

BỘ CHỈNH LƯU KÉP 3 PHA

THREE - PHASE DUAL CONTROLLED RECTIFIER

Hoàng Ngọc Văn
Khoa Điện – Điện Tử

TÓM TẮT

Trong thực tế, các thiết bị chỉnh lưu kép ba pha sử dụng rất phổ biến dùng để điều chỉnh điện áp và đảo chiều động cơ điện một chiều công suất lớn, điều chỉnh và đảo chiều dòng của nam châm điện trên bàn từ, cần trục điện v.v. Trước đây việc đảo chiều thường được sử dụng các công tắc tơ, rơ le. Việc sử dụng các công tắc tơ đóng ngắt có tiếp điểm để đóng ngắt trực tiếp dòng điện lớn sẽ phát sinh hồ quang điện, hơn nữa việc đóng ngắt diễn ra chậm. Việc sử dụng bộ chỉnh lưu kép sẽ khắc phục được các nhược điểm trên. Ngoài ra nếu bộ chỉnh lưu kép sử dụng phương pháp điều khiển chung thì còn cho phép một bộ làm việc ở chế độ chỉnh lưu và một bộ làm việc ở chế độ nghịch lưu. Trong bộ chỉnh lưu kép 3 pha, việc đảo chiều được thực hiện thông qua đóng ngắt mạch cấp xung điều khiển cho các SCR, không đóng ngắt trực tiếp mạch tải. Bài báo này giới thiệu về phương pháp tạo xung điều khiển đồng bộ cho SCR, phương pháp điều khiển bộ chỉnh lưu kép, giới thiệu mạch điều khiển và mạch công suất, mô hình và kết quả vận hành thử nghiệm của bộ chỉnh lưu kép 3 pha.

Từ khóa: Điều khiển đồng bộ, xung điều khiển cho SCR, bộ chỉnh lưu kép.

ABSTRACT

In industrial applications, three-phase dual controlled rectifiers are widely used for controlling voltage value and direction conversion of high power DC motors; controlling and current direction conversion of electromagnet of electric bridge crane. For former method, the direction conversion is usually used by contactor or relay. The use of contactor for directly switching high current devices will release electric arc and have low switching frequency. The application of dual rectifiers will help to overcome the disadvantage as mentioned above. In addition, the dual controlled rectifier with common control method allows to work in two mode including rectification and inversion. For three-phase dual controlled rectifiers, the direction conversion is implemented by switching thyristor's firing pulse control circuit only, not by switching load circuit. This paper introduces thyristor's synchronous controller, thyristor's dual synchronous controller, control circuit, load circuit and experimental results of three-phase dual controlled rectifier.

Keyword: *Synchronous control, firing pulse, dual rectifier.*

I. MỞ ĐẦU

1.1 Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực đề tài

Hiện nay trong các xí nghiệp công nghiệp có khá nhiều các thiết bị điện, điện tử sử dụng nguồn điện một chiều đòi hỏi đảo chiều dòng điện trong quá trình hoạt động và điện áp có thể thay đổi được. Thiết bị cho phép thực hiện được hai yêu cầu kỹ thuật trên trong thực tế được chế tạo và sử dụng là bộ chỉnh lưu kép.

Qua tìm hiểu thiết bị của các phòng thí nghiệm điện tử công suất nhập từ nước ngoài cũng như sản xuất trong nước của một số trường trên địa bàn Tp. Hồ Chí Minh, chỉ có các bộ chỉnh lưu cho phép dòng điện đi qua tải theo một chiều. Tuy nhiên, các thiết bị đào tạo thuộc chuyên ngành điện tử công suất trong chưa có bộ chỉnh lưu kép trong danh mục các thiết bị đào tạo của các công ty chế tạo đồ dùng dạy học trong và ngoài nước.

1.2 Tính cấp thiết của đề tài

Môn điện tử công suất thuộc môn học chuyên ngành, được giảng dạy cho các ngành Kỹ thuật điện – điện tử; Công nghệ điều khiển và tự động hóa; Kỹ thuật điện tử truyền thông. Trong thực tế, các thiết bị chỉnh lưu kép 3 pha sử dụng rất phổ biến như điều chỉnh điện áp và đảo chiều động cơ 1 chiều, điều chỉnh đảo chiều dòng của nam châm điện trên bàn từ, cần trục điện vv... Để gắn lý thuyết với thực hành, giúp sinh viên mau tiếp cận với thực tế, việc thiết kế chế tạo bộ chỉnh lưu kép ba pha dùng cho phòng thí nghiệm điện tử công suất để phục vụ cho môn thực hành điện tử công suất và dễ dàng chuyển giao là rất cần thiết.

