

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP CƠ SỞ

TÊN ĐỀ TÀI

Mã số: T2020 – ĐH 01

**XÂY DỰNG LẮP RÁP BÀN THỰC TẬP ĐIỆN TỬ
CÔNG SUẤT**

Chủ nhiệm đề tài: Th.S Trần Huy Điệp

**Người tham gia thực hiện: Th.S Dương Mạnh Linh,
Th.S. Dương Quang Tùng**

Thư ký khoa học: Th.S Nguyễn Duy Trường

Xác nhận của cơ quan chủ trì đề tài

HIỆU TRƯỞNG



PGS.TS. Nguyễn Duy Cương

Thái Nguyên, năm 2020

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung:

- Tên đề tài: “xây dựng lắp ráp bàn thực tập điện tử công suất”
- Mã số: T2020-ĐH 01
- Chủ nhiệm: Trần Huy Điệp
- Cơ quan chủ trì: Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp
- Thời gian thực hiện: 12 tháng

2. Mục tiêu:

Xây dựng và lắp ráp 05 bàn thực hành về điện tử công suất bao gồm các thiết bị thực phục vụ cho công tác giảng dạy và tạo điều kiện thuận lợi cho giáo viên hướng dẫn sinh viên trong quá trình thực tập. Giúp sinh viên ứng dụng ngay bài học lý thuyết vào bài học thực hành, sinh viên dễ cảm nhận được hình dạng và vị trí của các chi tiết trên thiết bị, dễ dàng lắp đặt, kiểm tra và thao tác đo đạc các thông số của mạch điện. Góp phần hiện đại hóa phương tiện và phương pháp dạy thực hành trong giáo dục và đào tạo.

3. Kết quả nghiên cứu:

Xây dựng lắp ráp bàn thực tập điện tử công suất

4. Sản phẩm:

Lắp ráp hoàn chỉnh 05 bàn thực hành bộ chỉnh lưu công suất

5. Hiệu quả:

Việc thiết kế, lắp đặt và đưa vào sử dụng bàn thực hành tích hợp này đã đảm bảo tính chất liên tục về mặt nhận thức, thực hiện chính xác các thao tác thực hành, tăng thời gian thực hành, đa dạng các bài thực hành sát với thực tế.

6. Khả năng áp dụng và phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu:

Các bàn thực hành bộ chỉnh lưu công suất này sẽ được thay thế một phần các thiết bị thực hành rời rạc tại Xưởng điện -Trung tâm Thực nghiệm.

Ngày tháng 11 năm 2020

Cơ quan chủ trì
HIỆU TRƯỞNG



PGS.TS. Nguyễn Duy Cường

Chủ nhiệm đề tài

Trần Huy Điệp

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information:

- Title of topic: "Construction and assembly of power electronics practice desk"
- Code: T2020-DH 01
- Manager: Tran Huy Diep

Responsible agency: Industrial Technology University

- Implementation time: 12 months

2. Objective:

Construction and assembly of 05 power electronics practice desks including real equipment for teaching and creating favorable conditions for teachers to guide students in the internship process. Helping students immediately apply the theoretical lessons to practical lessons, students easily feel the shape and position of the details on the device, easy to install, check and manipulate parameters. of the circuit. Contribute to the modernization of teaching facilities and methods of teaching practice in education and training.

3. Research results:

Construction and assembly of power electronics practice desk

4. Products:

Completed assembly of 05 practice tables of power rectifier

5. Efficiency:

The design, installation and putting into use of this integrated practice desk has ensured the cognitive continuity, correctly implemented practical operations, increased practice time, and varied exercises. practice with reality.

6. Applicability and transfer method of research results:

These power rectifier practice tables will be partially replaced by discrete practice devices at the Power Workshop - Experimental Center.

DANH SÁCH CÁC THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU ĐỀ TÀI

STT	HỌ VÀ TÊN	NHIỆM VỤ	GHI CHÚ
1	Trần Huy Điệp	Chủ nhiệm	
2	Dương Mạnh Linh	Thành viên	
3	Dương Quang Tùng	Thành viên	
4	Nguyễn Duy Trường	Thành viên	

MỤC LỤC

STT	NỘI DUNG	TRANG
1	CHƯƠNG 1: MỞ ĐẦU	11
2	1.1 Tính cấp thiết của vấn đề nghiên cứu của đề tài	11
3	1.2 Tổng quan về tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực đề tài	11
4	1.3 Mục tiêu, đối tượng, phạm vi nghiên cứu của đề tài	11
5	1.4 Phương pháp nghiên cứu, kết cấu của đề tài nghiên cứu	12
6	1.5 Kết quả đạt được của đề tài	12
7	CHƯƠNG 2: CÁC LINH KIỆN ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT	13
8	2.1 Phân loại linh kiện điện tử công suất	13
9	2.2 Diode Công suất	13
10	2.3 SCR (Silicon Controlled Rectifier)	16
11	2.3.1 Mô tả và chức năng	16
12	2.3.2 Các tính chất và trạng thái cơ bản	16
13	2.3.3 Đặc tính V-A	17
14	2.3.4 Mạch kích SCR	18
15	2.3.5 Mạch bảo vệ SCR	19
16	2.4 TRIAC	20
17	2.4.1 Đặc điểm cấu tạo	20
18	2.4.2 Đặc tính V-A	21
19	2.5 GTO	22
20	CHƯƠNG 3 : BỘ CHỈNH LƯU KHÔNG ĐIỀU KHIỂN	24
21	3.1 Các khái niệm cơ bản	24
22	3.2 Chỉnh lưu một pha không điều khiển	24
23	3.2.1 Chỉnh lưu nửa chu kỳ	24
24	3.2.2 Chỉnh lưu toàn kỳ dùng 2 iode	25
25	3.2.3 Chỉnh lưu toàn kỳ dùng cầu Diode	25
26	3.3 Mạch chỉnh lưu ba pha không điều khiển	27

27	3.3.1 Chỉnh lưu ba pha hình tia	27
28	3.3.2 Chỉnh lưu ba pha hình cầu	27
29	CHƯƠNG 4: BỘ CHỈNH LƯU CÓ ĐIỀU KHIỂN	29
30	4.1 Tổng quan về mạch điều khiển	29
31	4.2 Các sơ đồ chỉnh lưu hình cầu	29
32	4.2.1 Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu một pha	29
33	4.2.2 Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu 3 pha	36
34	Chương 5: XÂY DỰNG BÀN THỰC TẬP ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT	40
35	5.1. Cấu trúc mạch lực hệ thống chỉnh lưu thyristor - động cơ điện một chiều	40
36	5.2 Cấu trúc mạch điều khiển hệ thống chỉnh lưu thyristor - động cơ điện một chiều	40
37	5.3 Mô hình bàn thực tập điện tử công suất	42
38	5.4 Bài tập thực hành	43
39	5.5 Kết quả thực nghiệm	45
40	5.6 Kết luận	45
41	KIẾN NGHỊ	45
42	TÀI LIỆU THAM KHẢO	46

DANH MỤC HÌNH VẼ

STT	Nội dung	Trang
1	Hình 1: Cấu trúc Diode (a) và ký hiệu (b)	13
2	Hình 2: Sơ đồ nguyên lý phân cực cho diode	14
3	Hình 3: Đặc tính $V - A$ thực tế (a) và lý tưởng (b)	14
4	Hình 4: Mạch bảo vệ diode	15
5	Hình 5: Hình dạng của một số diode trên thực tế	15
6	Hình 6: Một số diode trên thực tế	16
7	Hình 7: Nguyên lý cấu tạo(a), ký hiệu(b) và mạch tương đương của SCR(c)	16
8	Hình 8: Đặc tính động của SCR	17
9	Hình 9: Đặc tính $V-A$ của SCR	17
10	Hình 10: Mạch kích SCR	18
11	Hình 11: Mạch kích SCR đơn giản	19
12	Hình 12: Mạch bảo vệ SCR	19
13	Hình 13 Hình dạng của một số loại SCR trên thực tế	20
14	Hình 14: Một số SCR trên thực tế	20
15	Hình 15: Cấu tạo TRIAC(a) ký hiệu (b) và đặc tính $V-A$ (c)	21
16	Hình 16: Một dạng mạch kích cho TRIAC	21
17	Hình 17: Một số hình dáng của TRIAC	22
18	Hình 18: Cấu trúc GTO(a), sơ đồ tương đương(b) và ký hiệu (c)	22
19	Hình 19: Mạch bảo vệ GTO	23
20	Hình 20: Hình dáng thực tế	23
21	Hình 21: Sơ đồ chỉnh lưu nửa chu kỳ	24
22	Hình 22a: Sơ đồ mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ có điểm giữa	25
23	Hình 22b: Dạng sóng điện áp, dòng điện ở ngõ ra của bộ chỉnh lưu	25
24	Hình 23: Sơ đồ mạch chỉnh lưu cầu 1 pha và dạng sóng điện áp, dòng điện ngõ ra	26
25	Hình 24: Mạch chỉnh lưu hình tia và dạng sóng điện áp	27
26	Hình 25: Mạch chỉnh lưu cầu và dạng sóng điện áp ở ngõ ra	28
27	Hình 26: Sơ đồ chỉnh lưu cầu 1 pha	29
28	Hình 27: Sơ đồ CL bán điều khiển	30
29	Hình 28 Giảm đồ điện áp	30
30	Hình 29: Sơ đồ cầu một pha có Do	32
31	Hình 30: Giảm đồ điện áp	33

32	Hình 31: Sơ đồ CL bán điều khiển	34
33	Hình 32: Giảm đồ điện áp	35
34	Hình 33: Giảm đồ điện áp	37
35	Hình 34: Sơ đồ mạch động lực bộ chỉnh lưu cầu 1 pha và cầu 3 pha	40
36	Hình 35: Mạch điều khiển điện tử hệ truyền động Thyristor - Động cơ một chiều	41
37	Hình 36: Sơ đồ mạch tạo xung điều khiển bộ chỉnh lưu cầu 1 pha	43
38	Hình 37: Sơ đồ mạch tạo xung điều khiển bộ chỉnh lưu cầu 3 pha	44
39	Hình 37: Sơ đồ bộ điều chỉnh tín hiệu vào Uđk	44

Lời giới thiệu

Sự bùng nổ của tiến bộ khoa học kỹ thuật trong các lĩnh vực điện, điện tử, tin học trong những năm gần đây đã ảnh hưởng sâu sắc cả về lý thuyết và thực tiễn và ứng dụng rộng rãi có hiệu quả cao trong rất nhiều lĩnh vực khác nhau. Đặc biệt là lĩnh vực điều khiển tự động và các dây chuyền công nghiệp khép kín ra đời.

Trong chương trình giảng dạy thực hành học phần điện tử công suất được giảng dạy cho nhiều chuyên ngành: Điện tự động hóa, Điện tự động công nghiệp, Tự động hóa hệ thống điện...cùng với số lượng Sinh viên ngày càng nhiều.

Thực hiện chủ trương đổi mới chương trình, nội dung giảng dạy của Nhà trường là giảm thời lượng, kiến thức lý thuyết thuần túy, hàn lâm; tăng cường kiến thức thực hành, thực tế cho sinh viên. Bài toán đặt ra cho Bộ môn là giải quyết vấn đề thực hành, thí nghiệm mà cụ thể là cơ sở vật chất cho công tác thực hành các học phần đã nói ở trên.

Hiện nay Xưởng điện đã và đang khai thác một phòng thực hành, thực tập cho tất cả các học phần trên, tuy nhiên so với thực tế đặt ra hiện nay vẫn còn rất thiếu do số nhóm Sinh viên thực hành ngày càng tăng cao về số lượng, gây quá tải và làm giảm chất lượng thực hành, thực tập của Sinh viên.

Mặt khác, do các thiết bị thực hành, thực tập hiện nay quá cũ, các bài thực hành còn thiếu cả về số lượng và chất lượng không đáp ứng được nhu cầu thực hành, thực tập của sinh viên.

Để giải quyết được những bất cập nói trên, được sự đồng ý của Hội đồng khoa học, cũng như được sự cho phép của Ban Giám hiệu Trường Đại học kỹ thuật công nghiệp, chúng tôi thực hiện đề tài: **“Xây dựng lắp ráp bàn thực tập điện tử công suất”**.

Đây là đề tài nhằm nâng cao năng lực nghiên cứu và thực hành của giáo viên và sinh viên ngành điện cũng như phục vụ đắc lực cho công tác sửa chữa của cán bộ giáo viên trong quá trình giảng dạy, nghiên cứu của mình.

Đề tài không thể tránh khỏi những hạn chế, thiếu sót. Nhóm tác giả rất mong được sự đóng góp ý kiến của bạn bè, đồng nghiệp và những người quan tâm để đề tài được hoàn thiện hơn.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn!

Chương 1: MỞ ĐẦU

1.1 Tính cấp thiết của vấn đề nghiên cứu của đề tài

Hiện nay, các bài thực hành về điện tử công suất tại Xưởng điện, Trung tâm thực nghiệm với các thiết bị không đồng bộ hoạt động không còn chính xác thiếu đồng bộ không còn phù hợp và sát với tình hình thực tế trong các doanh nghiệp và nhà máy.

Các trang thiết bị phục vụ giảng dạy đã cũ và lạc hậu, sinh viên được thực hành chỉ mang tính chất mô hình, khác lạ so với thực tiễn, cụ thể:

- Nội dung bài thực hành nghèo nàn
- Sinh viên còn thiếu các kiến thức kỹ năng nghề thực tế.
- Các bài thực hành chưa sát với thực tiễn trong các doanh nghiệp và nhà máy.

