh lưu với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-3 (h),L=1e-3h, R1 = R2 = R3 = 0,5Ω , R = 5Ω ,Tụ C = 470e-6 (f)

**Trường hợp 5**: Tiến hành mô phỏng với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-4 (h), L=1e-3h, R1 = R2 = R3 = 0,5Ω , R = 5Ω ,Tụ C = 470e-6 (f)




**Hình 3.11:** Dòng điện sau chỉnh lưu với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-4 (h), L=1e-3h, R1 = R2 = R3 = 0,5Ω , R = 5Ω ,Tụ C = 470e-6 (f)




**Hình 3.12:** Điện áp sau chỉnh lưu với cuộn cảm đầu vào La = Lb= Lc = 1e-4 (h), L=1e-3h, R1 = R2 = R3 = 0,5Ω, R = 5Ω,Tụ C = 470e-6 (f)

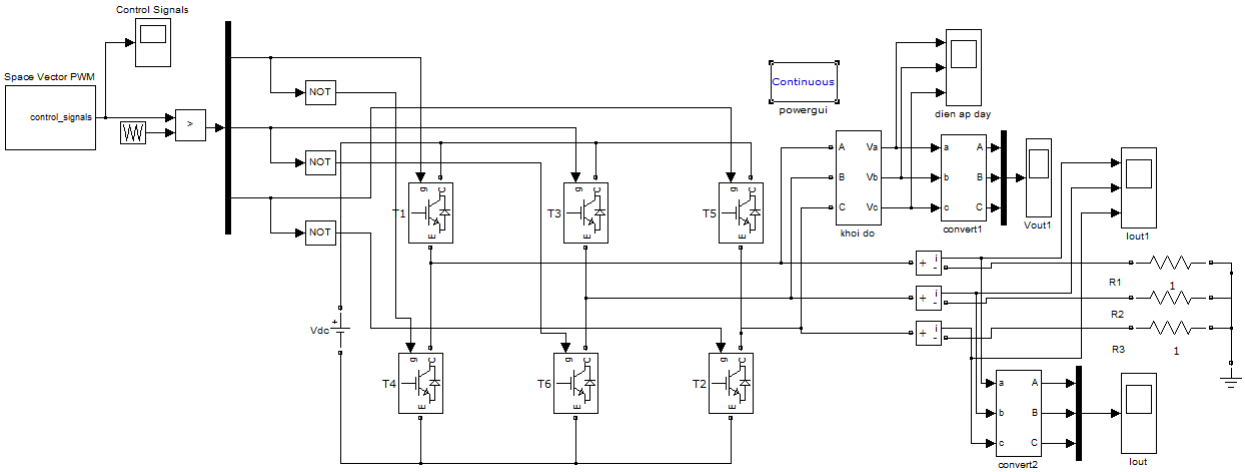
**Nhận xét :**

Quan sát trên các kết quả mô phỏng thu được ta nhận thấy rằng :

- Dòng điện và điện áp ra sau chỉnh lưu PWM một chiều bị méo trong thời gian tương đối nhỏ sau đó hệ thống ổn định nhanh chóng
- Dạng của dòng điện và điện áp phụ thuộc vào điện cảm đầu vào đặt ở phía nguồn của khâu chỉnh lưu PWM
- Chất lượng dòng đầu ra phụ thuộc vào điện cảm khâu sau chỉnh lưu.

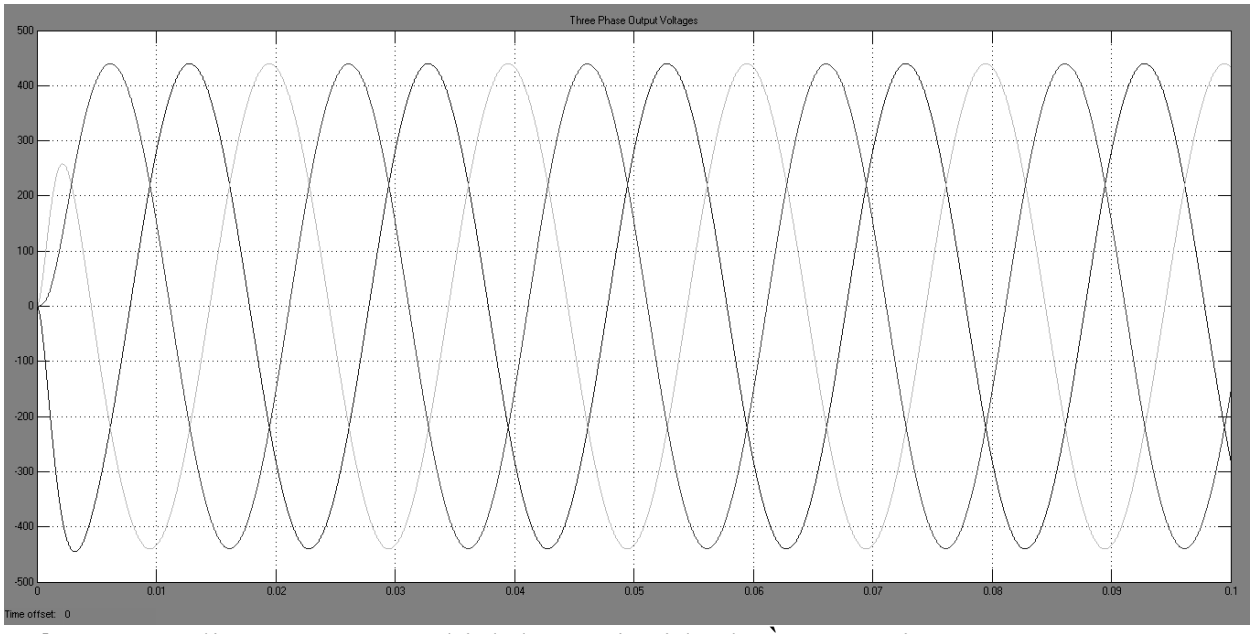
## 3.1 MÔ PHỎNG NGHỊCH LƯU.

Sơ đồ mô phỏng nghịch lưu sử dụng điều chế không gian vector.

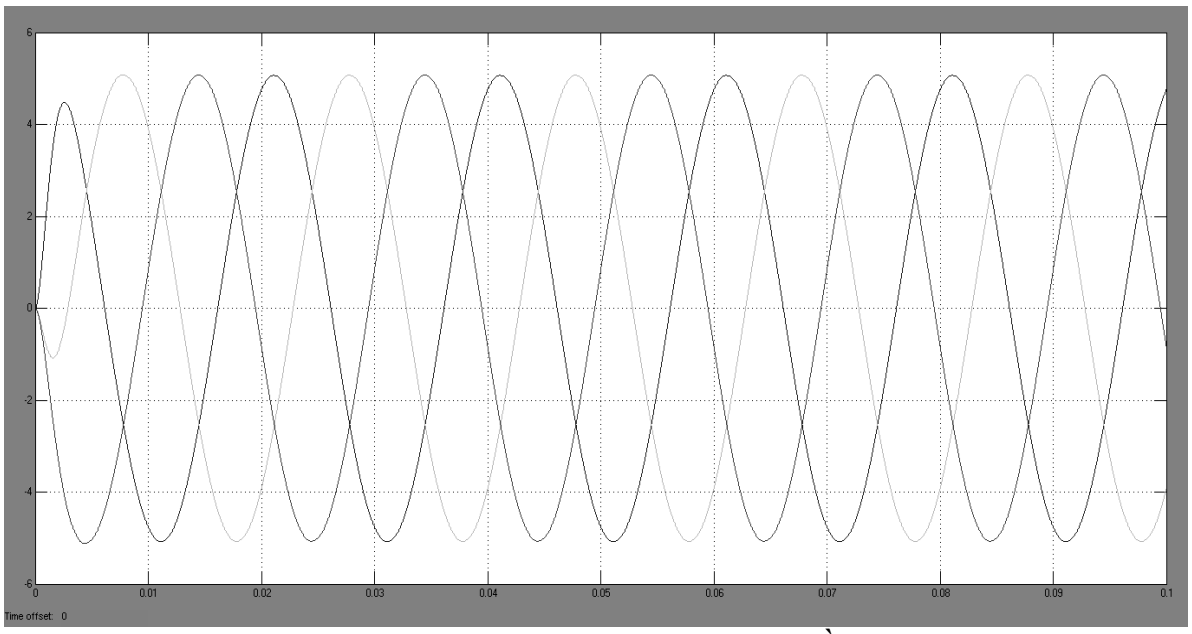



**Hình 3.13:** Sơ đồ mô phỏng phía nghịch lưu

**Trường hợp 1** : Tiến hành mô phỏng với tải là thuần trở với $R_1 = R_2 = R_3 = 50\,\Omega$, điện áp một chiều đặt vào là 440v ta thu được kết quả mô phỏng:

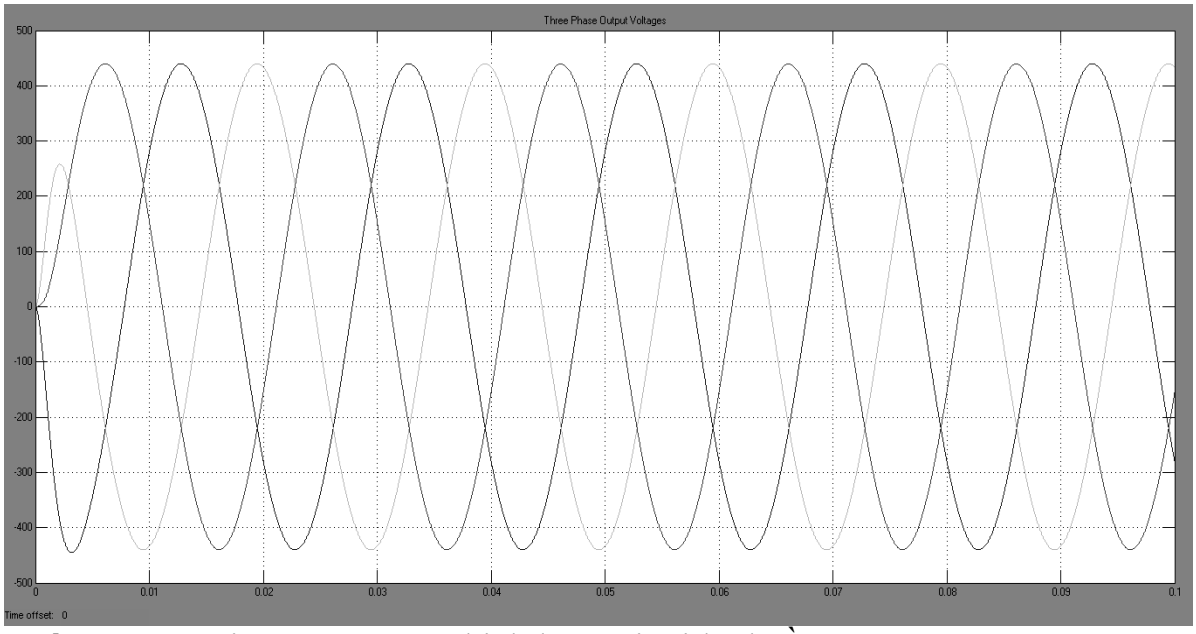



**Hình 3.14:** điện áp ra sau nghịch lưu với tải là thuần trở với $R_1 = R_2 = R_3 = 50\,\Omega$, điện áp một chiều đặt vào là 440v

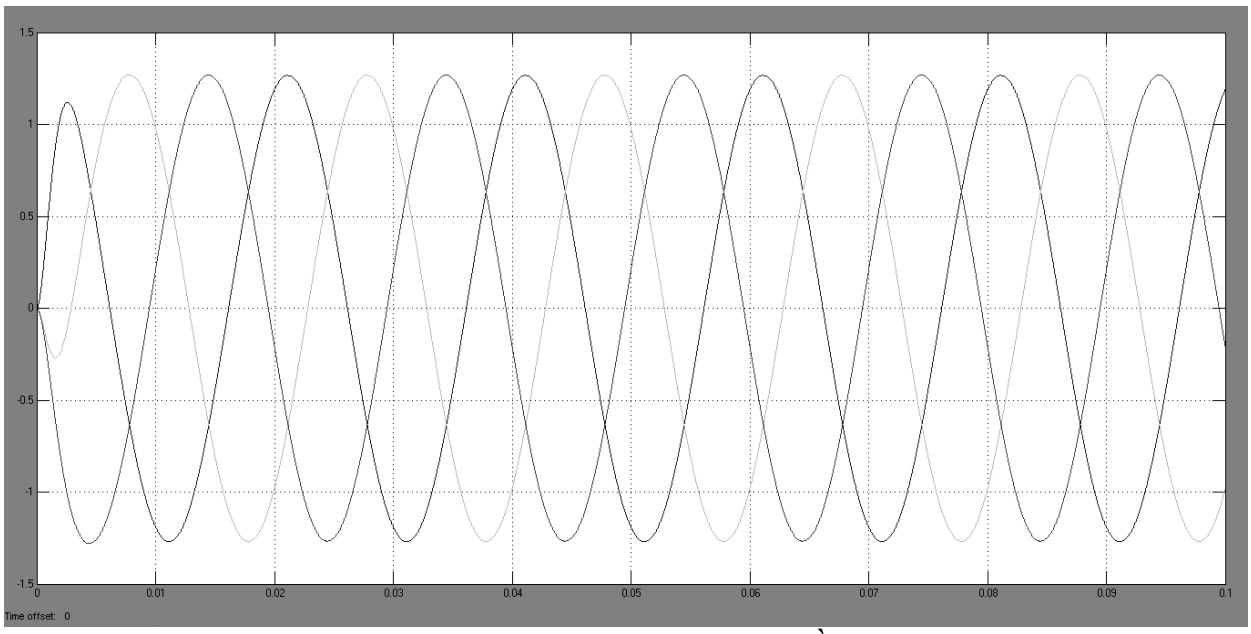



**Hình 3.15:** Dòng điện ra sau nghịch lưu với tải là thuần trở với $R_1 = R_2 = R_3 = 50\Omega$, điện áp một chiều đặt vào là 440v

**Trường hợp 2**: Tiến hành mô phỏng với tải là thuần trở $R_1 = R_2 = R_3 = 200\Omega$, điện áp một chiều đặt vào là 440v ta thu được kết quả mô phỏng :

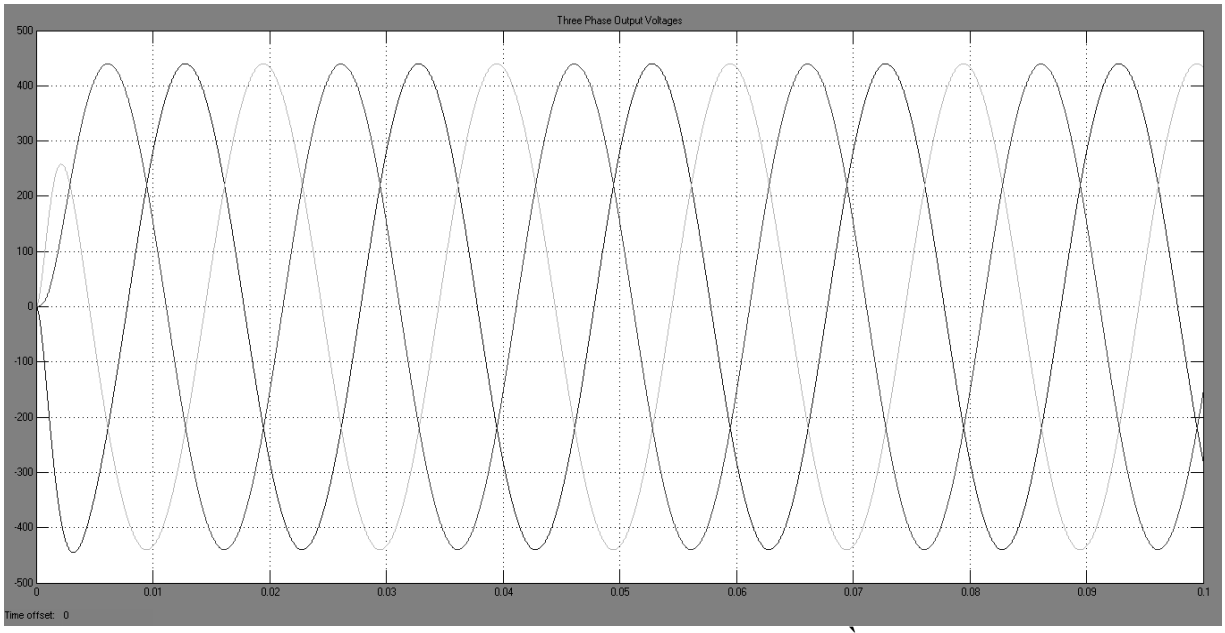



**Hình 3.16:** Điện áp ra sau nghịch lưu với tải là thuần trở $R_1 = R_2 = R_3 = 200\Omega$, điện áp một chiều đặt vào là 440v