II. TỔNG QUAN VỀ MẠCH TẠO XUNG VÀ CHỈNH LƯU KÉP

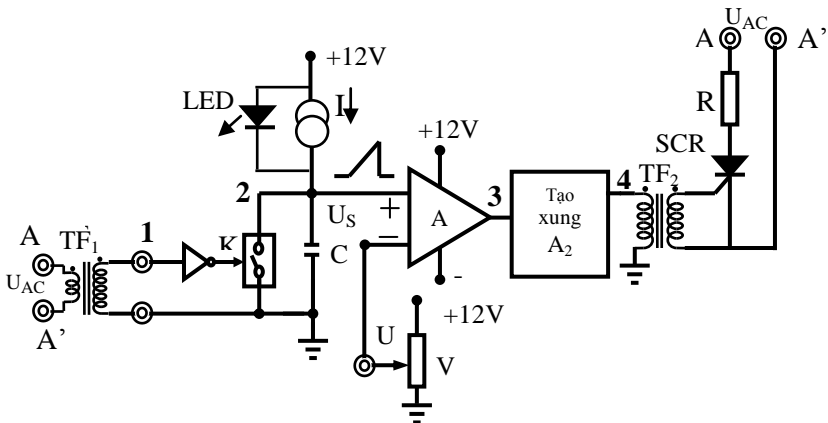
2.1 Giới thiệu chung về điều khiển SCR

Để cho SCR dẫn điện cần phải có hai điều kiện kết hợp là được phân cực thuận và có xung điều khiển. Trong mạch chỉnh lưu có điều chỉnh điện áp cần phải điều khiển lần lượt 1 hay nhiều SCR theo một thứ tự nhất định với góc kích α vừa ổn định vừa thay đổi được. Các SCR được kích lần lượt theo 1 thứ tự quy định như theo thứ tự chuyển mạch tự dẫn của các Diode trong sơ đồ chỉnh lưu không điều khiển còn được gọi là chuyển mạch tự nhiên.

Trong thực tế các SCR phải được điều khiển đồng bộ với điện áp nguồn, nghĩa là khi SCR có bán kỳ dương của điện áp nguồn trên Anode (phân cực thuận) thì phải được điều khiển (kích).

2.2 Nguyên tắc tạo xung điều khiển đồng bộ cho SCR

Để có được xung điều khiển đồng bộ với điện áp nguồn đặt vào Anode SCR, góc kích α có thể điều chỉnh được, cần phải có mạch tạo xung theo sơ đồ khối như hình 2.1.



Hình 2.1. Sơ đồ khối chi tiết mạch tạo xung điều khiển khiên.

Các khối có chức năng như sau:

a. Khối cách ly ngõ vào và ngõ ra: Hai khối này cách ly mạch điều khiển SCR với phần công suất của mạch chỉnh lưu có điện áp cao, không cho dòng từ phần công suất đi vào phần điều khiển hay ngược lại. Khối cách ly ngõ vào thường là một máy biến áp có nhiệm vụ cách ly, tạo nguồn nuôi cung cấp cho mạch điều khiển và lấy tín hiệu điện áp đồng bộ.

b. Khối đồng bộ: Khối này có chức năng tạo điện áp răng cưa, 1 răng cưa trong mỗi chu kỳ hoặc 2 răng cưa trong mỗi chu kỳ nếu là sơ đồ 1 pha dùng 2 SCR kích đồng thời. Xung răng cưa này sẽ được so sánh với điện áp điều chỉnh U_p ở khối so sánh phía sau, kết hợp với mạch tích phân để tạo điện áp răng cưa đồng bộ U_s . Khối đồng bộ chính là phần tử phát hiện khi nào SCR được phân cực thuận và kích hoạt cho mạch tạo xung hoạt động.

c. Khối so sánh: Khối này so sánh điện áp răng cưa U_s với điện áp điều chỉnh U_p còn được gọi là điện áp đặt hay điện áp tựa, điện áp điều chỉnh. Chức năng chính của khối so sánh là điều chỉnh góc kích α .