Vì vậy, nhằm áp dụng những công nghệ mới, tăng tính thực quan trong quá trình giảng dạy và học tập, với mục đích nâng cao chất lượng dạy học và thực hành của sinh viên nhóm tác giả đưa ra giải pháp **“Xây dựng lắp ráp bàn thực tập điện tử công suất”**.

1.2 Tổng quan về tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực đề tài

Đề tài nghiên cứu, thiết kế, chế tạo các mô đun tích hợp giải quyết bài toán thực tế về công tác thực hành, thực tập của ngành Điện vì việc mua và nhập các thiết bị này đôi khi còn gặp khó khăn về nhiều mặt.

Đề tài còn mang ý nghĩa thiết thực nữa là nâng cao học thuật trong thực hành thiết kế và lắp đặt các module thực hành thực hiện chủ trương của nhà trường là nghiên cứu và tự lắp ráp các mô hình góp phần tích cực vào công cuộc đổi mới nâng cao chất lượng thực hành thí nghiệm.

1.3 Mục tiêu, đối tượng, phạm vi nghiên cứu của đề tài

* Mục tiêu của đề tài

Đề tài xuất phát từ tình hình các môn học lý thuyết, từ tình hình thực tế về cơ sở vật chất của các phòng thí nghiệm thực hành của Bộ môn, của ngành hiện nay, đề tài đi nghiên cứu chế tạo ra sản phẩm cụ thể là các bài thực hành thực tế đáp ứng nhu cầu của lý thuyết, tăng cường năng lực nghiên cứu và rèn luyện kỹ năng nghề của Sinh viên.

* Đối tượng phục vụ của đề tài

Sinh viên chuyên ngành Điện tự động hóa, kỹ thuật điện, điện tự động công nghiệp, tự động hóa hệ thống điện...

Fục vụ cho giáo viên khi cần nghiên cứu, tìm hiểu về điện công suất.

Phục vụ công tác lao động sản xuất cho các cán bộ, giáo viên tham gia nghiên cứu, sửa chữa thiết bị điện.

* Phạm vi nghiên cứu của đề tài

Phạm vi của đề tài nghiên cứu theo hướng khoa học ứng dụng gồm các mục đích sau:

Nghiên cứu, phân tích, tổng hợp cấu trúc cũng như hoạt động của các sơ đồ chỉnh lưu có điều khiển.

Nghiên cứu triển khai lắp đặt, triển khai kết nối các môđun điều khiển.

Hoàn thiện về mặt hồ sơ, tài liệu hướng dẫn vận hành sử dụng phục vụ cho Giáo viên hướng dẫn cũng như sinh viên thực hành.

1.4 Phương pháp nghiên cứu, kết cấu của đề tài nghiên cứu

* *Phương pháp nghiên cứu:*

Nghiên cứu lý thuyết kết hợp với thực tế của các môn học về nội dung cũng như yêu cầu thực hành, trên cơ sở đó từ việc nghiên cứu cấu tạo và hoạt động của các sơ đồ chỉnh lưu có điều khiển để đi đến nghiên cứu, thiết kế và chế tạo các môđun thực hành.

Đề tài mang tính chất nghiên cứu ứng dụng khoa học và được chia làm 2 phần là phần giới thiệu tóm tắt về các sơ đồ chỉnh lưu không điều khiển và có điều khiển và phần xây dựng bản thực hành dưới dạng các môđun tích hợp, rất thuận tiện cho Sinh viên khi thực hành thí nghiệm.

* *Kết cấu của đề tài*

Đề tài chia làm 3 chương:

Chương 1: Mở đầu

Chương 2: Các linh kiện điện tử công suất

Chương 3: Bộ chỉnh lưu không điều khiển

Chương 4: Bộ chỉnh lưu có điều khiển

Chương 5: Xây dựng bản thực tập điện tử công suất

Nhận xét và kết luận của đề tài.

1.5 Kết quả đạt được của đề tài

Thiết kế, lắp đặt hoàn chỉnh 2 module thực hành điện tử công suất gồm:

Thực hành lắp đặt và vận hành bộ chỉnh lưu 1 pha có điều khiển.

Thực hành lắp đặt và vận hành bộ chỉnh lưu 1 pha có điều khiển.

Nghiên cứu, tạo kết quả chuyển giao cho Giáo viên hướng dẫn và Sinh viên thực hành.

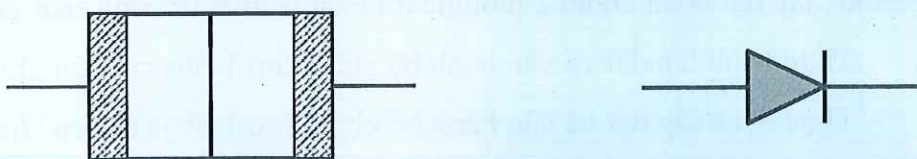
Chương 2: CÁC LINH KIỆN ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

2.1 Phân loại linh kiện điện tử công suất

- Các linh kiện bán dẫn công suất có hai chức năng cơ bản là ĐÓNG và NGẮT dòng điện đi qua nó.
- Trạng thái linh kiện dẫn điện (ĐÓNG): linh kiện giống như một điện trở có giá trị rất bé (gần bằng không).
- Trạng thái linh kiện không dẫn điện (NGẮT): linh kiện giống như một điện trở có giá trị rất lớn.
- Các linh kiện bán dẫn có thể chuyển đổi trạng thái làm việc từ trạng thái dẫn điện sang trạng thái không dẫn điện và ngược lại thông qua tín hiệu kích thích tác động lên cổng điều khiển của linh kiện. Ta gọi linh kiện có điều khiển được. Tín hiệu điều khiển có thể là dòng điện, điện áp hay ánh sáng với công suất nhỏ hơn nhiều so với công suất của nguồn và tải.
- Nếu linh kiện không có cổng điều khiển và quá trình chuyển trạng thái làm việc xảy ra dưới tác dụng của nguồn công suất ở ngõ ra, ta gọi linh kiện thuộc loại không điều khiển được.
- Đối với các linh kiện điều khiển được, nếu tín hiệu điều khiển chỉ là cho nó dẫn dòng điện mà không thể tác động ngắt dòng điện qua nó, ta gọi linh kiện không có khả năng kích ngắt (SCR, TRIAC). Ngược lại, nếu linh kiện có thể chuyển trạng thái làm việc từ đóng sang ngắt hay từ ngắt sang đóng thông qua tín hiệu kích thích tác động lên cổng điều khiển gọi là linh kiện có khả năng kích ngắt (BJT, MOSFET, IGBT, GTO...).
- Ta có thể phân ra thành ba nhóm linh kiện như sau :
 - + Nhóm các linh kiện không điều khiển như Diode, DIAC.
 - + Nhóm các linh kiện điều khiển kích đóng được như SCR, TRIAC.
 - + Nhóm các linh kiện điều khiển kích ngắt được như BJT, MOSFET, IGBT, GTO.

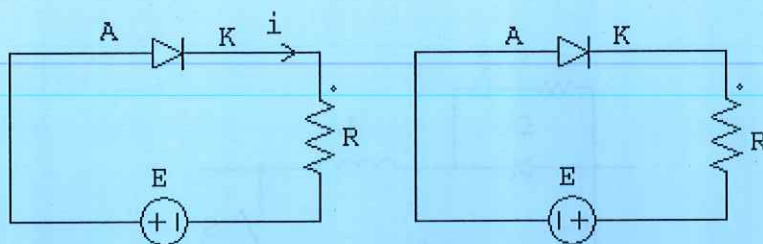
2.1 Diode Công Suất

- Nguyên lý cấu tạo và làm việc



Hình 1: Cấu trúc Diode (a) và ký hiệu (b)

Diode được cấu tạo bằng mối nối P-N, lớp N thừa điện tử, lớp P thiếu điện tử đồng thời chứa các phân tử mang điện dạng lỗ trống tạo ra hàng rào điện thế vào khoảng 0,6 V.



a) phân cực thuận

b) phân cực ngược

Hình 2: Sơ đồ nguyên lý phân cực cho diode

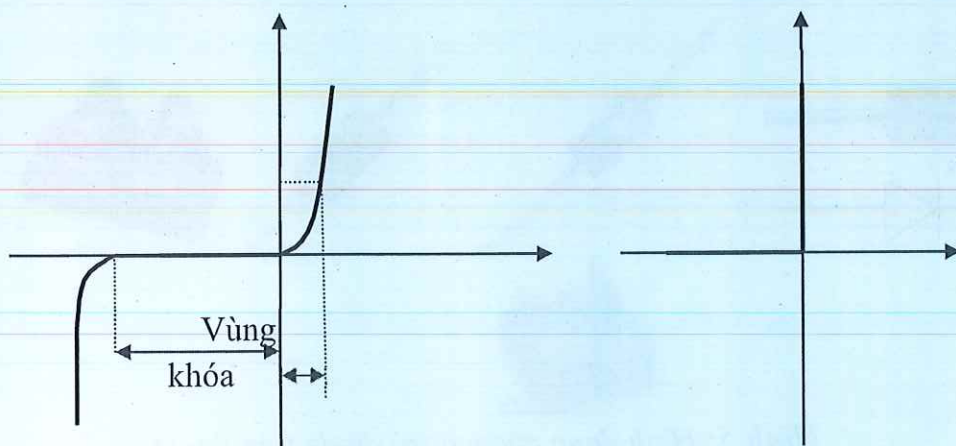
Khi ta đặt một điện áp lên diode, cực dương gắn với lớp P và cực âm gắn với lớp N (hình 2a), khi đó điện tử được chuyển từ lớp N qua lớp P. Còn các hạt mang điện được chuyển từ lớp P sang lớp N và như vậy có một dòng điện chạy qua diode.

Khi điện áp ngược được đặt lên diode (cực dương gắn với lớp N và cực âm gắn với lớp P – hình 2b), điện tử và phân tử mang điện dạng lỗ trống và các điện tử tự do bị kéo ra xa mối nối, kết quả chỉ có dòng điện rò vào khoảng vài mA có thể chạy qua.

Khi điện áp ngược tiếp tục tăng các điện tích cũng tăng gia tốc gây lên va chạm dây chuyền làm hàng rào điện thế bị chọc thủng và diode mất tính chất dẫn điện theo một chiều (diode bị hỏng).

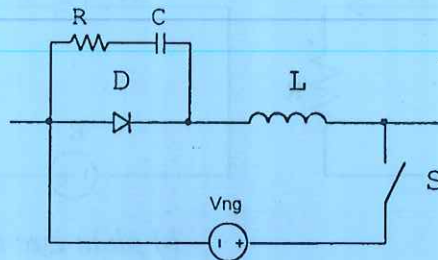
Trên hình vẽ, đầu ra của lớp P gọi là Anode (A) và lớp N là Cathode (K).

- **Đặc tính Volt – Ampere (V – A)**



Hình 3: Đặc tính V – A thực tế (a) và lý tưởng (b)

Đặc tính có hai nhánh: nhánh thuận tương ứng với trạng thái dẫn điện (nằm ở góc phần tư I) và nhánh nghịch tương ứng với trạng thái ngắt (nằm ở góc phần tư III) như trên hình 3. Trong đó, hình 3a là đặc tính V – A thực tế, hình 3b là đặc tính lý tưởng. Mạch bảo vệ diode



Hình 4: Mạch bảo vệ diode

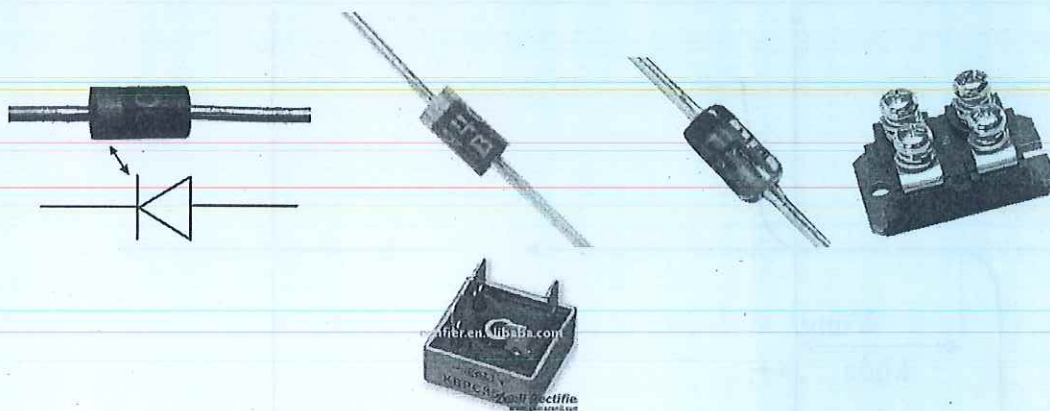
Để hạn chế ảnh hưởng của hiện tượng quá áp và bảo vệ cho diode công suất, ta mắc song song với diode mạch lọc RC. Tuy nhiên, các diode công suất trên thực tế đã tích hợp sẵn mạch RC.