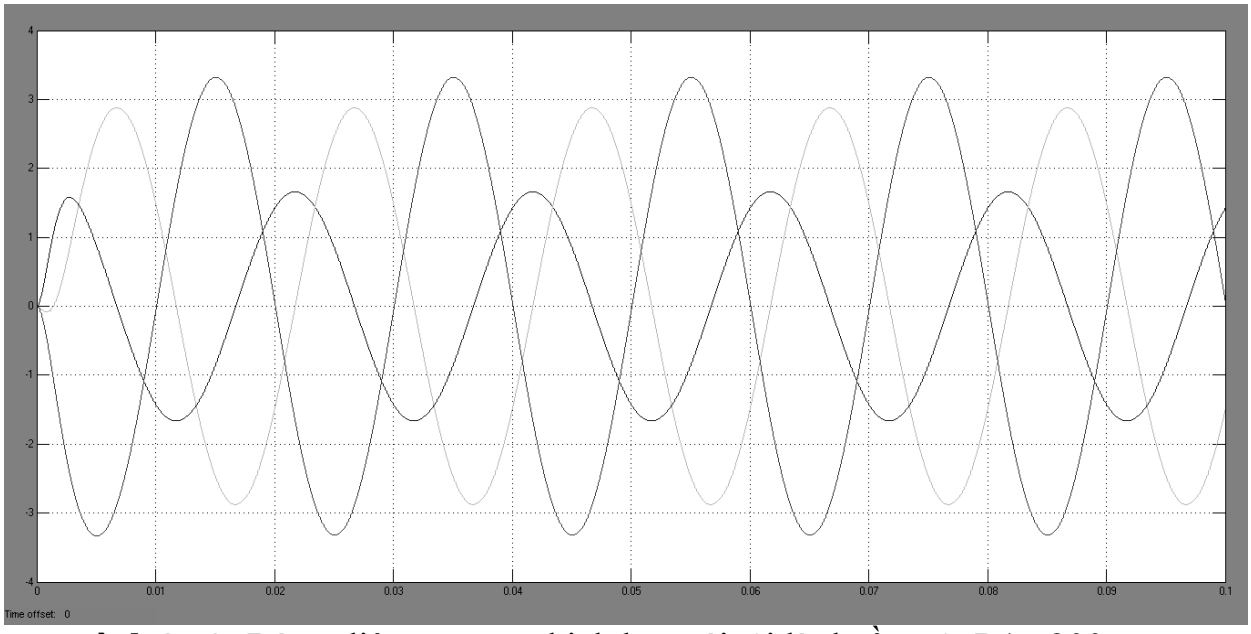



**Hình 3.17:** Dòng điện ra sau nghịch lưu với tải là thuần trở $R_1 = R_2 = R_3 = 200\Omega$, điện áp một chiều đặt vào là 440v

**Trường hợp 3**: Tiến hành mô phỏng với tải là R1= 200Ω, R2=100Ω,R3=50Ω ,L=1e-3 H điện áp một chiều đặt vào là 440v ta thu được kết quả mô phỏng :

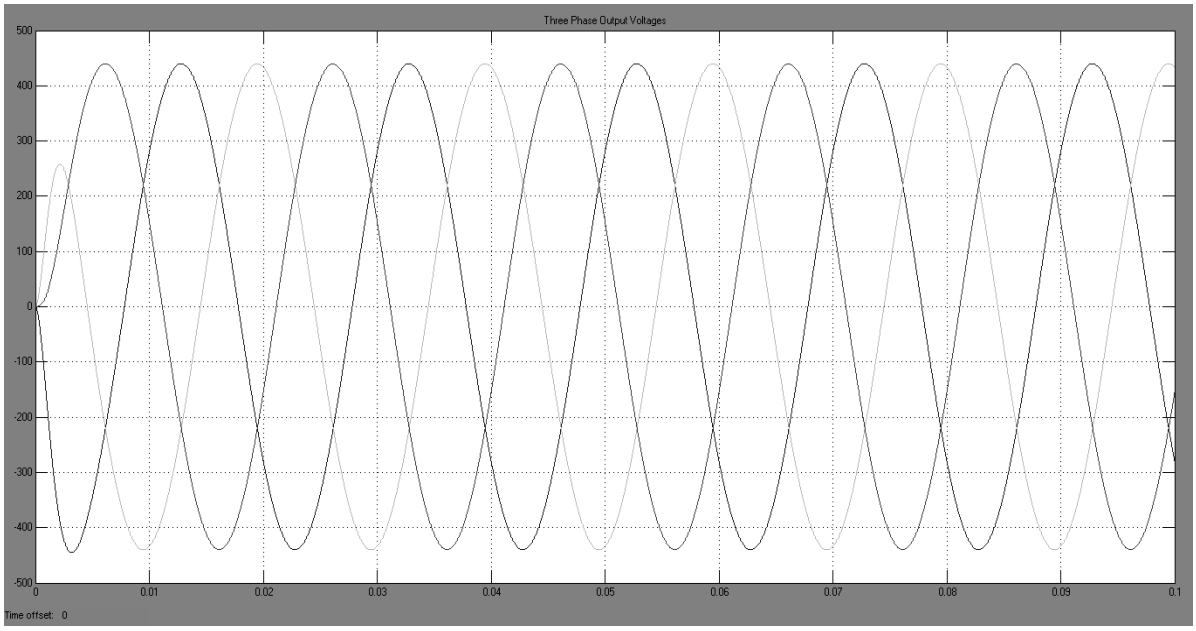



**Hình 3.18:** điện áp ra sau nghịch lưu với tải là thuần trở R1= 200Ω, R2=100Ω,R3=50Ω ,L=1e-3 H điện áp một chiều đặt vào là 440v

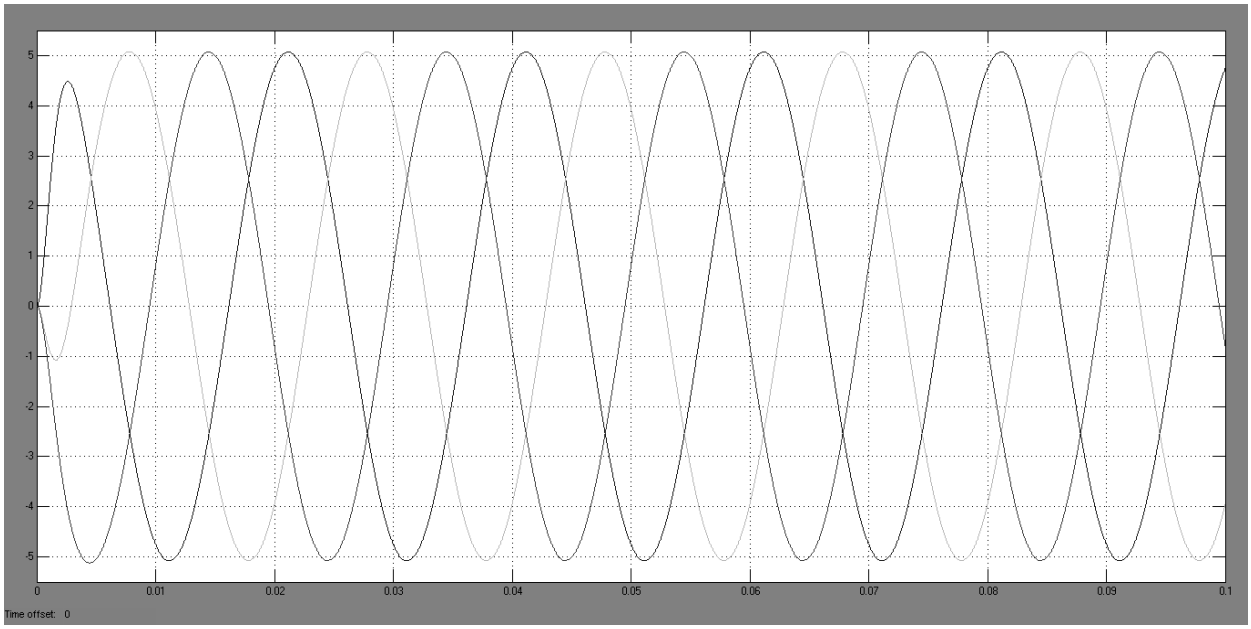



**Hình 3.19:** Dòng điện ra sau nghịch lưu với tải là thuần trở R1= 200Ω, R2=100Ω,R3=50Ω ,L=1e-3 H điện áp một chiều đặt vào là 440v