d. Khối tạo xung: Xung điện áp ra sau khối so sánh thường có độ rộng rất lớn, nếu kích góc $\alpha = 0^0$ thì xung sẽ có độ rộng bằng π , xung này không thích hợp với việc kích SCR vì khi đã được kích nếu bỏ xung điều khiển thì SCR vẫn tiếp tục dẫn khi dòng tải I_A lớn hơn dòng duy trì I_H . Chức năng chính của khối tạo xung là giảm độ rộng xung để giảm sự phát nóng của linh kiện và giảm tiêu hao.

e. Khối khếch đại xung: Để các xung có biên độ lớn, dòng đủ mạnh cần có mạch khếch đại xung kết hợp với khối cách ly ngõ ra.

Để hiểu rõ hơn về nguyên tắc hoạt động của các khối, ta sử dụng giản đồ thời gian hoạt động tương ứng minh họa trên hình 2.2.

Điện áp xoay chiều U_{AC} cấp cho ngõ vào biến áp cách ly TF_1 , của sơ đồ hình 2.1 là đồng pha với điện áp xoay chiều cấp cho trở tải R_T mắc trên SCR. Sơ đồ sẽ biến đổi dạng sóng Sin điện áp vào lấy tại điểm 1 thành xung vuông góc có độ rộng tương ứng, sử dụng để ngắt khóa K, cho phép

dòng I (nguồn dòng) nạp cho tụ C. Tương ứng với bán kỳ dương của điện áp vào, trên tụ C sẽ có xung dạng răng cưa dạng tuyến tính. Bộ so sánh A₁ thực hiện so sánh điện áp răng cưa với với điện áp đặt U_p.

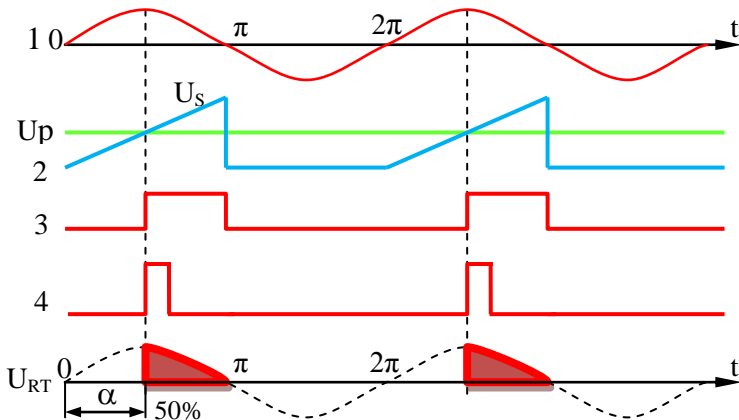
Khi điện áp răng cưa lớn hơn điện áp đặt, bộ so sánh tạo xung dương ở ngõ ra 3 qua các khối còn lại để điều khiển SCR. Như vậy, khi thay đổi điện áp đặt U_p, sẽ làm dịch chuyển thời điểm kích cho SCR. Giá trị U_p được quy ước tương ứng với đại lượng góc kích α . Giá trị $\alpha = 0^\circ$, tương ứng với U_p = 0V, SCR mở toàn bộ 100% theo mỗi bán kỳ dương.

Quan hệ giữa α và U_p theo công thức sau:

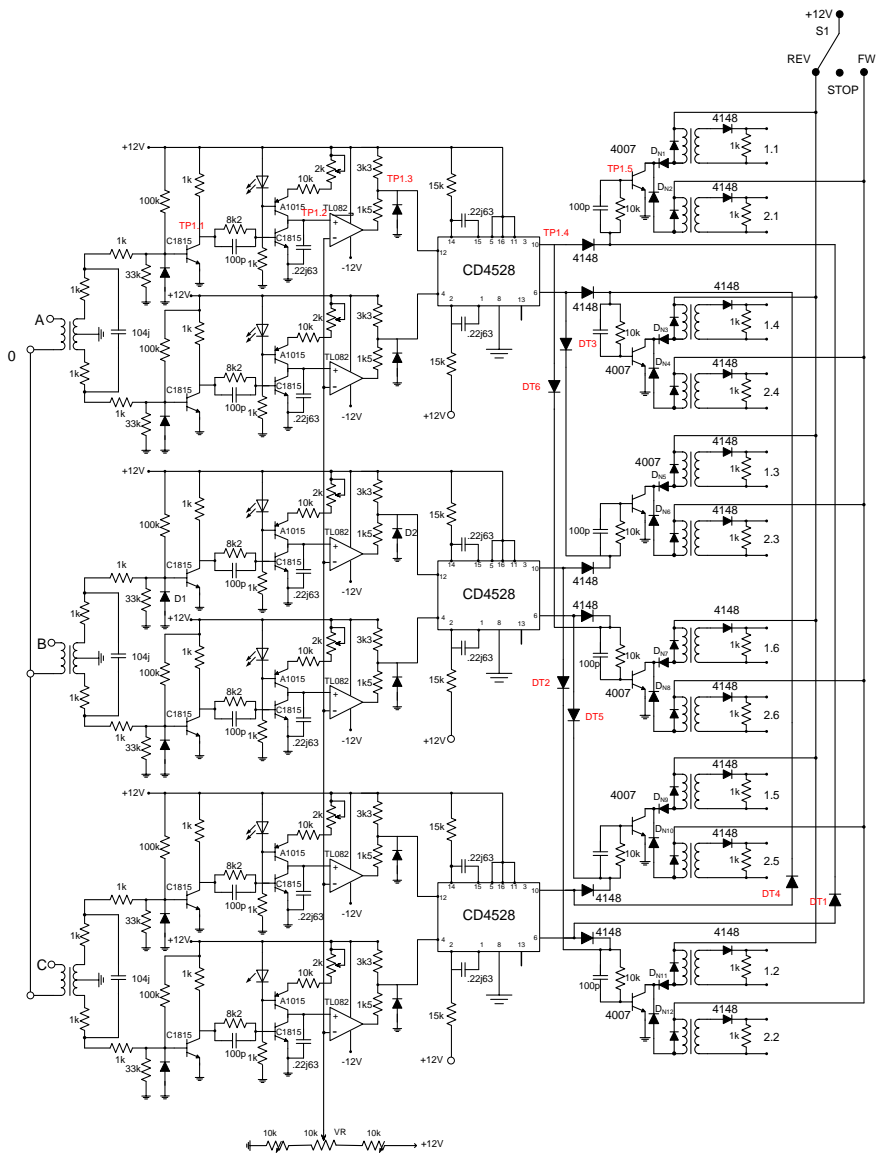
$$\alpha = \pi \frac{U_p}{U_{S_{\max}}}, \text{ người ta lấy } U_{S_{\max}} = U_{p_{\max}} \quad (2.1)$$

Kết quả là với việc tăng giảm điện áp điều chỉnh U_p, sẽ thay đổi góc kích α , có thể điều khiển mở SCR tương ứng với vị trí pha điện áp lưới, làm thay đổi tương ứng điện áp ngõ ra trên tải. Phương pháp trên còn được gọi là điều khiển pha hay kiểm soát pha (phase control).

Trên hình 2.3 là sơ đồ nguyên lý mạch tạo xung điều khiển đồng bộ 3 pha kép.



Hình 2.2. Giản đồ xung điều khiển đồng bộ pha cho SCR.



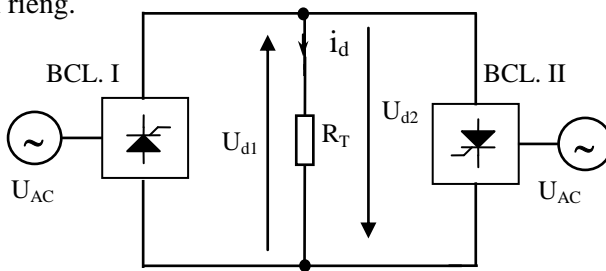
Hình 2.3. Sơ đồ nguyên lý mạch tạo xung điều khiển động bộ kép 3 pha.

III. HỆ THỐNG CHỈNH LƯU KÉP

3.1 Cấu hình chỉnh lưu kép

Bộ chỉnh lưu kép có khả năng điều khiển dòng điện đi qua tải theo cả hai chiều, bao gồm hai bộ chỉnh lưu đơn ghép lại. Bộ chỉnh lưu I điều khiển dòng điện qua tải theo chiều dương và bộ chỉnh lưu II điều khiển dòng qua tải theo chiều âm.

Vì sơ đồ sử dụng hai bộ chỉnh lưu dùng SCR nên để điều khiển hai bộ chỉnh lưu này, có thể dùng phương pháp điều khiển chung và phương pháp điều khiển riêng.