- Các đại lượng định mức của diode

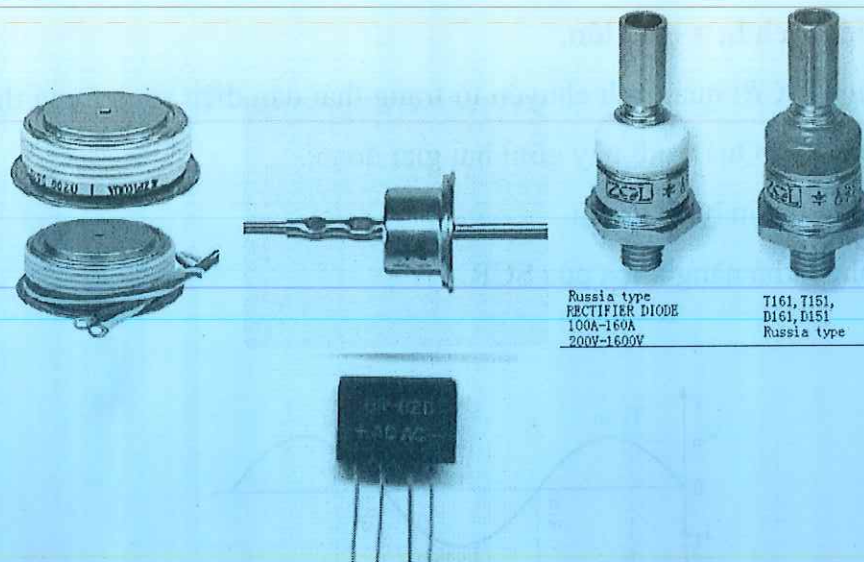
Điện áp định mức: là điện áp ngược lớn nhất (U_{RM}) có thể lặp lại tuần hoàn trên diode.

Dòng điện định mức: là dòng điện thuận lớn nhất (I_{FM}) chạy qua diode mà không làm cho diode bị hỏng.

Để tăng khả năng chịu áp tải ta ghép nối tiếp các diode, để tăng khả năng chịu dòng tải ta ghép song song các diode.



Hình 5: Hình dạng của một số diode trên thực tế

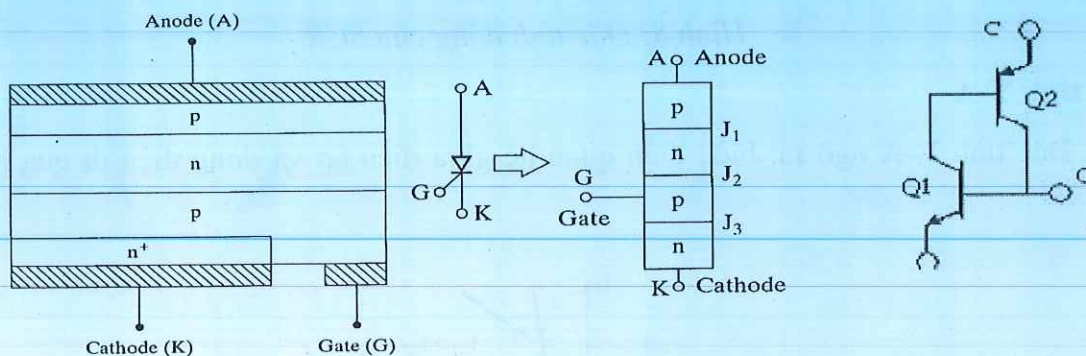


Hình 6: Một số diode trên thực tế.

2.3 SCR (Silicon Controlled Rectifier)

2.3.1 Mô tả và chức năng

SCR là linh kiện gồm 4 lớp bán dẫn P-N-P-N liên tiếp tạo nên Anode (A), Cathode (K) và cực điều khiển Gate (G) như trên hình H1.25a.



Hình 7: Nguyên lý cấu tạo(a), ký hiệu(b) và mạch tương đương của SCR(c)

Sơ đồ thay thế SCR bằng mạch transistor như trên hình 7c. Khi đưa vào hai cổng G, K một xung dòng I_G thì SCR sẽ dẫn điện. SCR vẫn duy trì trạng thái dẫn điện mặc dù xung dòng I_G bị ngắt.

2.3.2 Các tính chất và trạng thái cơ bản

SCR có hai trạng thái:

+ Trạng thái khóa: khi Anode có thể chịu được điện áp dương so với cathode.

+ Trạng thái nghịch: khi điện áp trên Anode âm hơn so với Cathode.

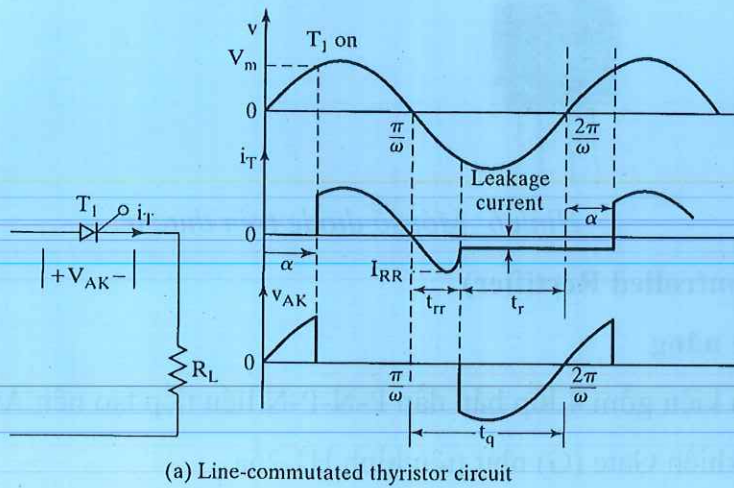
Để SCR chuyển sang trạng thái dẫn điện thì phải thỏa mãn hai điều kiện sau:

+ SCR ở trạng thái khóa.

+ Có xung dòng điện kích $I_G > 0$ đủ lớn.

Hiện tượng ngắt SCR: quá trình chuyển từ trạng thái dẫn điện sang trạng thái không dẫn điện như trên hình 8. Quá trình này gồm hai giai đoạn:

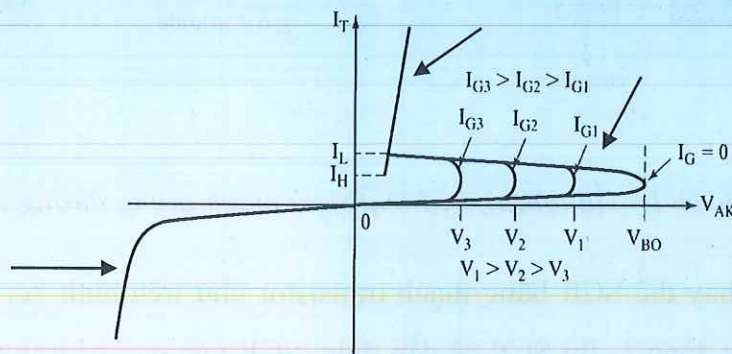
- + Giai đoạn làm dòng thuận bị triệt tiêu.
- + Giai đoạn khôi phục khả năng khóa của SCR.



Hình 8: Đặc tính động của SCR

2.3.3 Đặc tính V-A

Đặc tính V-A ngõ ra: biểu diễn quan hệ giữa điện áp và dòng điện đi qua hai cực



Anode và Cathode (hình 9).

Hình 9: Đặc tính V-A của SCR

+ *Nhánh thuận (1):* SCR ở trạng thái dẫn điện. Độ sụt áp giữa Anode và Cathode nhỏ không đáng kể.

+ *Nhánh nghịch (3):* ứng với trạng thái nghịch tương tự như diode.

+ *Nhánh khóa (2):* ứng với trạng thái khóa ($I_G = 0$).

2.3.3 Khả năng mang tải

Khả năng chịu áp của SCR đạt đến hàng chục KV, thông thường ở mức $5 \div 7KV$. Dòng điện trung bình khoảng 5000A. độ sụt áp khi dẫn điện nằm trong khoảng $1,5 \div 3V$. phần lớn các SCR được làm mát bằng không khí.

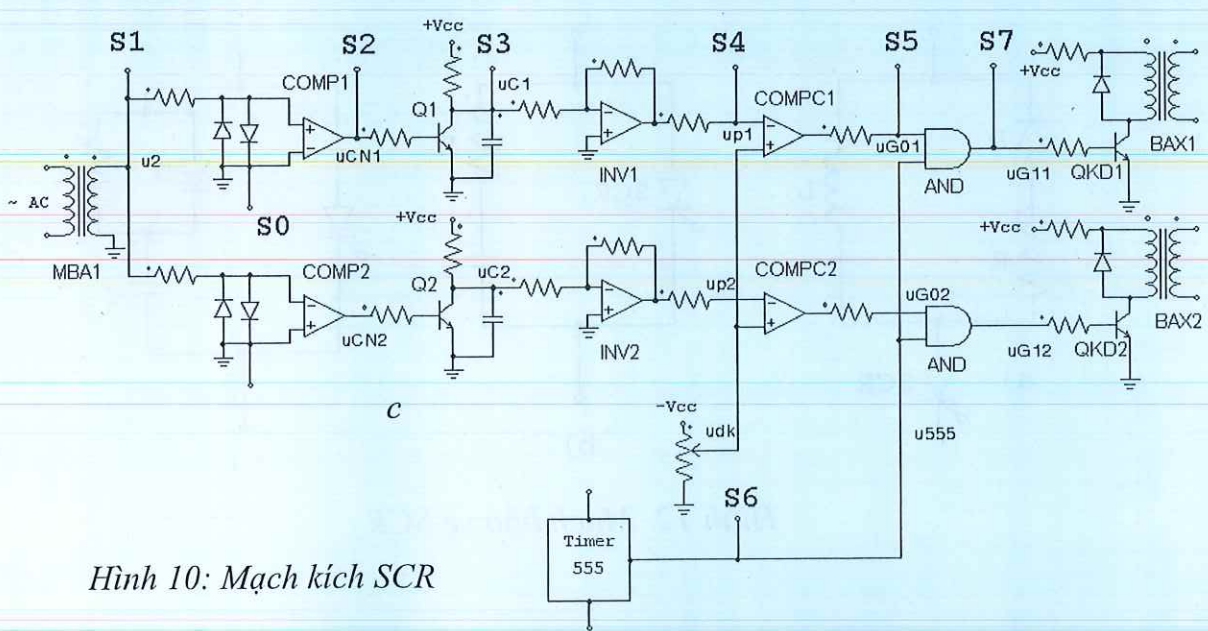
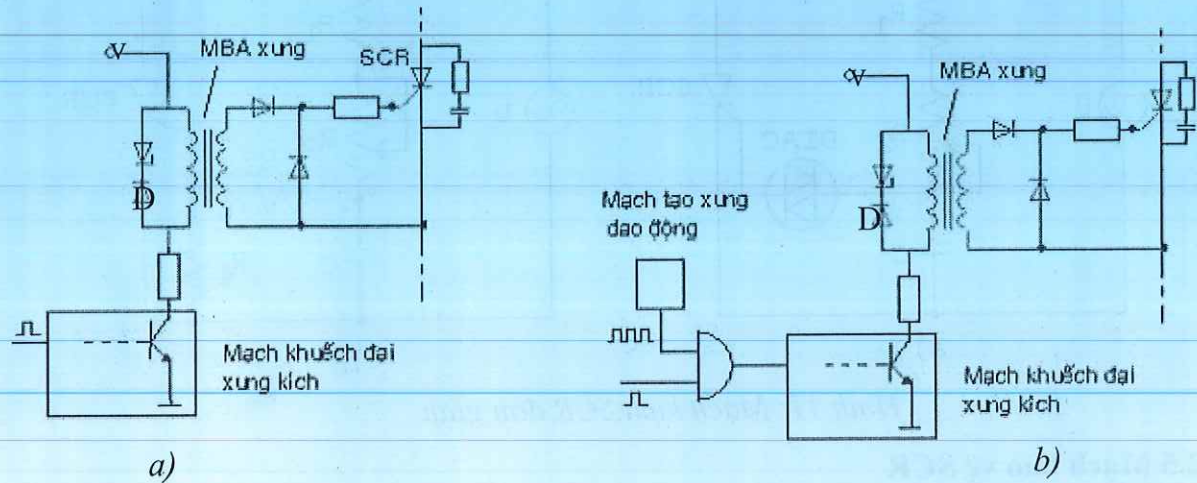
❖ Các SCR đặc biệt:

SCR cao áp: có điện áp lặp lại lớn nhất khoảng vài ngàn volt. SCR nhanh: đóng ngắt nhanh, khả năng chịu áp và dòng thấp hơn.

Photthyristor: có thể đóng bình thường bằng xung kích vào cổng G hoặc bằng tia sáng lên vị trí nhất định của vỏ SCR.

2.3.4 Mạch kích SCR

Trong các bộ biến đổi công suất dùng SCR, SCR và mạch tạo xung kích vào cổng điều khiển của nó cần cách điện với nhau. Một số mạch kích SCR như trên hình 10.

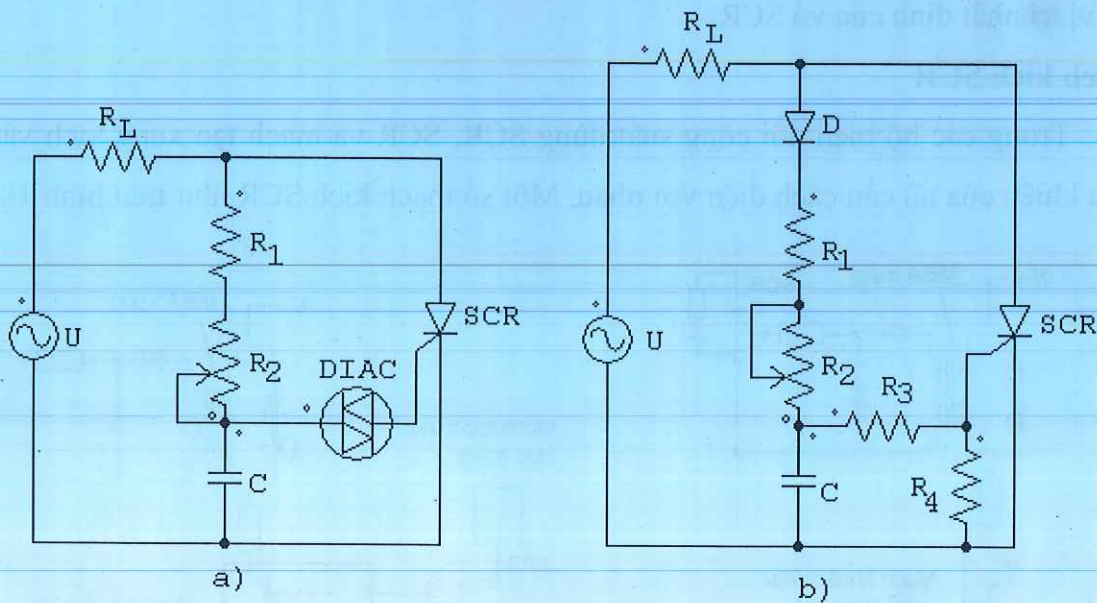


Hình 10: Mạch kích SCR

Mạch kích hình 10a: tác dụng điện áp lên mạch cổng B của Q_1 , Q_1 dẫn bảo hòa làm xuất hiện điện áp V_{cc} trên cuộn sơ cấp của máy biến áp xung và làm cảm ứng xung điện áp ở phía thứ cấp. Xung áp tác dụng lên cổng G của SCR làm cho nó dẫn điện. Khi khóa xung kích, Q_1 bị ngắt, dòng qua máy biến áp xung được duy trì qua mạch cuộn sơ cấp và diode D_m .