**Trường hợp 4** : Tiến hành mô phỏng với tải R-L với $R_1 = R_2 = R_3 = 50\Omega$, L=1e-3 H điện áp một chiều đặt vào là 440v ta thu được kết quả mô phỏng:

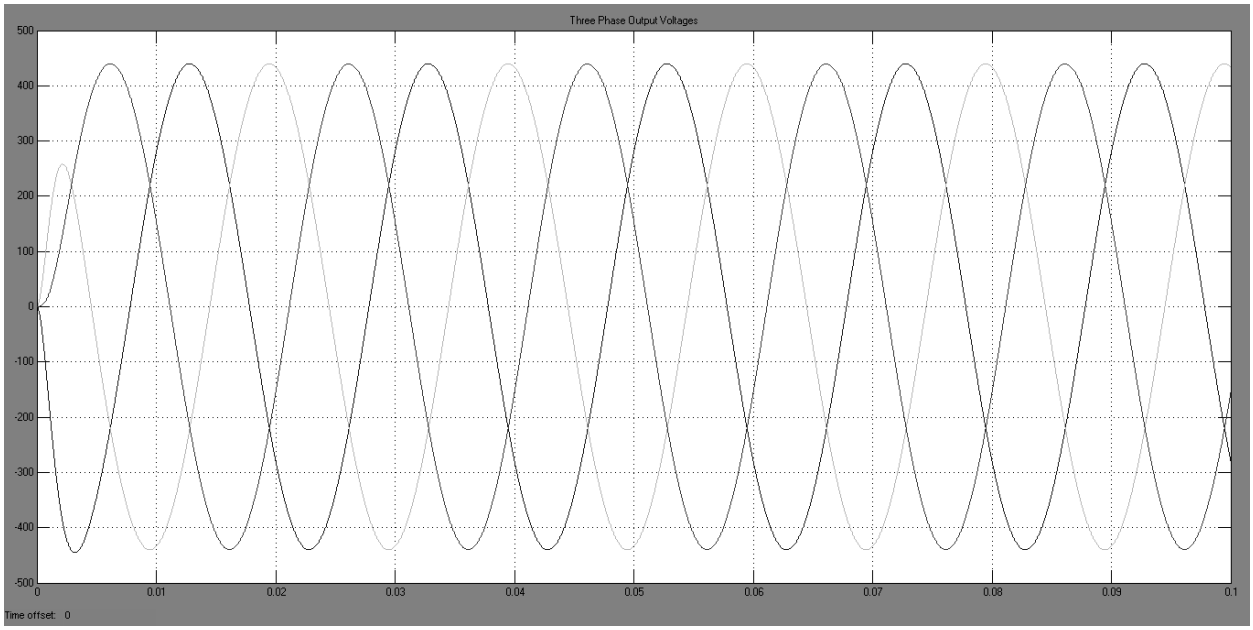



**Hình 3.20:** điện áp ra sau nghịch lưu với tải R-L với $R_1 = R_2 = R_3 = 50\Omega$, L=1e-3 H điện áp một chiều đặt vào là 440v

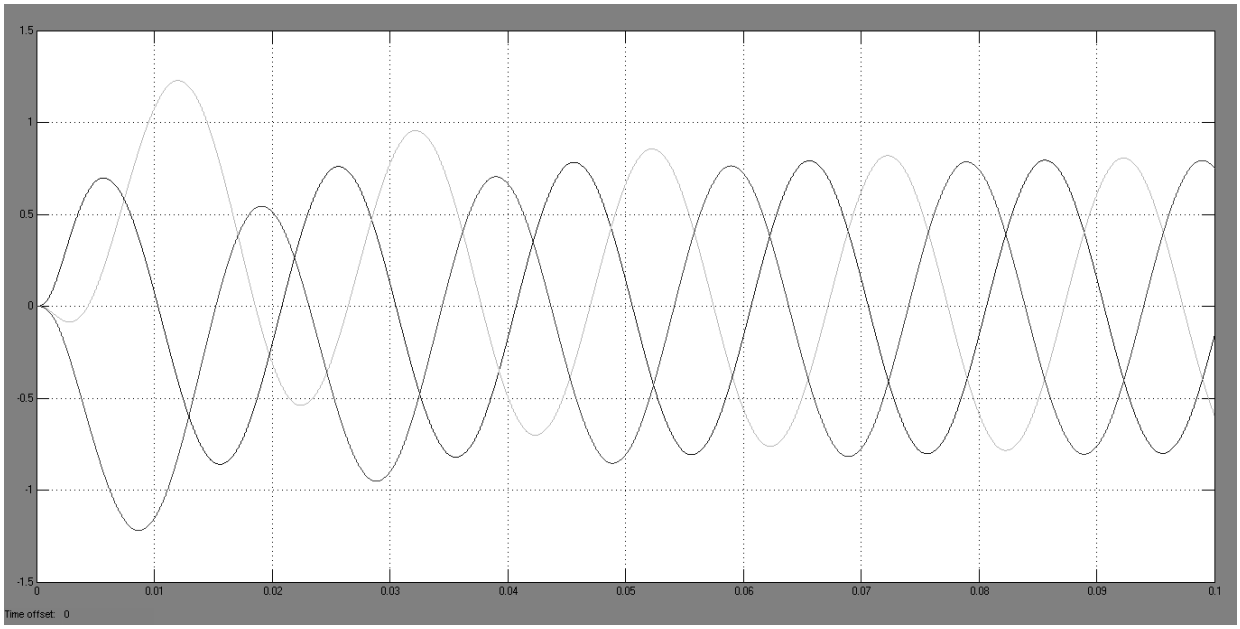



**Hình 3.21:** Dòng điện ra sau nghịch lưu với tải R-L với $R_1 = R_2 = R_3 = 50\Omega$, L=1e-3 H điện áp một chiều đặt vào là 440v

**Trường hợp 5** : Tiến hành mô phỏng với tải R-L với $R_1 = R_2 = R_3 = 50\Omega$, L=1e H điện áp một chiều đặt vào là 440v ta thu được kết quả mô phỏng:




**Hình 3.22:** điện áp ra sau nghịch lưu với tải R-L với $R_1 = R_2 = R_3 = 50\Omega$, L=1e H điện áp một chiều đặt vào là 440v

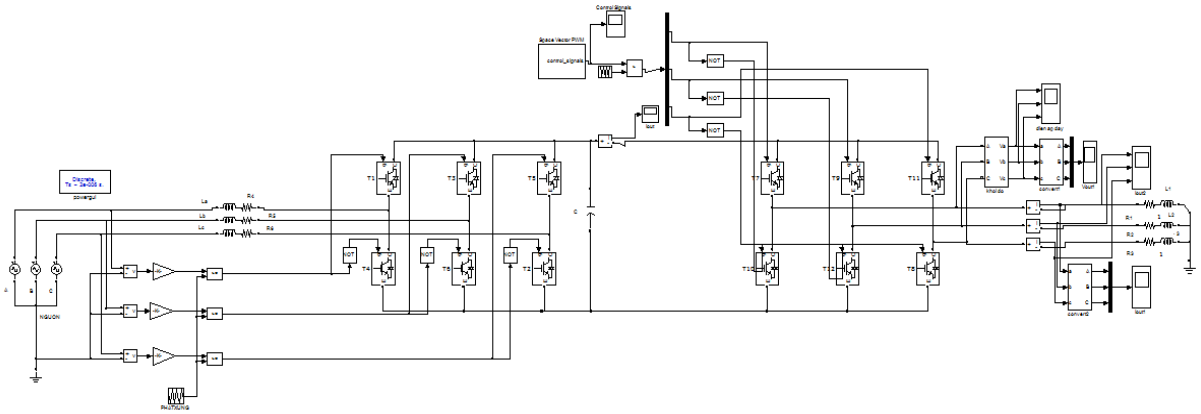



**Hình 3.23:** Dòng điện ra sau nghịch lưu với tải R-L với $R_1 = R_2 = R_3 = 50\Omega$, L=1e H điện áp một chiều đặt vào là 440v