Hình 3.1. Sơ đồ khối bộ chỉnh lưu kép.

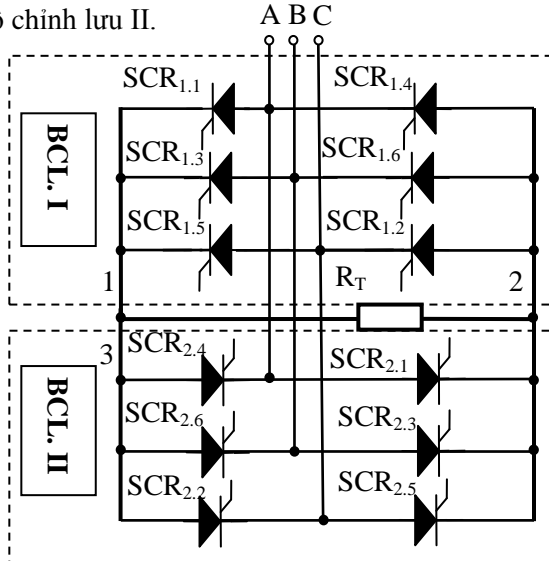
3.2 Mạch công suất

Mạch tải được thiết kế gồm 2 bộ chỉnh lưu cầu 3 pha điều khiển toàn phần. Để tránh các sự cố không mong muốn trong quá trình thí nghiệm, ta chọn phương pháp điều khiển riêng. Việc đảo chiều dòng điện của bộ chỉnh lưu kép được thực hiện bằng cách thay đổi mạch kích cho các SCR. Để đóng ngắt mạch đảo chiều ta sử dụng công tắc S1, đóng ngắt nguồn DC 12V cung cấp cho các mạch khuếch đại xung và biến áp cách ly ngõ ra. Khi công tắc S1 ở vị trí REV, nguồn DC 12V được cấp cho các mạch khuếch đại xung và biến áp xung kích cho các SCR trong bộ chỉnh lưu I. Khi công tắc S1 ở vị trí FW, nguồn DC 12V được cấp cho các mạch khuếch đại xung và biến áp xung kích cho các SCR trong bộ chỉnh lưu II.

Trên hình 3.3 là sơ đồ mạch chỉnh lưu kép 3 pha, bộ chỉnh lưu I gồm các SCR_{1,1} – SCR_{1,6}, bộ chỉnh lưu II gồm các SCR_{2,1} – SCR_{2,6}. Khi bộ I

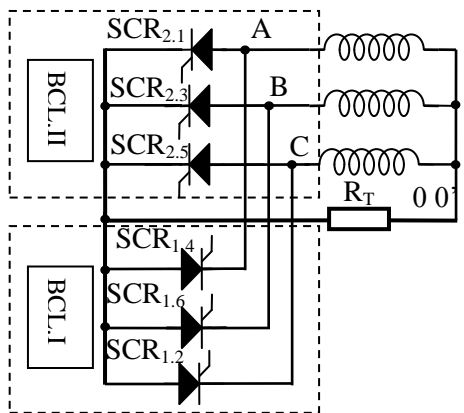
hoạt động, bộ II ngắt, dòng điện chạy qua tải từ 1 sang 2. Khi bộ II hoạt động, bộ I ngắt dòng điện chạy qua tải từ 2 sang 1.

Giải thích các chỉ số ký hiệu: SCR_{1,1} – SCR_{1,6} có nghĩa là chỉ số đầu chỉ bộ chỉnh lưu I, chỉ số hai là số thứ tự của các SCR từ 1 tới 6. Tương tự như vậy đối với bộ chỉnh lưu II.



Hình 3.3. Mạch công suất bộ chỉnh lưu cầu 3 pha kép.

Bộ thí nghiệm chỉnh lưu 3 pha kép còn cho phép điều khiển các mạch chỉnh lưu tia 3 pha kép như hình 3.4 nguyên tắc làm việc cũng tương tự như trên.