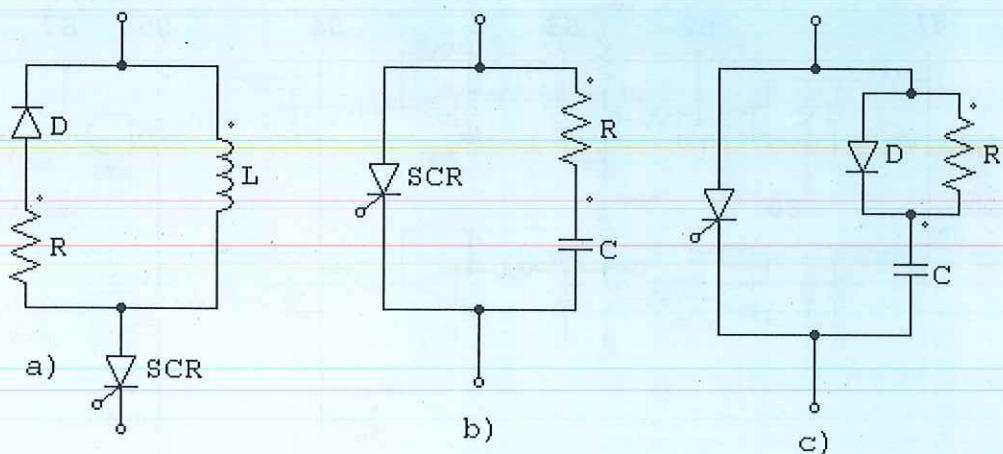
Hình 10b: xung điều khiển kết hợp với tín hiệu ra của bộ phát xung vuông qua cổng AND trước khi đưa vào cổng B của Q_1 để hạn chế tổn hao ở mạch cổng.

Ta cũng có thể sử dụng các mạch kích đơn giản như trên hình 11.



Hình 11: Mạch kích SCR đơn giản

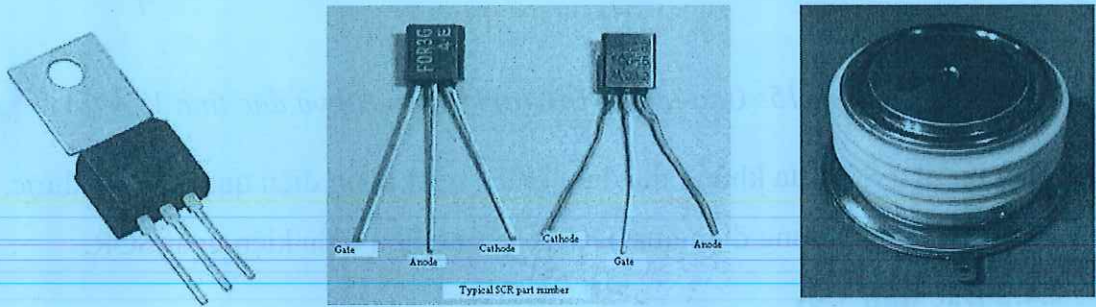
2.3.5 Mạch bảo vệ SCR



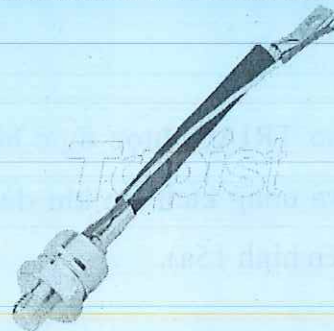
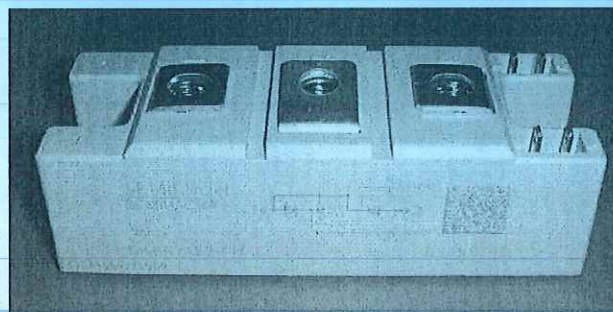
Hình 12: Mạch bảo vệ SCR

Để giảm tốc độ thay đổi dòng điện, ta có thể dùng cảm kháng mắc nối tiếp với SCR (hình 12a).

Để giảm tốc độ thay đổi áp có thể được hạn chế bằng mạch dùng RC hoặc mạch D,R,C mắc song song (hình 12b,c).



Hình 13 Hình dạng của một số loại SCR trên thực tế



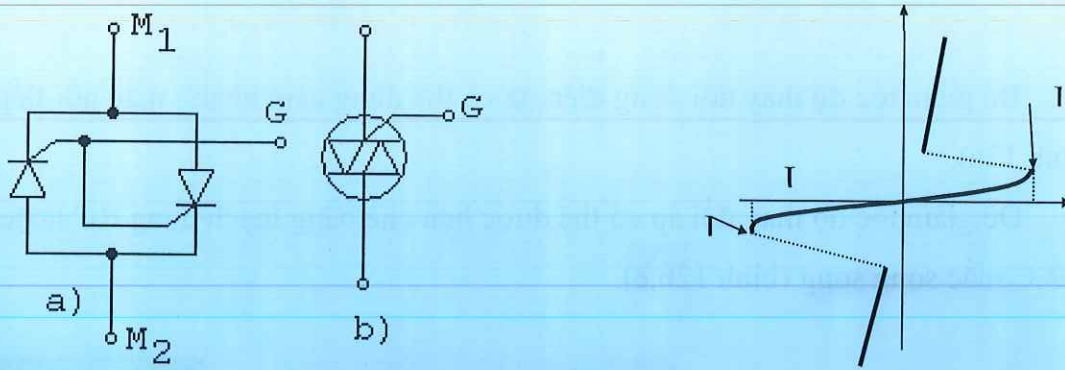
Hình 14: Một số SCR trên thực tế

2.4 TRIAC

2.4.1 Đặc điểm cấu tạo

TRIAC được cấu tạo bởi hai SCR mắc đối song (hình 15). Do đó linh kiện có thể dẫn điện theo cả hai chiều.

Việc kích dẫn TRIAC được thực hiện nhờ xung dòng điện đưa vào cổng điều khiển G. điều kiện để TRIAC dẫn điện là đưa xung dòng kích vào cổng điều khiển trong điều kiện tồn tại điện áp trên linh kiện khác không.



Hình 15: Cấu tạo TRIAC(a) ký hiệu (b) và đặc tính V-A (c)

Giống như SCR, ta không thể điều khiển ngắt dòng điện qua TRIAC được.

Điều kiện ngắt dòng điện qua TRIAC giống như điều kiện ngắt SCR.

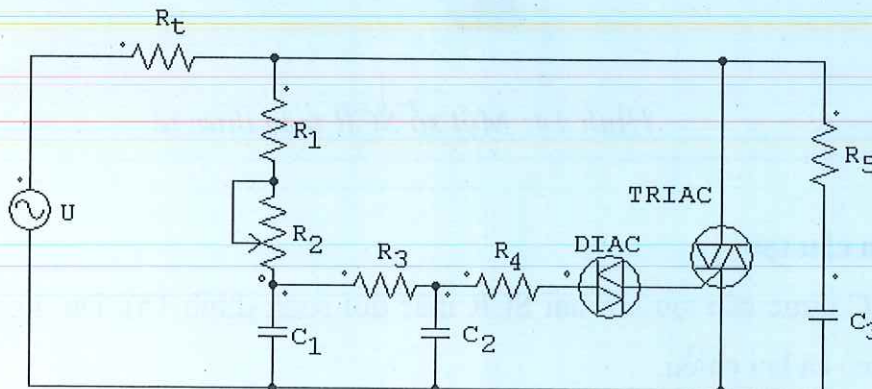
2.4.2 Đặc tính V-A

Đặc tính V-A của TRIAC tương tự như của SCR. Do khả năng dẫn điện theo cả hai chiều, đặc tính V-A của TRIAC có dạng đối xứng qua tâm góc tọa độ (hình 15c).

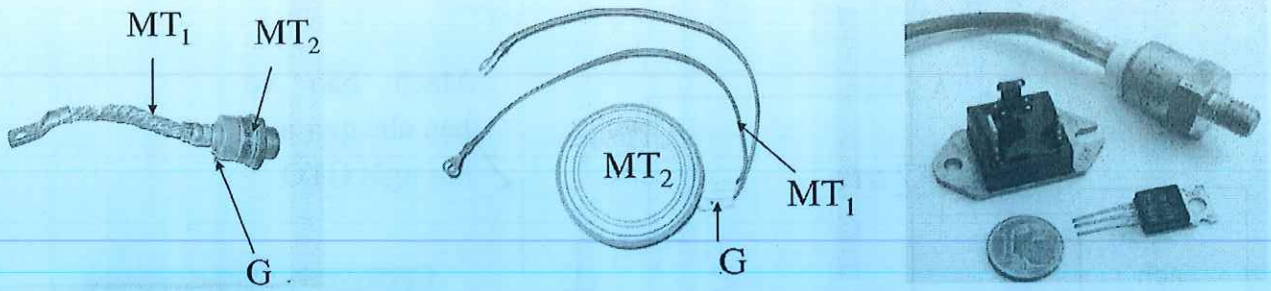
Việc kích đóng TRIAC có thể chia thành hai trường hợp:

- $U_V > 0$:
 - c) $U_G > 0, I_G > 0$
 - d) $U_G < 0, I_G < 0$
- $U_{VR} < 0$:
 - c) $U_G > 0, I_G > 0$
 - d) $U_G < 0, I_G < 0$

Trên thực tế, việc kích cho TRIAC được thực hiện khi dòng kích dương cho trường hợp dòng qua TRIAC dương và dòng kích âm khi dòng qua TRIAC âm (chiều dương qui ước chiều từ M_1 đến M_2 như trên hình 15a).



Hình 16: Một dạng mạch kích cho TRIAC



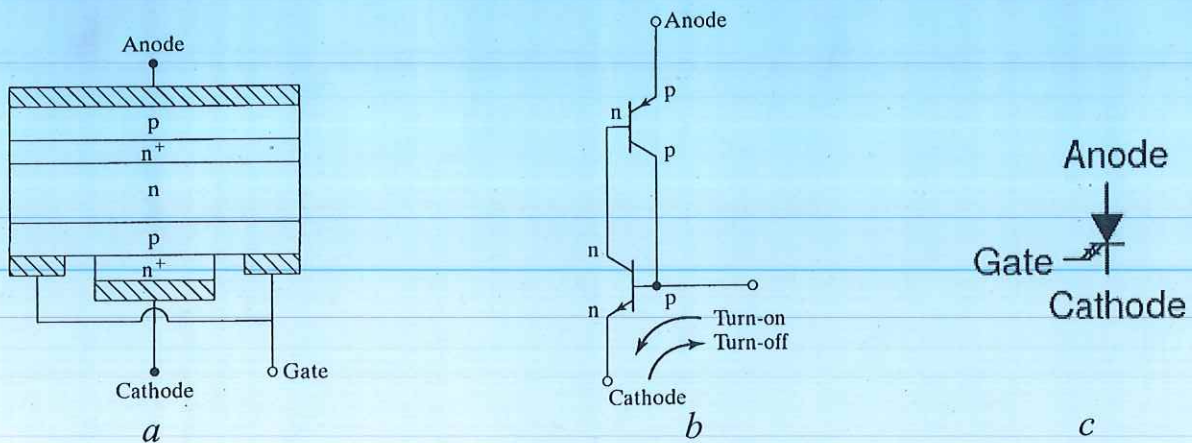
Hình 17: Một số hình dáng của TRIAC

2.5 GTO

❖ Đặc điểm cấu tạo :

GTO có cấu tạo như trên hình 18a. Cũng giống như SCR, GTO được kích đóng bằng xung dòng điện đưa vào cổng G khi điện áp Anode -Cathode dương.