**Nhận xét :** Mô phỏng phía nghịch lưu sử dụng điều chế không gian vector ta thu được các kết quả như trên. Tiến hành quan sát ta rút ra được một vài nhận xét.:

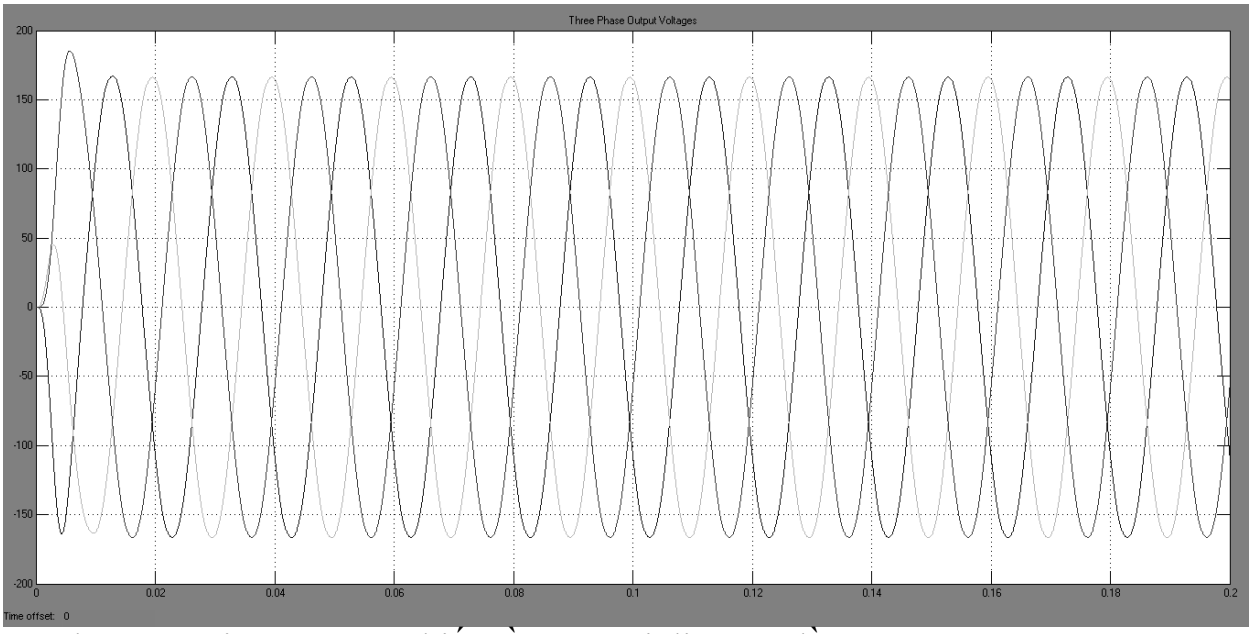
- Hệ thống điện áp và dòng điện đầu ra biến tần có dạng hình sin dối xứng, đảm bảo yêu cầu về tần số và chất lượng sóng cần điều chế.
- Dạng dòng điện ba pha bị méo trong thời gian rất ngắn, hệ thống ổn định nhanh
- Độ méo của dòng điện phụ thuộc vào tải
- Độ méo và dòng điện nằm trong phạm vi cho phép, chứng tỏ chất lượng diện áp và dòng điện đầu ra của biến tần đáp ứng tốt yêu cầu điều chế.

## 3.3.MÔ PHỎNG BIẾN TẦN 4Q

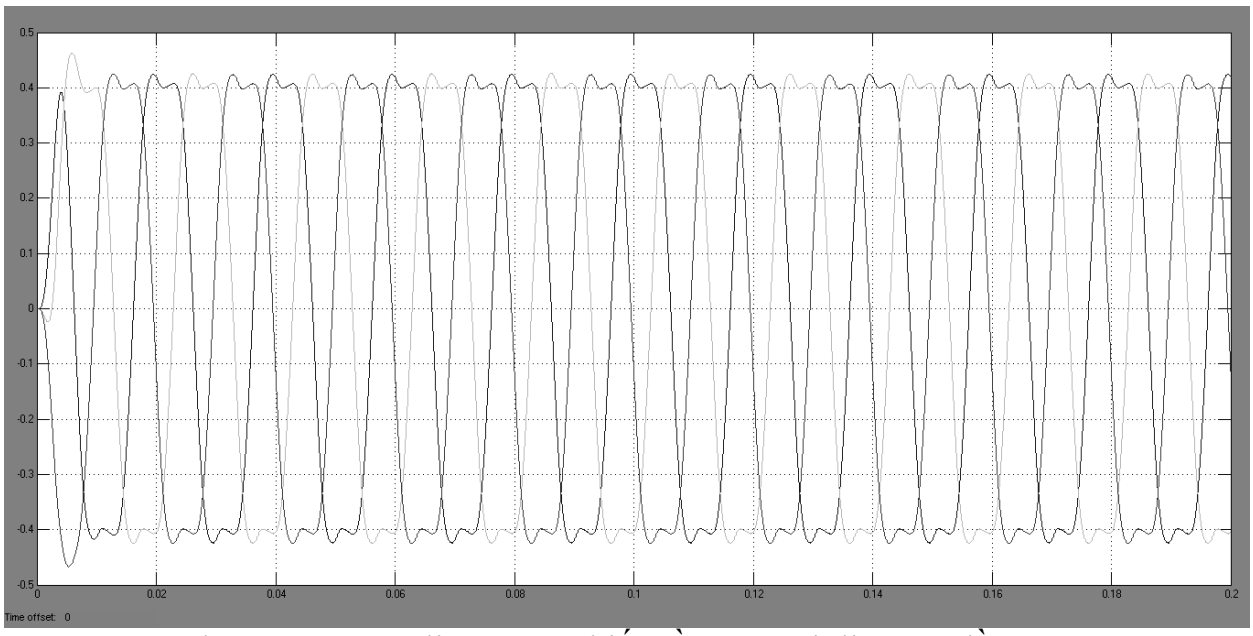


Hình 3.22: Sơ đồ mô phỏng biến tần 4Q

**Trường hợp 1**: Mô phỏng biến tần 4Q với điện trở đầu vào R4=R5=R6=0.5Ω, điện cảm đầu vào L=La=Lb=Lc=1e-3h, R=5Ω, tải là thuần trở R1=R2=R3=200Ω ta thu được kết quả:

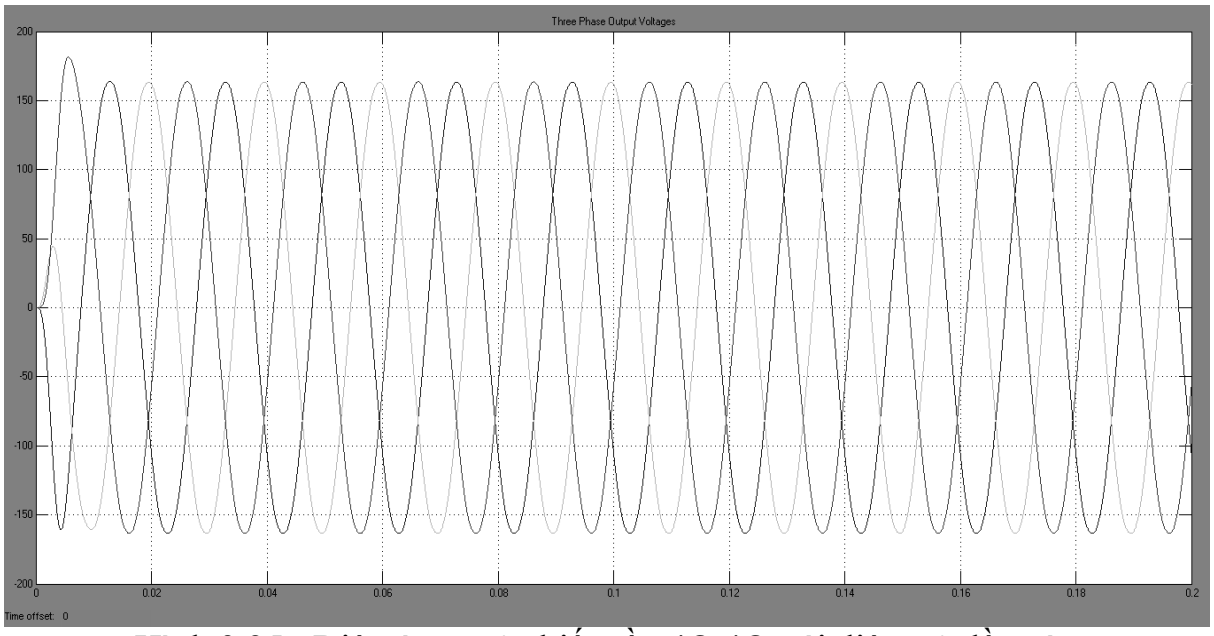



Hình 3.23 : Điện áp ra của biến tần 4Q với điện trở đầu vào R4=R5=R6=0.5Ω, điện cảm đầu vào L=La=Lb=Lc=1e-3h, R=5Ω, tải là thuần trở R1=R2=R3=200Ω

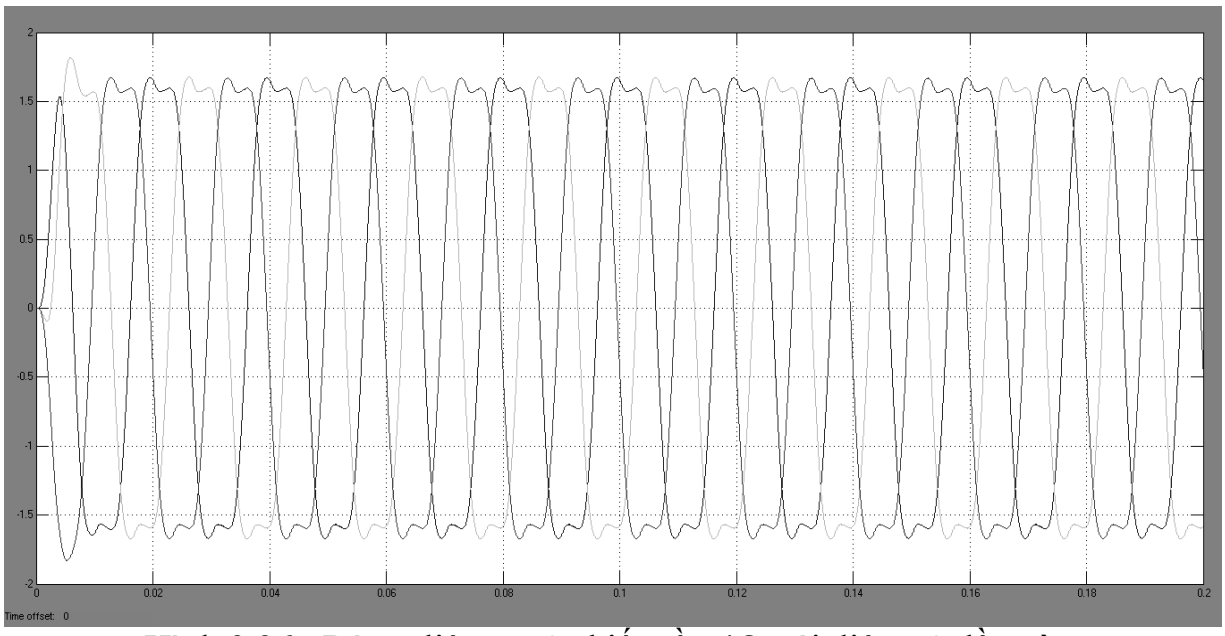



Hình 3.24 : Dòng điện ra của biến tần 4Q với điện trở đầu vào R4=R5=R6=0.5Ω, điện cảm đầu vào L=La=Lb=Lc=1e-3h, R=5Ω, tải là thuần trở R1=R2=R3=200Ω

**Trường hợp 2**: Mô phỏng biến tần 4Q với điện trở đầu vào R4=R5=R6=0.5Ω, điện cảm đầu vào L=La=Lb=Lc=1e-3h, R=5Ω, tải là thuần trở R1=R2=R3=50Ω ta thu được kết quả:

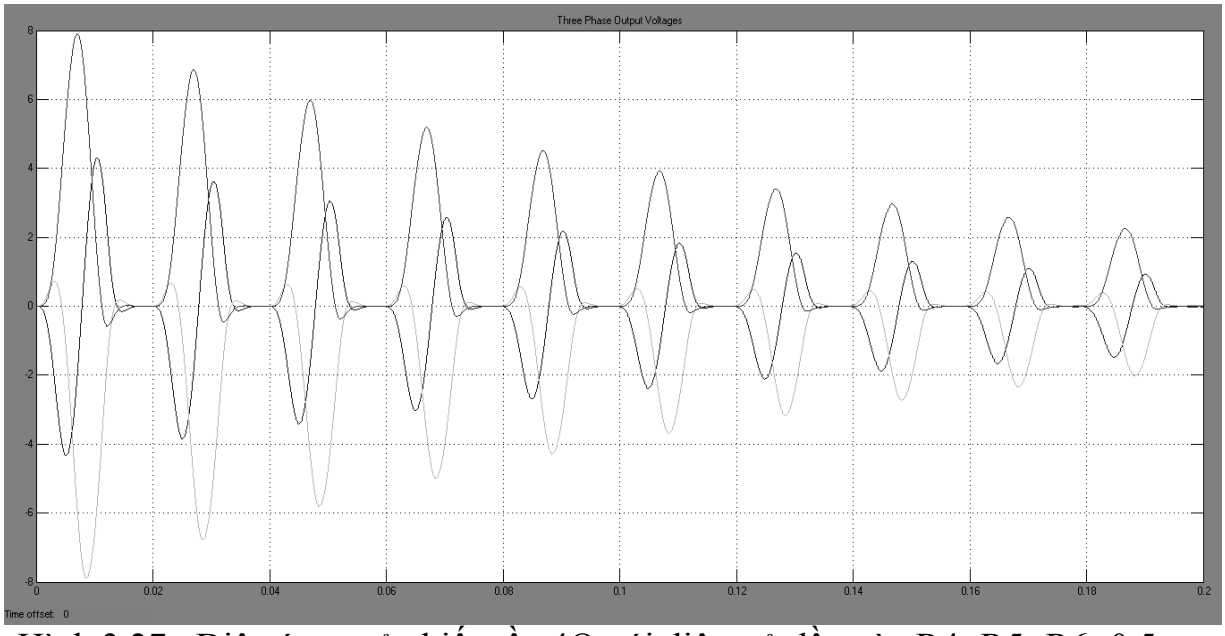



Hình 3.25 : Điện áp ra của biến tần 4Q 4Q với điện trở đầu vào R4=R5=R6=0.5Ω, điện cảm đầu vào L=La=Lb=Lc=1e-3h, R=5Ω, tải là thuần trở R1=R2=R3=50Ω