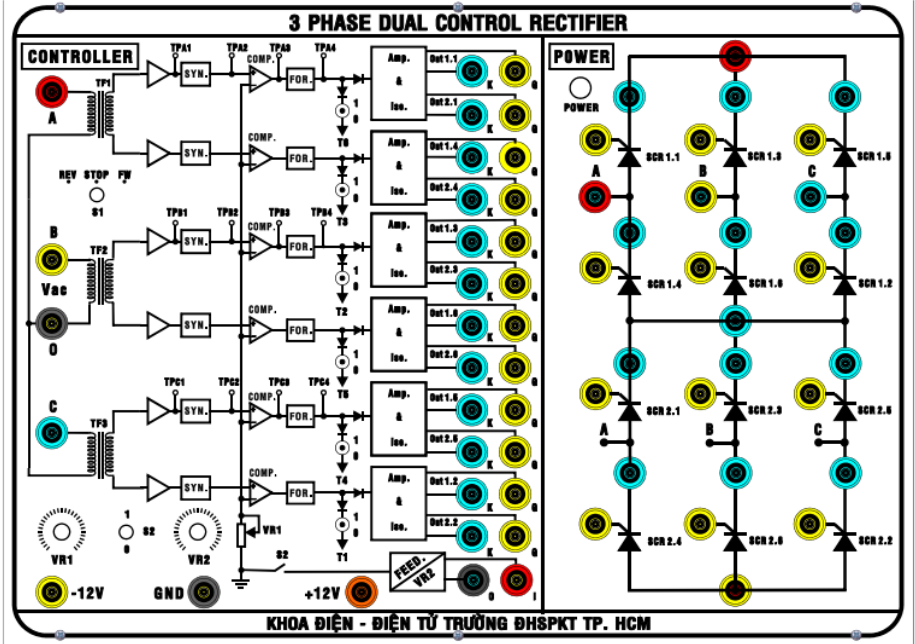


Hình 3.4. Mạch công suất chỉnh lưu tia 3 pha kép.

IV. MÔ HÌNH VÀ KẾT QUẢ VẬN HÀNH

4.1 Hình vẽ mặt nạ bộ chỉnh lưu

Mặt nạ của bộ chỉnh lưu được làm bằng phíp đồ dày 3mm, kích thước 400 x 297mm mặt trên in lụa các chi tiết và các phần tử như hình vẽ:



Hình 4.1. Hình vẽ mặt nạ bộ thí nghiệm.

4.2 Hình dáng thực tế bộ chỉnh lưu

Hộp đặt thiết bị được làm bằng tôn dày 1mm, sơn tĩnh điện, kích thước hộp 390 x 258 x 75mm. Kích thước hộp thí nghiệm phù hợp với khung thí nghiệm trong phòng thực tập điện tử công suất.

Trong hộp lắp đặt khối điều khiển và khối công suất gắn trên chốt đế nhựa. Khối công suất gồm tấm nhôm tản nhiệt, trên có gắn các SCR-BT151 đã được cách ly với vỏ. Hình dáng thực của các khối như các hình 4.2.



Hình 4.2. Hình dáng thực tế bộ chỉnh lưu kép 3 pha.

4.3 Vận hành bộ chỉnh lưu

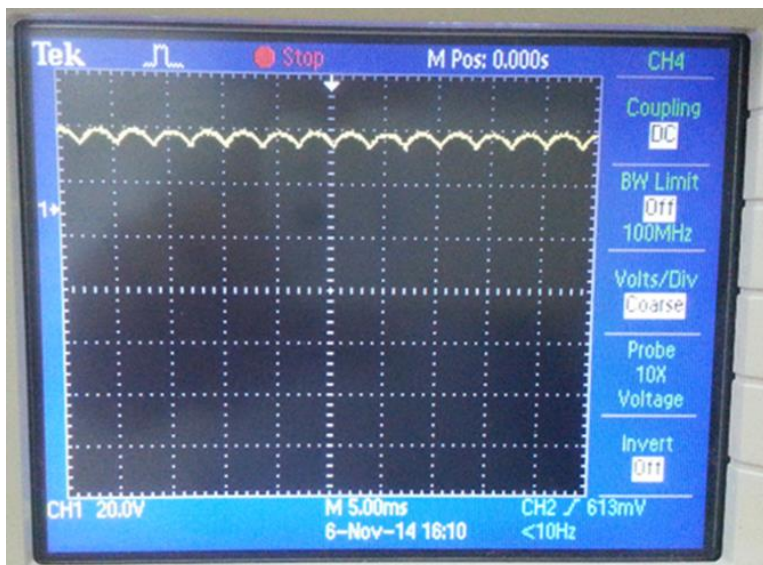
b. Kết quả thí nghiệm:

Sau khi lắp ráp cân chỉnh và vận hành bộ chỉnh lưu, ta có dạng xung ở các điểm kiểm tra từ TPA1 đến TPA4.