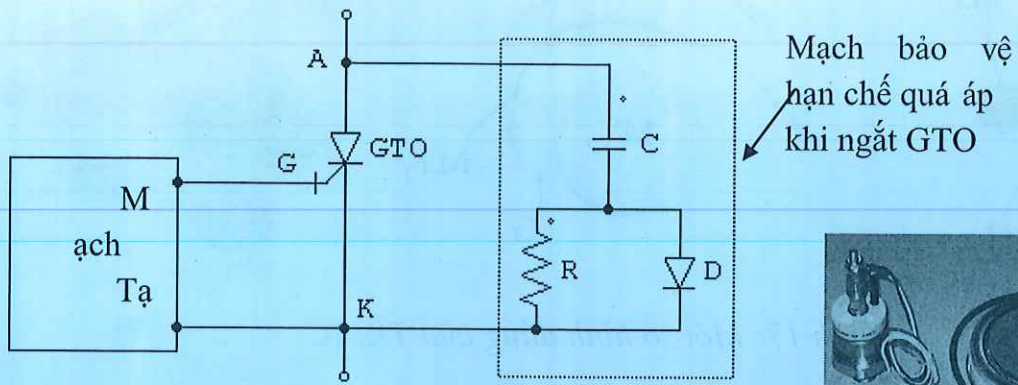
GTO thích hợp cho một số ứng dụng khi yêu cầu điều khiển cả hai quá trình đóng và ngắt khoá bán dẫn.



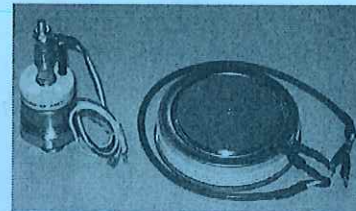
Hình 18: Cấu trúc GTO(a), sơ đồ tương đương(b) và ký hiệu(c)

Điểm khác biệt giữa GTO so với SCR là xung dòng kích I_G đưa vào cổng G của GTO phải được duy trì liên tục trong suốt thời gian GTO dẫn điện.

Linh kiện GTO cần phải có mạch bảo vệ. quá trình ngắt của GTO đòi hỏi sử dụng xung dòng kích đủ rộng nên thời gian ngắt sẽ kéo dài. Mạch bảo vệ GTO như trên hình 19. Tụ điện C có giá trị từ $2\mu F \div 6\mu F$.



Hình 19: Mạch bảo vệ GTO



Hình 20: Hình dáng thực tế

Chương 3 : BỘ CHỈNH LƯU KHÔNG ĐIỀU KHIỂN

3.1 Các khái niệm cơ bản

Chức năng: biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều.

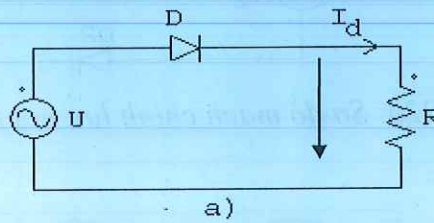
Ứng dụng: dùng làm nguồn điện một chiều cấp điện cho các thiết bị mạ, thiết bị hàn một chiều, cấp nguồn cho động cơ điện một chiều; dùng làm nguồn một chiều trong các bộ biến tần; dùng để biến đổi điện áp xoay chiều thành một chiều trong truyền tải điện một chiều (HVDC).....

Công suất của các bộ chỉnh lưu có thể từ vài trăm W đến hàng chục MW.

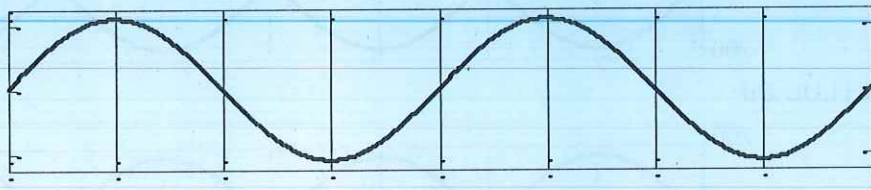
3.2 Chỉnh lưu một pha không điều khiển

3.2.1 Chỉnh lưu nửa chu kỳ

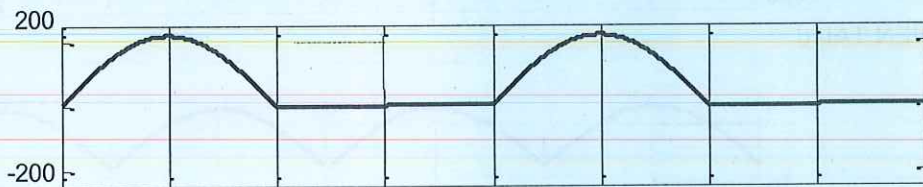
Sơ đồ mạch chỉnh lưu như trên hình 21a. Ở bán kỳ dương của điện áp nguồn, điện áp đặt vào diode $U_{AK} > 0$ nên diode dẫn điện. Ngược lại, ở bán kỳ âm, $U_{AK} < 0$ nên diode không dẫn điện.



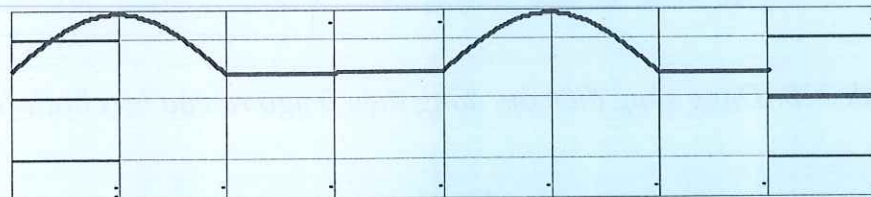
DIEN AP NGUON



AP CHINH
LUU



DONG DIEN
TAI



Hình 21: Sơ đồ chỉnh lưu nửa chu kỳ

3.2.2 Chỉnh lưu toàn kỳ dùng 2 iode

Đây là mạch chỉnh lưu hình tia hai pha như trên hình 22a. Nguồn U_1 và U_2 có biên độ bằng nhau nhưng ngược pha nhau. Dạng sóng ngõ ra của bộ chỉnh lưu như trên hình 22b.

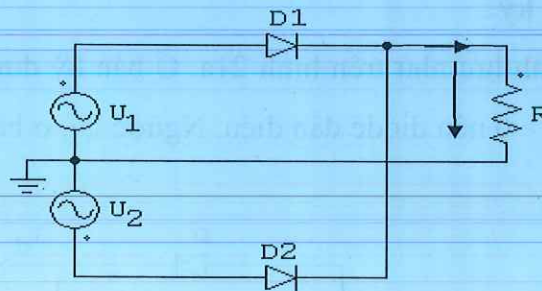
Trong nửa chu kỳ đầu, U_1 dương, U_2 âm nên D1 dẫn. Điện áp ở ngõ ra:

$$U_d = U_1$$

Ở nửa chu kỳ sau, U_1 âm, U_2 dương nên D2 dẫn. Điện áp ngõ ra:

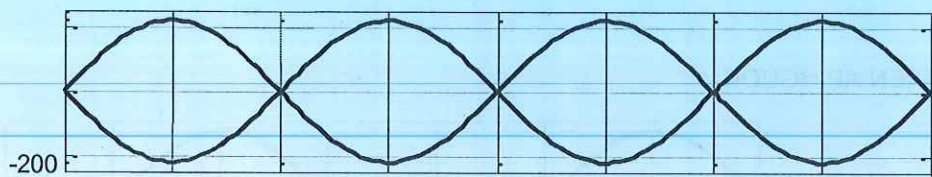
$$U_d = U_2$$

Do đó, mỗi linh kiện dẫn điện trong nửa chu kỳ của áp nguồn.

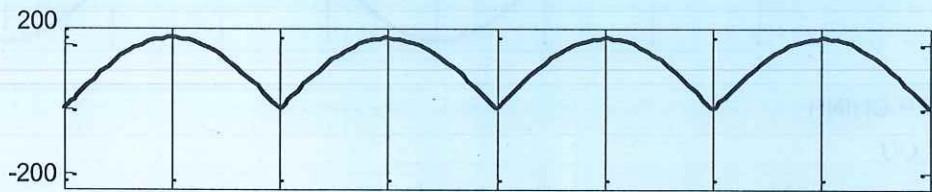


Hình 22a: Sơ đồ mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ có điểm giữa

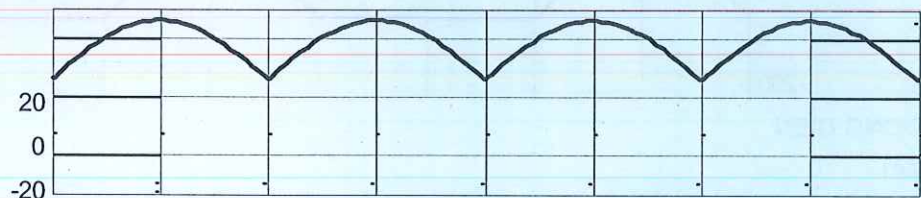
DIEN AP NGUON



AP CHINH LUU U_d



DONG DIEN TAI I_d



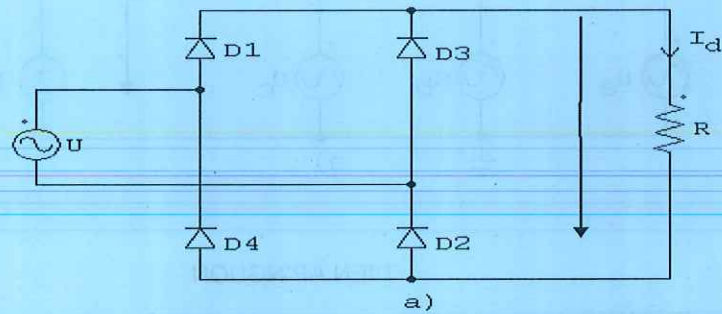
Hình 22b: Dạng sóng điện áp, dòng điện ở ngõ ra của bộ chỉnh lưu

3.2.3 Chỉnh lưu toàn kỳ dùng cầu Diode

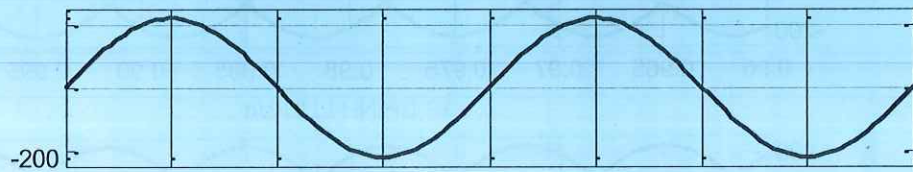
Bộ chỉnh lưu cầu một pha sử dụng 4 diode đấu thành 2 nhóm như trên hình 23a.

Nguồn xoay chiều đưa vào mạch có thể lấy trực tiếp từ lưới điện hoặc thông qua máy biến áp. Dạng sóng điện áp chỉnh lưu ở ngõ ra như trên hình 23b.

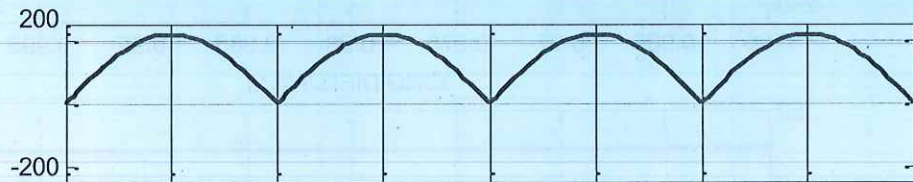
Trong nửa chu kỳ đầu, điện áp nguồn U dương nên dòng điện I_d chạy qua D1, R, D2 và về nguồn. ở nửa chu kỳ sau, điện áp nguồn âm nên dòng điện I_d chạy qua D3, R, D4 và về nguồn. Như vậy, trong cả hai chu kỳ của điện áp nguồn luôn luôn tồn tại điện áp chỉnh lưu.



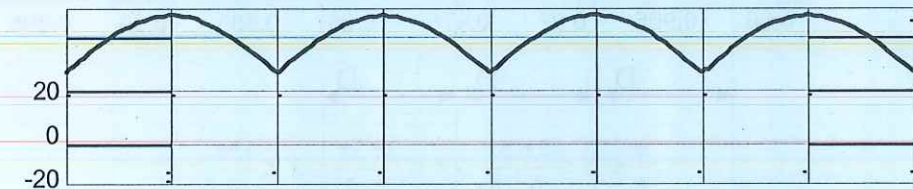
DIEN AP NGUON



AP CHINH LUU U_d



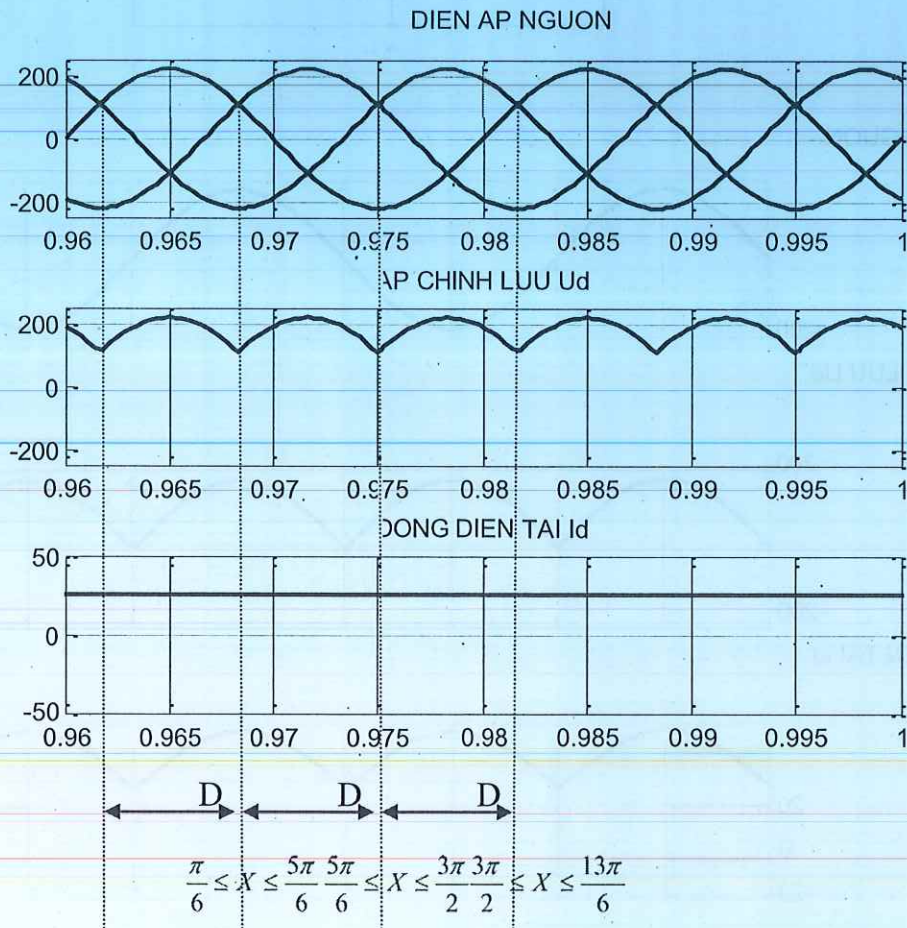
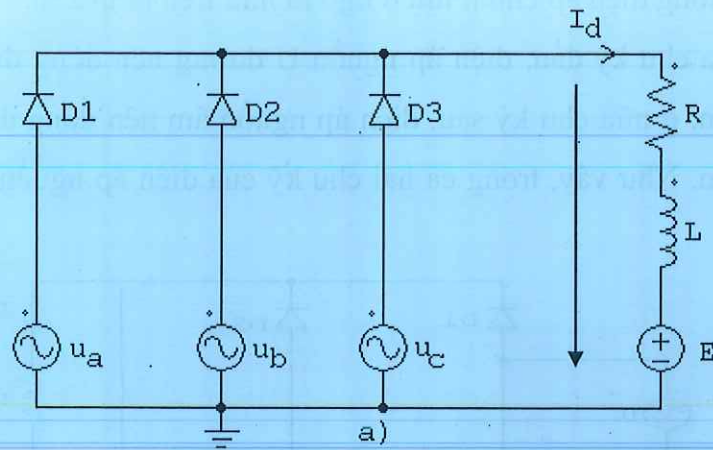
DONG DIEN TAI I_d