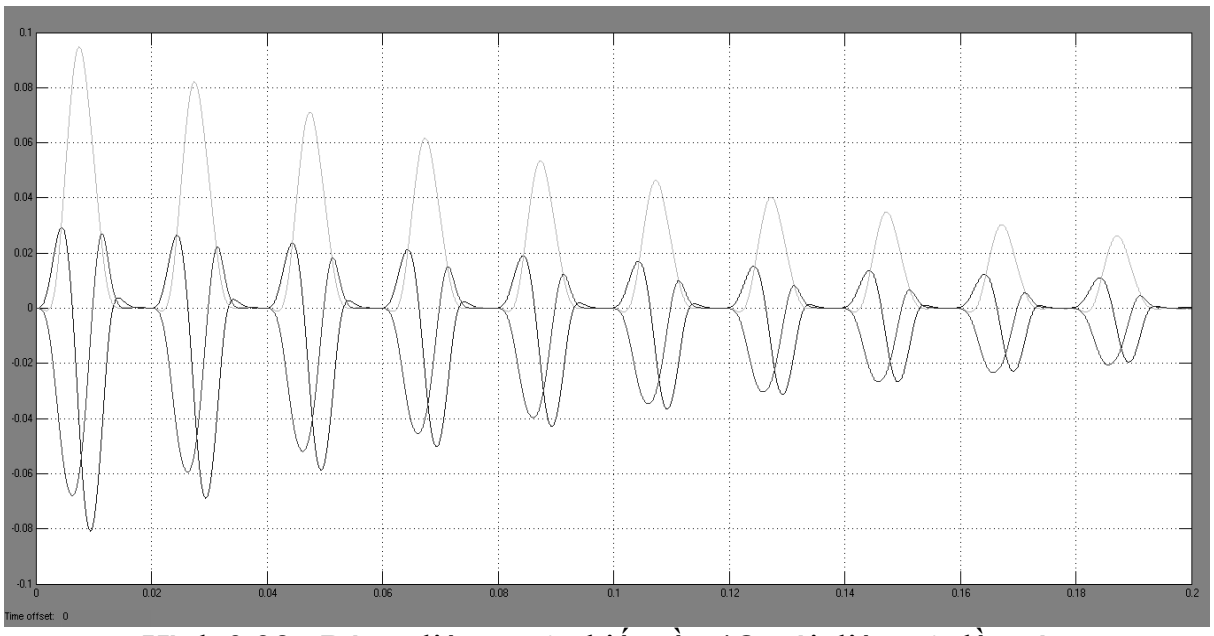



Hình 3.26 : Dòng điện ra của biến tần 4Q với điện trở đầu vào R4=R5=R6=0.5Ω, điện cảm đầu vào L=La=Lb=Lc=1e-3h, R=5Ω, tải là thuần trở R1=R2=R3=50Ω

**Trường hợp 3**: Mô phỏng biến tần 4Q với điện trở đầu vào R4=R5=R6=0.5Ω, điện cảm đầu vào L=La=Lb=Lc=1e-1h, R=5Ω, tải là thuần trở R1=R2=R3=50Ω ta thu được kết quả:

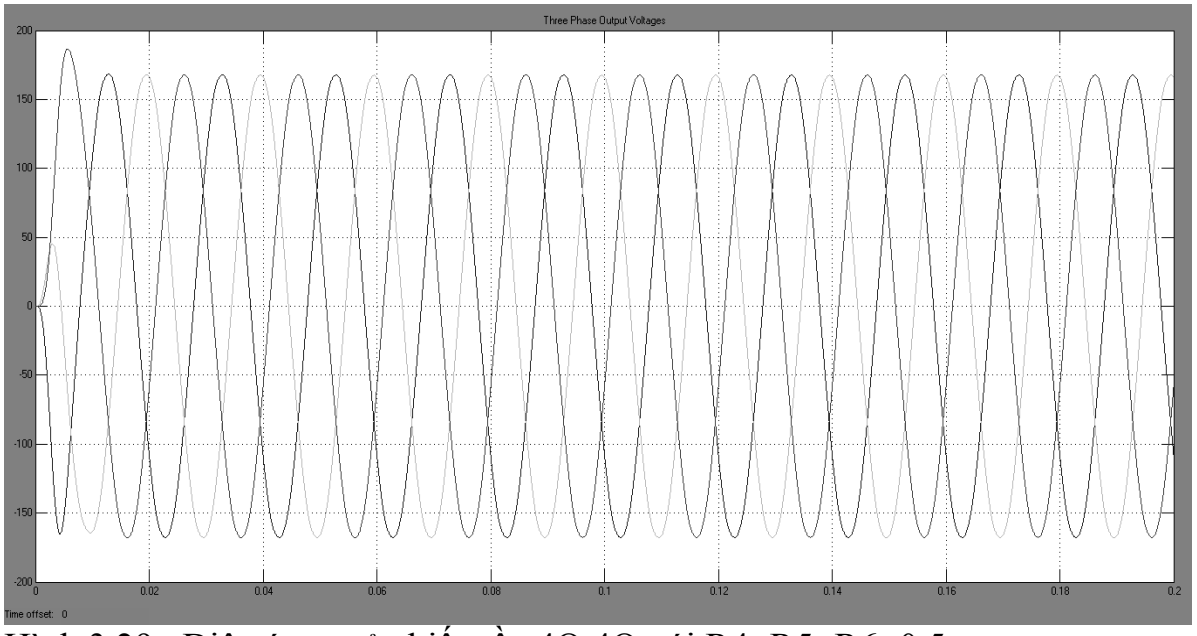



Hình 3.27 : Điện áp ra của biến tần 4Q với điện trở đầu vào R4=R5=R6=0.5Ω, điện cảm đầu vào L=La=Lb=Lc=1e-1h, R=5Ω, tải là thuần trở R1=R2=R3=50Ω

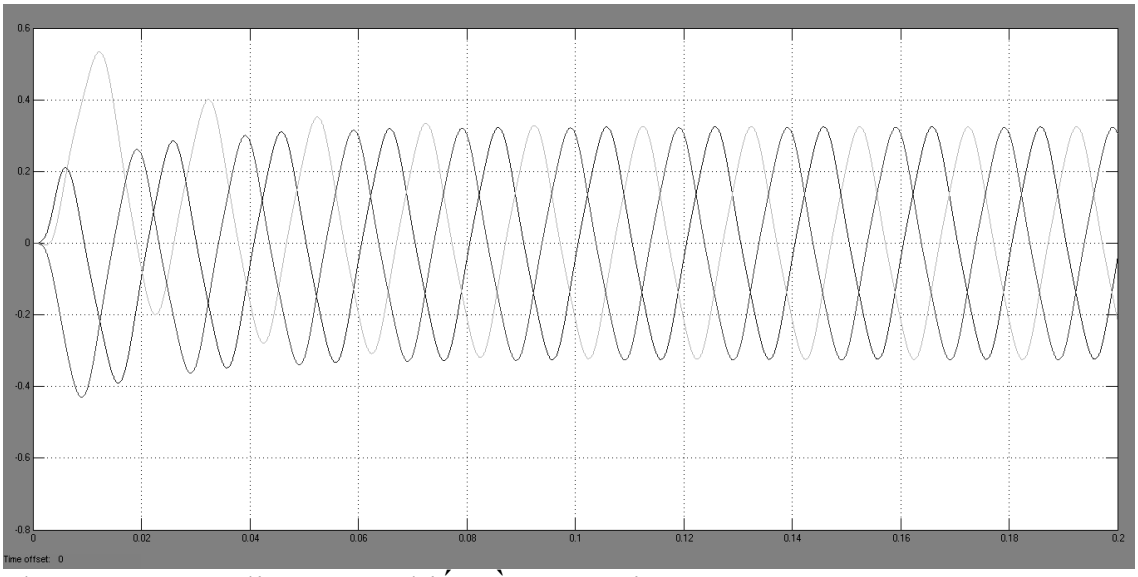



Hình 3.28 : Dòng điện ra của biến tần 4Q với điện trở đầu vào R4=R5=R6=0.5Ω, điện cảm đầu vào L=La=Lb=Lc=1e-1h, R=5Ω, tải là thuần trở R1=R2=R3=50Ω

Trường hợp 4: Mô phỏng biến tần 4Q với điện trở đầu vào R4=R5=R6=0.5Ω, điện cảm đầu vào L=La=Lb=Lc=1e-3h, R=5Ω, tải là R-L với R1=R2=R3=50Ω và L1=L2=L3=1e(h) ta thu được kết quả:

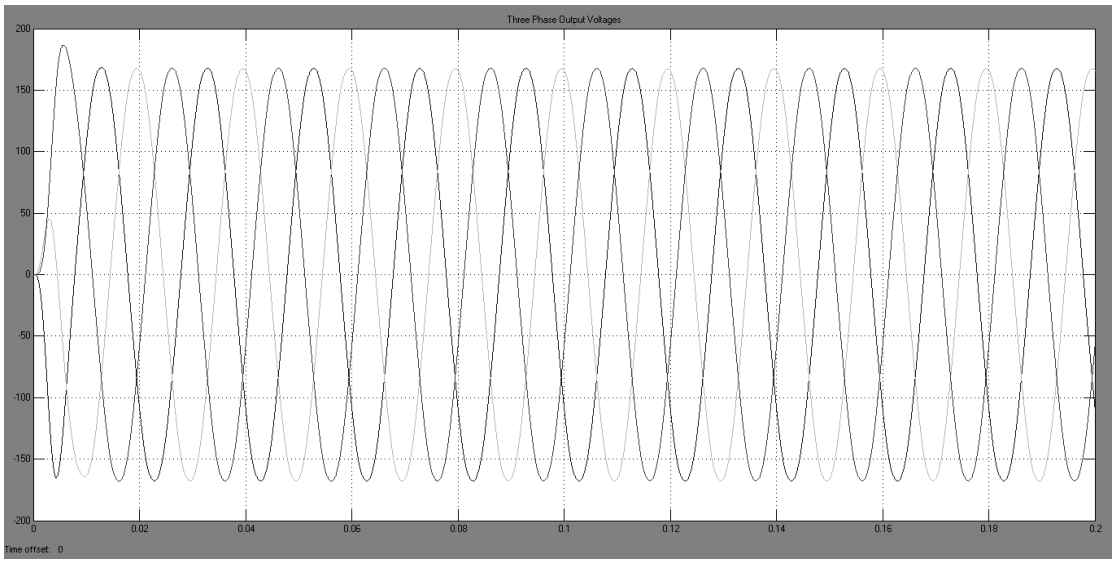



Hình 3.29 : Điện áp ra của biến tần 4Q 4Q với R4=R5=R6=0.5Ω, L=La=Lb=Lc= 1e-3 h, R=5Ω, tải là R-L với R1=R2=R3=50Ω và L1=L2=L3=1e(h)

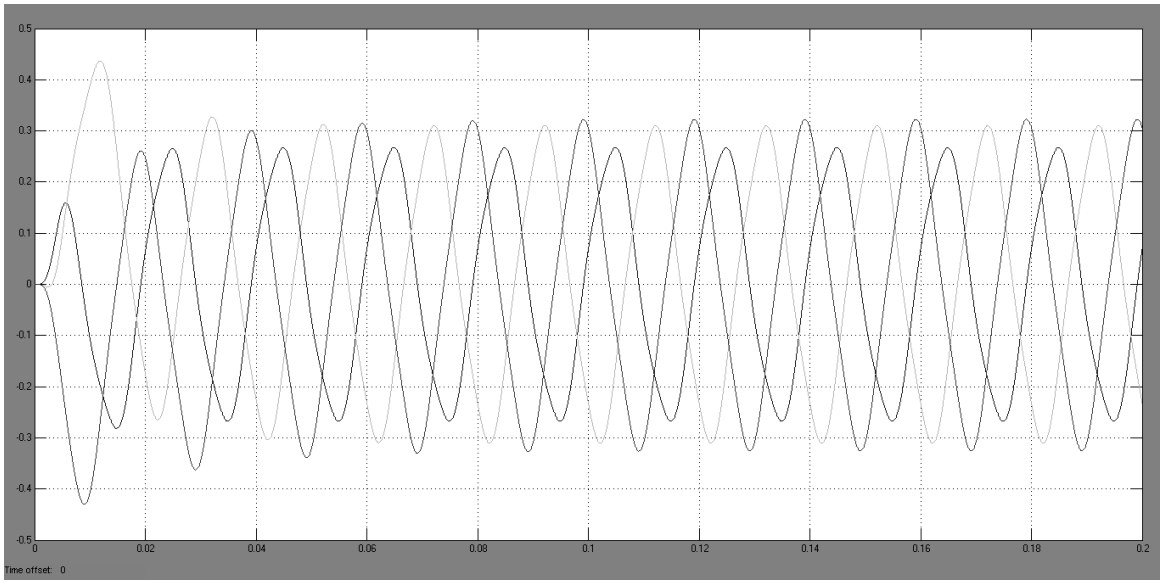



Hình 3.30 : Dòng điện ra của biến tần 4Q với R4=R5=R6=0.5Ω, L=La=Lb=Lc= 1e-3h, R=5Ω, tải là R-L với R1=R2=R3=50Ω và L1=L2=L3=1e(h)

**Trường hợp 5**: Mô phỏng biến tần 4Q R4=R5=R6=0.5Ω, L=La=Lb=Lc=1e-3h, R=5Ω, tải là R-L với R1=200Ω,R2=100Ω,R3=50Ω và L1=L2=L3=1e (h) ta thu được kết quả:




Hình 3.31 : Điện áp ra của biến tần 4Q với R4=R5=R6=0.5Ω, L=La=Lb=Lc=1e-3h, R=5Ω, tải là R-L với R1=200Ω,R2=100Ω,R3=50Ω và L1=L2=L3=1e (h)




Hình 3.32 : Dòng điện ra của biến tần 4Q với

R4=R5=R6=0.5,L=La=Lb=Lc=1e-3h, R=5Ω, tải là R-L với

R1=200Ω,R2=100Ω,R3=50Ω và L1=L2=L3=1e (h)

**Nhận xét** : Quan sát kết quả thu được ta nhận thấy rằng

- Dạng điện áp ra của biến tần có độ méo trong thời gian rất ngắn và nhanh chóng ổn định
- Điện áp ra của biến tần bị ảnh hưởng bởi điện cảm đầu vào, tải
- Dòng điện của biến tần phụ thuộc nhiều vào điện cảm đầu vào, điên cảm khâu trung gian, và trở kháng của tải
- Dòng điện ra có độ méo trong thời gian nhỏ và cũng nhanh chóng ổn định như dạng điện áp ra

**Kết luận** : kết quả mô phỏng tuy không được đẹp nhưng nó đã phản ánh đúng bản chất của vấn đề. Như vậy ta không thể dựa chắc chắn vào kết quả này để đánh giá chắc chắn một vấn đề nào đó của hệ thống, nhưng ta có thể chắc chawncs rằng hướng giải quyết về đề là đúng đắn và đó là cơ sở vững chắc để tiếp tục tìm hieur mô phỏng hệ thống một cách chi tiết và chính xác hơn. Qua những nội dung lý thuyết và kết quả mô phỏng đã nêu trên em ong được các thầy cô chỉ dẫn những sai sót của vấn đề để em có thể cũng cố và hoàn thiện vốn kiến thức về hệ thống này

# KẾT LUẬN

Sau khoảng thời gian thực hiện đề tài tốt nghiệp, em đã đưa ra và giải quyết các vấn đề :

- Vấn đề được đưa ra giải quyết lần lượt qua các chương, lý thuyết được phân bố đều, đủ nêu lên được nội dung và phương pháp thực hiện vấn đề.
- Lý thuyết tổng quan về biến tần được trình bày rõ ràng ngắn gọn nhưng khá thứ tự và đầy đủ, là cơ sở lý thuyết cần thiết để thực hiện các chương tiếp theo.
- Phân tích khảo sát các vấn đề về biến tần 4Q, tiến hành mô phỏng chỉnh lưu, nghịch lưu và đưa ra được những đánh giá cần thiết
- Kết quả mô phỏng phán ánh đúng lý thuyết và cho ta thấy được ưu điểm so với những biến tần thông thường.

Tuy nhiên do hạn chế về trình độ cũng như tài liệu tham khảo nên em đã không thể đi sâu nghin cứu điều khiển chỉnh lưu theo các phương pháp đã nêu trên. Kết quả mô phỏng đánh giá chưa được chính xác một cách tuyệt đối vẫn còn sơ sài. Đồ án vẫn còn nhiều thiếu sót

Với sự nỗ lực hết mình em đã hoàn thành được đề tài tốt nghiệp : “ Nghiên cứu biến tần 4Q” . Em hi vọng sẽ nhận được những ý kiến đóng góp của các thầy cô để em có thể hoàn thành được tốt hơn đề tài của mình.

Em xin chân thành cảm ơn !

# TÀI LIỆU THAM KHẢO


1. Nguyễn Phùng Quang (1996) ,***Truyền động điện xoay chiều ba pha*** NXB Giáo dục.
2. Nguyễn Phùng Quang (2006), ***Mattlab và Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động*** NXB Khoa học và kĩ thuật.
3. Bùi Quốc Khánh – Nguyễn Văn Liễn (2005), ***Cơ sở truyền động điện.*** NXB Khoa học và kĩ thuật.
4. Nguồn Internet.