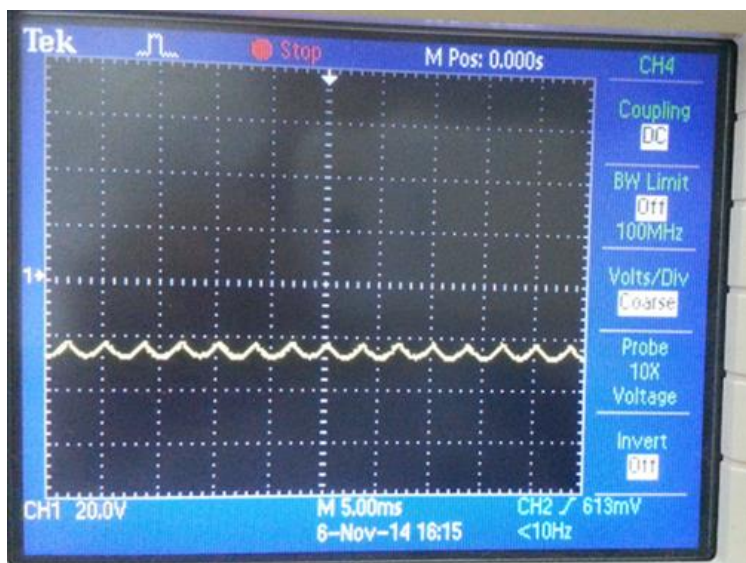


Hình 4.3. Tín hiệu tại các điểm TPA1 – TPA4 khi $\alpha = 0^\circ$.

Dạng sóng điện áp trên tải trở và tải R như các hình vẽ sau:



Hình 4.4. Dạng sóng điện áp trên tải trở khi $\alpha = 0^\circ$ của mạch cầu 3 pha (SI ở vị trí REV).



Hình 4.5. Dạng sóng điện áp trên tải trở khi $\alpha = 0^\circ$ của mạch cầu 3 (SI ở vị trí FW).

V. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

1. Kết Luận

Tác giả đã thiết kế và chế tạo thành công bộ chỉnh lưu kép 3 pha. Mô hình đã được kiểm tra và vận hành tại phòng thí nghiệm. Qua kiểm nghiệm và chạy thử cho thấy, tất cả các thông số đều đạt yêu cầu kỹ thuật, tín hiệu tại các điểm Test Point đúng như phần tính toán thiết kế. Thiết bị được sử dụng cho phòng thực hành điện tử công suất. Ngoài ra thiết bị có thể chế tạo và chuyển giao cho các cơ sở đào tạo khác.

Sản phẩm của đề tài là mô hình dạy học, tuy ít có tính khoa học hàn lâm cao nhưng có tính ứng dụng thực tế.

2. Hướng phát triển

- Có thể nghiên cứu thiết kế chế tạo bộ chỉnh lưu đảo chiều trong đó phần chuyển đổi công tắc thay thế bằng điều khiển số.
- Có thể kết hợp mạch chỉnh lưu kép giao tiếp điều khiển từ máy tính

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Nguyễn Bính.** *Điện tử công suất.* Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật. Hà nội - 1997.
2. **Tác giả CYRIL W.LANDER (Người dịch Lê Văn Doanh).** *Điện tử công suất và điều khiển tốc độ động cơ điện.* Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật-1997.
3. **Lưu Phú-Lê Phi Yên- Nguyễn Như Anh.** *Kỹ thuật điện tử.* Nhà xuất bản Đại Học Quốc Gia Tp. HCM-1998.
4. **Phạm Minh Hà.** *Kỹ thuật mạch điện tử.* Nhà xuất bản Khoa Học Và Kỹ Thuật Hà Nội-2005.
5. **Hoàng Ngọc Văn.** *Giáo trình điện tử công suất.* Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. HCM-2007.
6. **Hoàng Ngọc Văn.** *Giáo trình thực hành điện tử công suất,* Trường ĐHSPTK Tp. Hồ Chí Minh.

Thông tin liên hệ tác giả:

Họ tên: Hoàng Ngọc Văn

Đơn vị: Khoa Điện – Điện Tử, trường ĐHSPTK Tp. Hồ Chí Minh

Điện thoại: 0903776424

Email: vanhn@hcmute.edu.vn

Chuyên ngành chính (hướng nghiên cứu): Điện tử công suất