Hình 23: Sơ đồ mạch chỉnh lưu cầu 1 pha và dạng sóng điện áp, dòng điện ngõ ra

3.3 Mạch chỉnh lưu ba pha không điều khiển

3.3.1 Chỉnh lưu ba pha hình tia



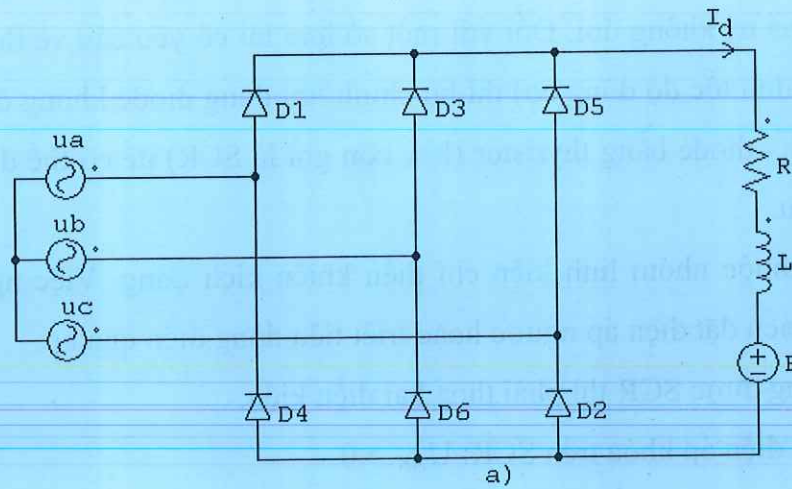
Hình 24: Mạch chỉnh lưu hình tia và dạng sóng điện áp

Sơ đồ bộ chỉnh lưu như trên hình 24a. Giả sử nguồn ba pha lý tưởng, đối xứng như biểu thức (2.4). Tải một chiều gồm R, L và sức điện động E mắc nối tiếp (động cơ điện một chiều).

3.3.2 Chỉnh lưu ba pha hình cầu

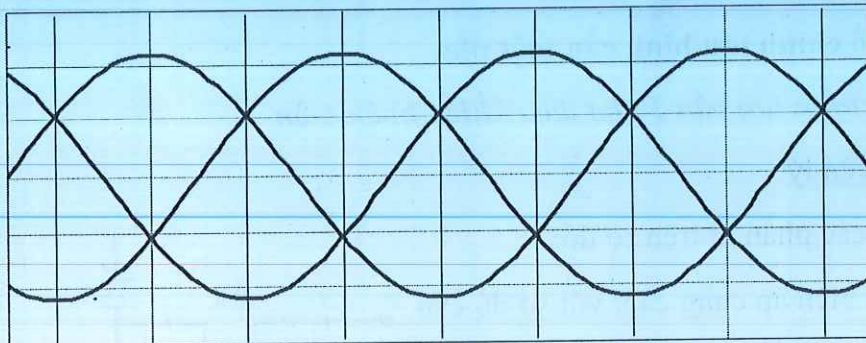
Mạch chỉnh lưu cầu ba pha gồm có 6 diode được mắc thành hai nhóm linh kiện như

trên hình 25a. Nhóm linh kiện ở trên gọi là nhóm linh kiện lẻ, nhóm linh kiện ở dưới gọi là nhóm linh kiện chẵn.

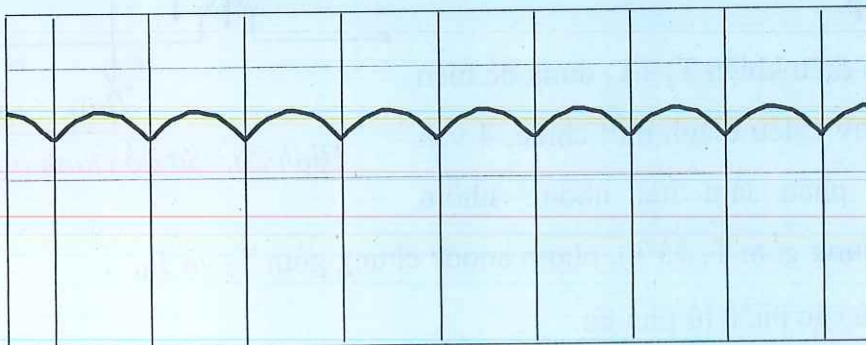


Hình 25: Mạch chỉnh lưu cầu và dạng sóng điện áp ở ngõ ra

DIEN AP NGUON



DIEN AP CHINH LUU



Hình 25: Mạch chỉnh lưu cầu và dạng sóng điện áp ở ngõ ra(b)

Chương 4: BỘ CHỈNH LƯU CÓ ĐIỀU KHIỂN

4.1 Tổng quan về mạch điều khiển

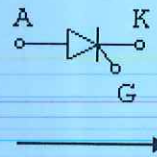
Diode là linh kiện tự dẫn điện (khi $U_{AK} > 0$) nên điện áp chỉnh lưu (điện áp một chiều) có giá trị không đổi. Đối với một số loại tải có yêu cầu về thay đổi điện áp (ví dụ như điều chỉnh tốc độ động cơ) thì bộ chỉnh lưu dùng diode không đáp ứng được. Do đó, người ta thay diode bằng thyristor (hay còn gọi là SCR) để có thể điều chỉnh giá trị điện áp chỉnh lưu.

SCR thuộc nhóm linh kiện chỉ điều khiển kích đóng. Việc ngắt SCR có thể thực hiện bằng cách đặt điện áp ngược hoặc triệt tiêu dòng điện qua nó.

Để kích đóng được SCR thì phải thỏa hai điều kiện:

- + Xuất hiện điện áp khóa trên SCR: $U_{AK} > 0$
- + Có dòng xung kích đủ lớn tác động vào cổng G.

Góc điều khiển: là góc tính từ thời điểm mở tự nhiên đến thời điểm có xung kích đưa vào cực G của SCR.



4.2 Các sơ đồ chỉnh lưu hình cầu

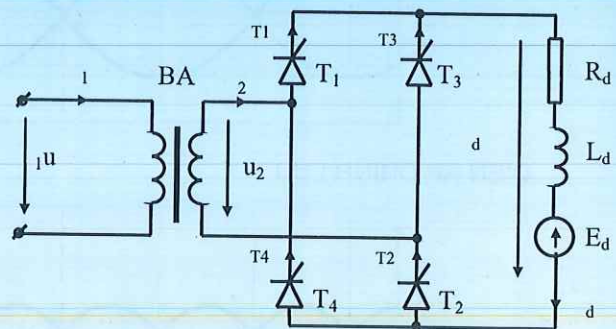
4.2.1 Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu một pha

a/- Sơ đồ chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển hoàn toàn

- Sơ đồ nguyên lý

Giới thiệu các phần tử trên sơ đồ:

- BA là máy biến áp cung cấp, với sơ đồ cầu 1 pha thì có thể dùng hoặc không dùng máy biến áp.
- Các van có điều khiển $T_1 \div T_4$ dùng để biến điện áp xoay chiều thành một chiều, 4 van này được phân làm hai nhóm: nhóm



Hình 26: Sơ đồ chỉnh lưu cầu 1 pha

Cathode chung gồm T_1 và T_3 , nhóm anode chung gồm T_2 và T_4 .

- E_d, R_d, L_d là các phần tử phụ tải.
- u_1, u_2 là điện áp trên cuộn sơ cấp (điện áp lưới) và điện áp cuộn thứ cấp
- i_1, i_2 là dòng điện cuộn sơ cấp (dòng điện lưới) và dòng điện cuộn thứ cấp.
- Dòng, áp các phần tử khác tương tự như các sơ đồ khác.

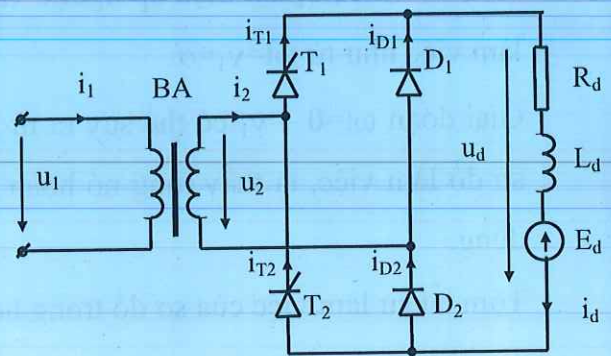
- Nguyên lý làm việc của sơ đồ

Ta xét nguyên lý làm việc của sơ đồ trong trường hợp giả thiết phụ tải có $L_d = \infty$, và xem rằng sơ đồ đã làm việc xác lập trước thời điểm ta bắt đầu xét. Với đồ thị điện áp nguồn và giá trị góc điều khiển α như trên hình 26 có nguyên lý làm việc của sơ đồ như sau:

Giả thiết là trong khoảng lân cận phía trước thời điểm $\omega t = v_1 = \alpha$ thì trong sơ đồ hai van T_3 và T_4 đang dẫn dòng. Tại $\omega t = v_1 = \alpha$ thì 2 van T_1 và T_2 đồng thời có tín hiệu điều khiển, lúc đó điện áp trên 2 van này đều thuận ($u_{T1} = u_{T2} = u_2$) do vậy cả 2 van cùng mở. Hai van T_1, T_2 mở nên sụt điện áp trên chúng giảm về bằng không và ta có: $u_d = u_2$; $u_{T3} = u_{T4} = -u_2$ và tại $\omega t = v_1 = \alpha$ thì $u_2 > 0$, tức là T_3, T_4 bị đặt điện áp ngược và khoá lại. Từ thời điểm này ($\omega t = v_1$) trong sơ đồ chỉ có 2 van T_1, T_2 dẫn

dòng. Khi 2 van T_1, T_2 làm việc thì:

$$\begin{aligned} u_d &= u_2; & u_{T1} &= u_{T2} = 0; & u_{T3} & \\ &= u_{T4} = -u_2; & i_{T1} &= i_{T2} = i_d = I_d; & i_{T3} &= i_{T4} \\ & & & & &= 0; \end{aligned}$$

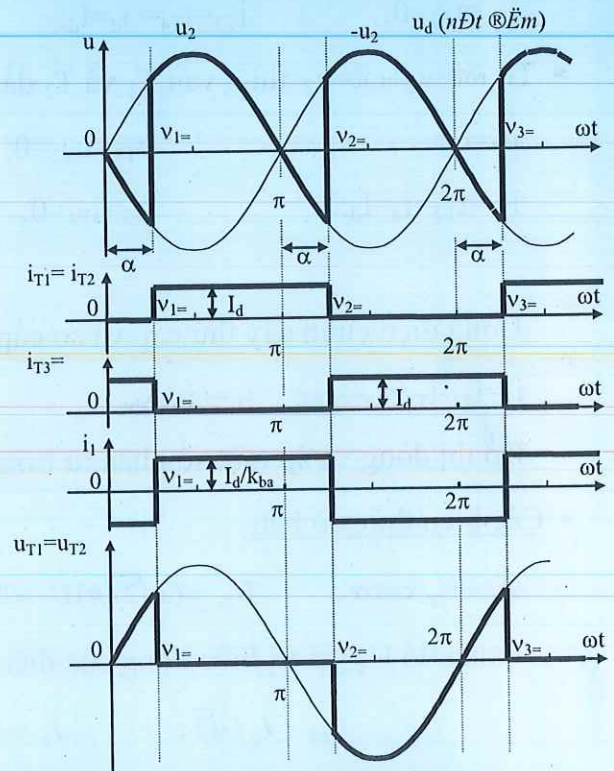


Hình 27 Sơ đồ CL bán điều khiển

Đến $\omega t = \pi$ thì $u_2 = 0$ và bắt đầu chuyển sang

nửa chu kỳ âm nên nó tác động ngược với chiều dòng qua T_1 và T_2 , đồng thời trên T_3 và T_4 lúc này có điện áp thuận nhưng T_3 và T_4 chưa mở vì chưa có tín hiệu điều khiển, vì vậy mà T_1 và T_2 tiếp tục dẫn dòng bởi s.d.đ. tự cảm sinh ra trong L_d do dòng tải có xu hướng giảm. Do T_1 và T_2 vẫn mở nên các biểu thức áp và dòng trên các phần tử của sơ đồ vẫn giữ nguyên như trên.

Tại $\omega t = v_2 = \pi + \alpha$ thì T_3 và T_4 đồng thời có tín hiệu điều khiển, trên 2 van đang có điện áp thuận nên T_3 và T_4 cùng mở. Hai van T_3, T_4 mở nên sụt điện áp trên chúng giảm về bằng không và ta có: $u_d = -u_2$; $u_{T1} = u_{T2} = u_2$ và tại $\omega t = v_2 = \pi + \alpha$ thì $u_2 < 0$, tức là T_1, T_2



Hình 28 Giản đồ điện áp

bị đặt điện áp ngược và khoá lại. Từ thời điểm này ($\omega t = v_2$) trong sơ đồ chỉ có 2 van T_3 , T_4 dẫn dòng. Khi 2 van T_3 , T_4 cùng làm việc thì:

$$u_d = -u_2; \quad u_{T1} = u_{T2} = u_2; \quad u_{T3} = u_{T4} = 0;$$

$$i_{T1} = i_{T2} = 0; \quad i_{T3} = i_{T4} = i_d = I_d;$$

Đến $\omega t = 2\pi$ thì $u_2 = 0$ và bắt đầu chuyển sang nửa chu kỳ dương và nó tác động ngược với chiều dòng qua T_3 và T_4 , đồng thời trên T_1 và T_2 lúc này có điện áp thuận nhưng T_1 và T_2 chưa mở vì chưa có tín hiệu điều khiển, nên s.đ.đ. tự cảm sinh ra trong L_d vẫn làm cho T_3 và T_4 tiếp tục dẫn dòng.

Đến $\omega t = v_3 = 2\pi + \alpha$ thì T_1 và T_2 lại đồng thời có tín hiệu điều khiển và T_1 và T_2 lại cùng làm, T_3 và T_4 bị đặt điện áp ngược và khoá lại. Từ thời điểm này sơ đồ lặp lại trạng thái làm việc như từ $\omega t = v_1 = \alpha$.

Giai đoạn $\omega t = 0 \div v_1$ có thể suy ra từ giai đoạn $\omega t = 2\pi \div v_3$ do tính chất lặp đi lặp lại khi sơ đồ làm việc, ta thấy rằng nó hoàn toàn phù hợp với giả thiết ban đầu là T_3 và T_4 dẫn dòng.

Tóm tắt sự làm việc của sơ đồ trong hơn 1 chu kỳ như sau:

- Từ $\omega t = 0 \div \omega t = v_1$ và từ $\omega t = v_2 \div \omega t = v_3$ thì 2 van T_3 và T_4 dẫn dòng:

$$u_d = -u_2; \quad u_{T1} = u_{T2} = u_2; \quad u_{T3} = u_{T4} = 0;$$

$$i_{T1} = i_{T2} = 0; \quad i_{T3} = i_{T4} = i_d = I_d;$$

- Từ $\omega t = v_1 \div \omega t = v_2$ thì 2 van T_1 và T_2 dẫn dòng:

$$u_d = u_2; \quad u_{T1} = u_{T2} = 0; \quad u_{T3} = u_{T4} = -u_2;$$

$$i_{T1} = i_{T2} = i_d = I_d; \quad i_{T3} = i_{T4} = 0;$$

Dòng điện cuộn dây thứ cấp và sơ cấp được xác định như sau:

$$i_2 = i_{T1} - i_{T4} = i_{T2} - i_{T3}; \quad i_1 = i_2 / k_{ba}$$

Đồ thị dòng và áp một số phần tử trong sơ đồ được biểu diễn trên hình 28

- Các biểu thức cơ bản

$$U_d = U_{do} \cos \alpha, \quad U_{do} = (2\sqrt{2}/\pi)U_2 \approx 0,9.U_2$$

Trong đó U_2 giá trị hiệu dụng của điện áp bên thứ cấp BA.

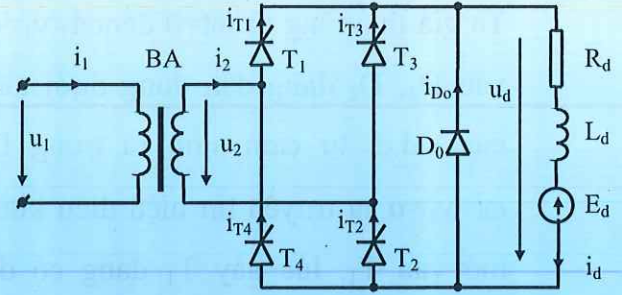
$$I_{Tb} = I_d / \sqrt{2}; \quad I_T = I_d / \sqrt{2}; \quad U_{Tb\max} = U_{Tng\max} = \sqrt{2}.U_2$$

$$I_2 = I_d; \quad I_1 = I_d / k_{ba}$$

b/- Sơ đồ chỉnh lưu cầu 1 pha có diode không (D_0)

- Sơ đồ nguyên lý như hình 29

Sơ đồ này chỉ khác với sơ đồ hình 26 là trong sơ đồ có thêm van D_0 . Sơ đồ này trong thực tế ít được sử dụng vì có các sơ đồ khác đơn giản hơn mà có dạng điện áp chỉnh lưu hoàn toàn tương tự. Nguyên lý



Hình 29: Sơ đồ cầu một pha có D_0

hoạt động của sơ đồ cũng giống như các sơ đồ có D_0 nói chung, còn dạng điện áp chỉnh lưu tức thời thì giống như sơ đồ hình tia 2 pha có D_0 , dạng dòng qua thyristor và diode không cũng tương tự. Ta có các biểu thức tính toán cơ bản cho trường hợp phụ tải có $L_d = \infty$ như sau:

$$U_d = U_{do}(1 + \cos \alpha) / 2; \quad U_{Th \max} = \sqrt{2} \cdot U_2; \quad U_{Tng \max} = \sqrt{2} \cdot U_2; \quad U_{Dong \max} = \sqrt{2} \cdot U_2$$

$$I_{Ttb} = I_d(\pi - \alpha) / 2\pi; \quad I_T = I_d \sqrt{(\pi - \alpha) / 2\pi}; \quad I_{Dob} = I_d(\alpha / \pi); \quad I_{Do} = I_d \sqrt{\alpha / \pi}$$

c/- Các sơ đồ chỉnh lưu cầu 1 pha dùng 2 diode và 2 thyristor (2D-2T)

(Các sơ đồ bán điều khiển)

Khi nghiên cứu các sơ đồ chỉnh lưu cầu 1 pha người ta thấy có một số sơ đồ cho dạng điện áp ra như sơ đồ có diode không nhưng có kết cấu gọn hơn, đó là các sơ đồ dùng 2 van có điều khiển (thyristor) và 2 van không điều khiển (diode). Tùy thuộc cách mắc các van mà có 2 kiểu sơ đồ khác nhau.

c.1/- Sơ đồ thứ nhất

- Sơ đồ nguyên lý

Trong sơ đồ hình 31 hai van có điều khiển được mắc ở hai nhóm van khác nhau và anode của van ở nhóm Cathode chung nối với Cathode của van ở nhóm anode chung, hai van không điều khiển cũng mắc tương tự.

- Nguyên lý làm việc

Cũng như các sơ đồ có diode không, sơ đồ chỉnh lưu dùng hai diode và hai thyristor chỉ làm việc có hiệu quả khi có điện cảm lớn trong mạch tải. Do vậy ở đây ta xét một trường hợp khi phụ tải có $L_d = \infty$. Đồ thị biểu diễn điện áp chỉnh lưu, dòng các van, điện áp trên 2 van dùng để minh họa cho sự làm việc của sơ đồ.

Ta giả thiết rằng từ $\omega t=0$ đến $\omega t < v_1 = \alpha$ thì 2 van D_1, D_2 đang dẫn dòng dưới tác dụng của s.đ.đ. tự cảm sinh ra trong L_d . Tại $\omega t = v_1 = \alpha$ ta truyền tín hiệu điều khiển đến mở van T_1 , lúc này T_1 đang có điện áp thuận (vì khi D_1 mở thì $u_{T1} = u_2$ và tại $v_1 = \alpha$ thì $u_2 > 0$) nên đủ 2 điều kiện để mở. Van T_1 mở thì điện áp trên nó giảm về bằng không nên ta có $u_{D1} = -u_2 < 0$, tức là D_1 bị đặt điện áp ngược và khoá lại, từ thời điểm này trong sơ đồ có 2 van là T_1 và D_2 dẫn dòng, điện áp nguồn xoay chiều u_2 tác động thuận chiều dẫn dòng của 2 van này. Khi T_1 và D_2 cùng dẫn dòng ta có:

$$\begin{aligned} u_d &= u_2; & i_{T1} &= i_d = I_d; \\ i_{T2} &= 0; & i_{D1} &= 0; \\ i_{D2} &= i_d = I_d; & u_{T1} &= 0; \\ u_{T2} &= -u_2; & u_{D1} &= -u_2; \\ u_{D2} &= 0; \end{aligned}$$

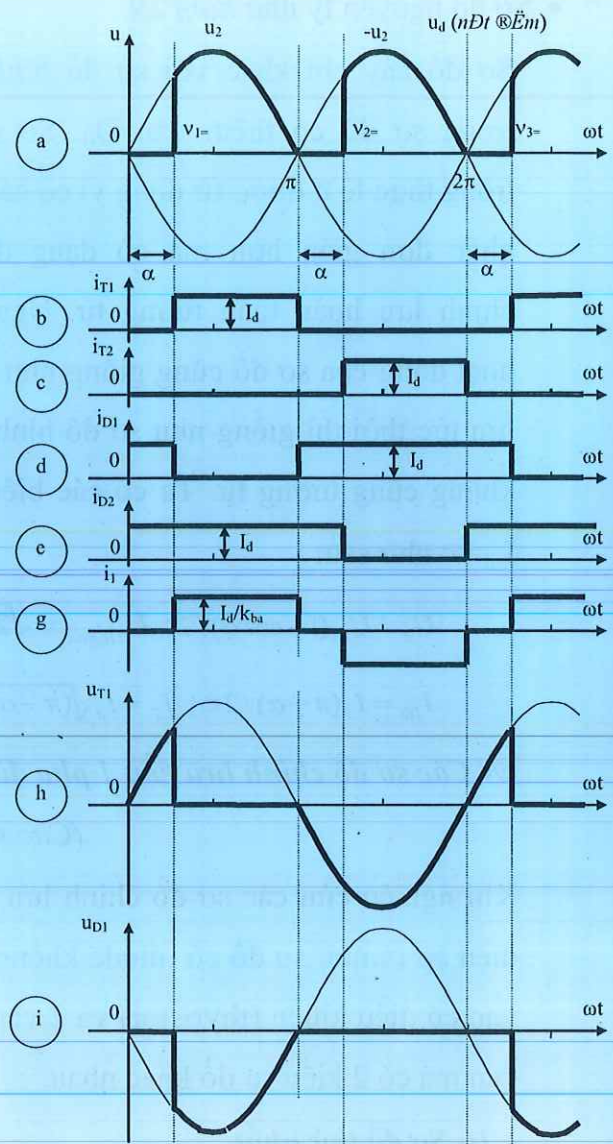
Đến $\omega t = \pi$ thì $u_2 = 0$ và bắt đầu chuyển sang

âm, u_2 bắt đầu đặt điện áp thuận lên T_2 và D_1 , do T_2 chưa có tín hiệu điều khiển nên chưa mở, còn D_1 là diode nên D_1 sẽ mở. Van D_1 mở thì điện áp trên nó giảm xuống bằng không, và ta có $u_{T1} = u_2$, mà tại $\omega t = \pi$ thì u_2 đang chuyển sang âm nên T_1 sẽ bị đặt điện áp ngược và sẽ khoá lại. Vậy từ $\omega t = \pi$ trong sơ đồ có 2 van là D_1 và D_2 cùng dẫn dòng. Khi 2 diode cùng làm việc, ta có:

$$\begin{aligned} u_d &= 0; & i_{T1} &= 0; & i_{T2} &= 0; & i_{D1} &= i_d = I_d; \\ i_{D2} &= i_d = I_d; & u_{T1} &= u_2; & u_{T2} &= -u_2; & u_{D1} &= 0; & u_{D2} &= 0; \end{aligned}$$

Tại $\omega t = v_2 = \pi + \alpha$ thì van T_2 có tín hiệu điều khiển, lúc đó T_2 đang có điện áp thuận, T_2 mở. Van T_2 mở thì u_{T2} giảm về bằng không nên $u_{D2} = u_2 < 0$, tức là D_2 bị đặt điện áp ngược và sẽ khoá lại, do vậy từ $\omega t = v_2$ trong sơ đồ chỉ có 2 van là T_2 và D_1 cùng dẫn dòng. Khi 2 van T_2 và D_1 cùng làm việc, ta có:

$$u_d = -u_2; \quad i_{T1} = 0; \quad i_{T2} = i_d = I_d; \quad i_{D1} = i_d = I_d; \quad i_{D2} = 0;$$



Hình 30: Giản đồ điện áp

$$u_{T1} = u_2; u_{T2} = 0; u_{D1} = 0; u_{D2} = u_2;$$

Đến $\omega t = 2\pi$ thì $u_2 = 0$ và bắt đầu chuyển sang dương, u_2 bắt đầu đặt điện áp thuận lên T_1 và D_2 , do T_1 chưa có tín hiệu điều khiển nên chưa mở, còn D_2 là diode nên D_2 sẽ mở. Van D_2 mở thì điện áp trên nó giảm xuống bằng không, và ta có $u_{T2} = -u_2$, mà tại $\omega t = 2\pi$ thì u_2 đang chuyển sang nửa chu kỳ dương nên T_2 sẽ bị đặt điện áp ngược và sẽ khoá lại. Vậy từ $\omega t = 2\pi$ trong sơ đồ có 2 van là D_1 và D_2 cùng dẫn dòng. Khi 2 diode cùng làm việc, ta lại có:

$$u_d = 0; \quad i_{T1} = 0; \quad i_{T2} = 0; \quad i_{D1} = i_d = I_d;$$

$$i_{D2} = i_d = I_d; \quad u_{T1} = u_2; \quad u_{T2} = -u_2; \quad u_{D1} = 0; \quad u_{D2} = 0;$$

Tại $\omega t = \nu_2 = 2\pi + \alpha$ thì van T_1 lại có tín hiệu điều khiển, lúc đó T_1 đang có điện áp thuận, T_1 mở. Van T_1 mở thì u_{T1} giảm về bằng không nên $u_{D1} = -u_2 < 0$, tức là D_1 bị đặt điện áp ngược và sẽ khoá lại, do vậy từ $\omega t = \nu_3$ trong sơ đồ chỉ có 2 van là T_1 và D_2 cùng dẫn dòng, sơ đồ lặp lại trạng thái làm việc giống như từ $\omega t = \nu_1$.

- Các biểu thức cơ bản

$$U_d = U_{do}(1 + \cos \alpha) / 2$$

$$I_{Ttb} = I_d(\pi - \alpha) / 2\pi; \quad I_T = I_d \sqrt{(\pi - \alpha) / 2\pi}$$

$$U_{Tth\max} = \sqrt{2} \cdot U_2; \quad U_{Tng\max} = \sqrt{2} \cdot U_2$$

$$I_{Dtb} = I_d \cdot (\pi + \alpha) / 2\pi; \quad I_D = I_d \cdot \sqrt{(\pi + \alpha) / 2\pi}$$

$$U_{Dng\max} = \sqrt{2} \cdot U_2$$

c.2/- Sơ đồ thứ hai

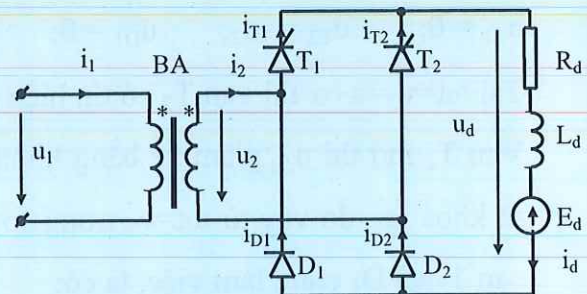
- Sơ đồ nguyên lý

Trong sơ đồ này 2 van có điều khiển được bố trí ở cùng một nhóm van, nhóm còn lại là 2 van không điều khiển (diode)

- Nguyên lý làm việc

Giả thiết $L_d = \infty$. Ta tạm giả thiết rằng trước thời điểm $\omega t = \nu_1 = \alpha$ thì trong sơ đồ đang có hai van là T_2 và D_2 làm việc, lúc đó ta có

$u_{T1} = u_2 > 0$ nhưng T_1 còn chưa mở vì chưa có tín hiệu điều khiển. Tại $\omega t = \nu_1 = \alpha$ thì T_1 có tín hiệu điều khiển và đã có đủ 2 điều kiện để mở, van T_1 mở và sẽ dẫn dòng cùng van D_2



Hình 31: Sơ đồ CL bán điều khiển

đang làm việc. Do T_1 mở nên u_{T1} giảm về bằng không, vì vậy $u_{T2} = -u_2 < 0$ tức là T_2 bị đặt điện áp ngược nên T_2 khoá lại. Từ $\omega t = v_1 = \alpha$ thì trong sơ đồ chỉ có T_1 và D_2 làm việc. Khi T_1 và D_2 cùng dẫn dòng ta có:

$$u_d = u_2; \quad i_{T1} = i_d = I_d;$$

$$i_{T2} = 0; \quad i_{D1} = 0;$$

$$i_{D2} = i_d = I_d; \quad u_{T1} = 0;$$

$$u_{T2} = -u_2; \quad u_{D1} = -u_2; \quad u_{D2} = 0;$$

Đến $\omega t = \pi$ thì $u_2 = 0$ và bắt đầu chuyển sang âm, u_2 bắt đầu đặt điện áp thuận lên T_2 và D_1 , do T_2 chưa có tín hiệu điều khiển nên chưa mở, còn D_1 là diode nên D_1 sẽ mở. Van D_1 mở thì điện áp trên nó giảm xuống bằng không, và ta có $u_{D2} = u_2$, mà tại $\omega t = \pi$ thì u_2 đang chuyển sang âm nên D_2 sẽ bị đặt điện áp ngược và sẽ khoá lại. Mặt khác do T_2 chưa mở mà điện cảm L_d có giá trị rất lớn (ta đang giả thiết $L_d = \infty$) nên s.d.đ.

tự cảm sinh ra trong L_d để tiếp tục duy trì dòng tải sẽ làm cho T_1 vẫn dẫn dòng. Vậy từ $\omega t = \pi$ trong sơ đồ có 2 van là T_1 và D_1 cùng dẫn dòng. Khi T_1 và D_1 cùng làm việc, ta có:

$$u_d = 0; \quad i_{T1} = i_d = I_d; \quad i_{T2} = 0; \quad i_{D1} = i_d = I_d; \quad i_{D2} = 0;$$

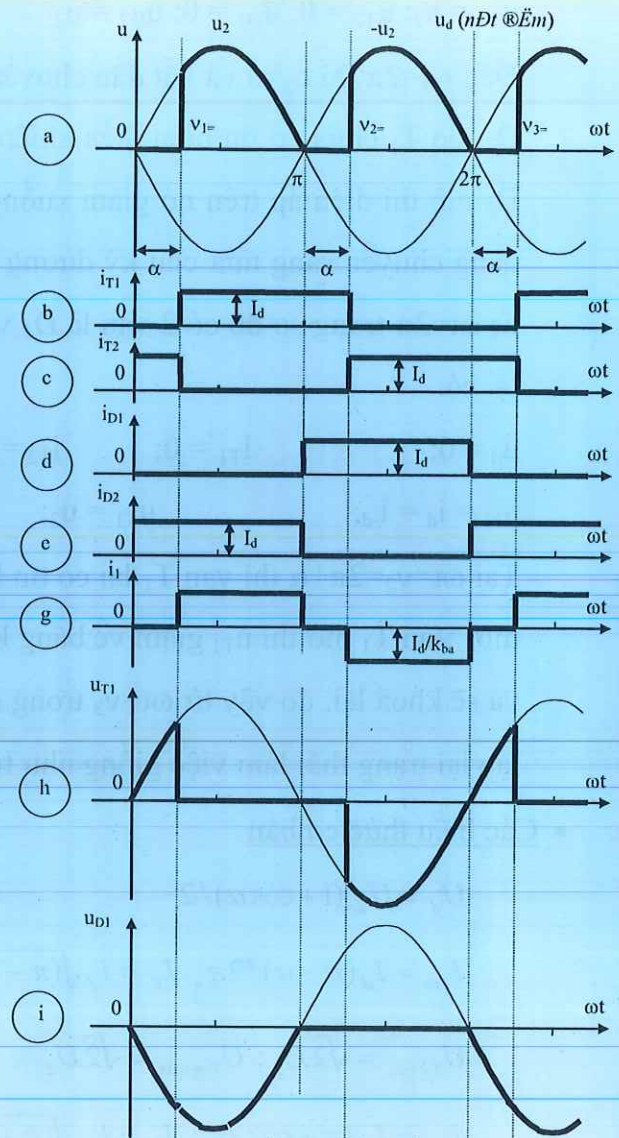
$$u_{T1} = 0; \quad u_{T2} = -u_2; \quad u_{D1} = 0; \quad u_{D2} = u_2;$$

Tại $\omega t = v_2 = \pi + \alpha$ thì van T_2 có tín hiệu điều khiển, lúc đó T_2 đang có điện áp thuận, T_2 mở. Van T_2 mở thì u_{T2} giảm về bằng không nên $u_{T1} = u_2 < 0$, tức là T_1 bị đặt điện áp ngược và sẽ khoá lại, do vậy từ $\omega t = v_2$ trong sơ đồ chỉ có 2 van là T_2 và D_1 cùng dẫn dòng. Khi 2 van T_2 và D_1 cùng làm việc, ta có:

$$u_d = -u_2; \quad i_{T1} = 0; \quad i_{T2} = i_d = I_d; \quad i_{D1} = i_d = I_d; \quad i_{D2} = 0;$$

$$u_{T1} = u_2; \quad u_{T2} = 0; \quad u_{D1} = 0; \quad u_{D2} = u_2;$$

Đến $\omega t = 2\pi$ thì $u_2 = 0$ và bắt đầu chuyển sang dương, u_2 bắt đầu đặt điện áp thuận lên T_1 và D_2 , do T_1 chưa có tín hiệu điều khiển nên chưa mở, còn D_2 là diode nên D_2 sẽ mở.



Hình 32: Giản đồ điện áp

Van D_2 mở thì điện áp trên nó giảm xuống bằng không, và ta có $u_{D1} = -u_2$, mà tại $\omega t = 2\pi$ thì u_2 đang chuyển sang dương nên D_1 sẽ bị đặt điện áp ngược và sẽ khoá lại. Mặt khác do T_1 chưa mở mà điện cảm L_d có giá trị rất lớn (ta đang giả thiết $L_d = \infty$) nên s.d.đ. tự cảm sinh ra trong L_d để tiếp tục duy trì dòng tải sẽ làm cho T_2 vẫn dẫn dòng. Vậy từ $\omega t = 2\pi$ trong sơ đồ có 2 van là T_2 và D_2 cùng dẫn dòng. Khi T_2 và D_2 cùng làm việc, ta có:

$$u_d = 0; i_{T1} = 0; i_{T2} = i_d = I_d; i_{D1} = 0; i_{D2} = i_d = I_d;$$

$$u_{T1} = u_2; u_{T2} = 0; u_{D1} = -u_2; u_{D2} = 0;$$

Tại $\omega t = \nu_2 = 2\pi + \alpha$ thì van T_1 có tín hiệu điều khiển, lúc đó T_1 đang có điện áp thuận, T_1 mở. Van T_1 mở thì u_{T1} giảm về bằng không nên $u_{T2} = -u_2 < 0$, tức là T_2 bị đặt điện áp ngược và sẽ khoá lại, do vậy từ $\omega t = \nu_3$ trong sơ đồ chỉ có 2 van là T_1 và D_2 cùng dẫn dòng, sơ đồ lặp lại trạng thái làm việc giống như từ $\omega t = \nu_1$.

Giai đoạn từ $\omega t = 0 \rightarrow \omega t = \nu_1$ sẽ hoàn toàn tương tự giai đoạn từ $\omega t = 2\pi$ đến $\omega t = \nu_3$, hai van T_2 và D_2 cùng dẫn dòng, điều này hoàn toàn trùng với giả thiết ban đầu.

Dòng qua cuộn dây thứ cấp và sơ cấp máy biến áp cung cấp BA được xác định như sau:

$$i_2 = i_{T1} - i_{D1} = i_{D2} - i_{T2}; \quad i_1 = i_2 / k_{ba}$$

Đồ thị biểu diễn đường cong điện áp chỉnh lưu, dòng các van, điện áp 2 van T_1 và D_1 , dòng điện cuộn dây sơ cấp BA như hình 33.

- Các biểu thức cơ bản

$$U_d = U_{do}(1 + \cos \alpha) / 2; \quad U_{Tth \max} = \sqrt{2}U_2; \quad U_{Tng \max} = \sqrt{2}U_2; \quad U_{Dng \max} = \sqrt{2}U_2$$

$$I_{Tth} = I_d / 2; \quad I_T = I_d / \sqrt{2}; \quad I_{Dth} = I_d / 2; \quad I_D = I_d / \sqrt{2}$$

Trong cả hai sơ đồ trên thì giá trị hiệu dụng dòng điện cuộn dây thứ cấp và sơ cấp giống nhau và được xác định bởi các biểu thức:

$$I_2 = I_d \sqrt{(\pi - \alpha) / \pi}; \quad I_1 = I_2 / k_{ba}$$

4.2.2 Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu 3 pha

a/- Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu 3 pha 6 tiristo

- Sơ đồ nguyên lý

Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu 3 pha (hình 34) gồm có:

- BA là máy biến áp cung cấp cho sơ đồ chỉnh lưu, trong sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha thì cũng có thể không cần sử dụng BA nếu nguồn cung cấp có điện áp phù hợp với yêu cầu

của sơ đồ và không yêu cầu cách ly về điện giữa mạch động lực bộ chỉnh lưu với nguồn điện xoay chiều.

- Các van chỉnh lưu có điều khiển từ $T_1 \div T_6$ dùng để biến đổi điện áp xoay chiều 3 pha bên thứ cấp BA là u_a, u_b, u_c thành điện áp một chiều đặt lên phụ tải gồm R_d, L_d, E_d . Chỉ số của các van trong sơ đồ có khác so với trong sơ đồ tổng quát đã nêu: nhóm van katốt chung thì ký hiệu như sơ đồ tổng quát còn nhóm van anode chung thì có sự đổi vị trí.

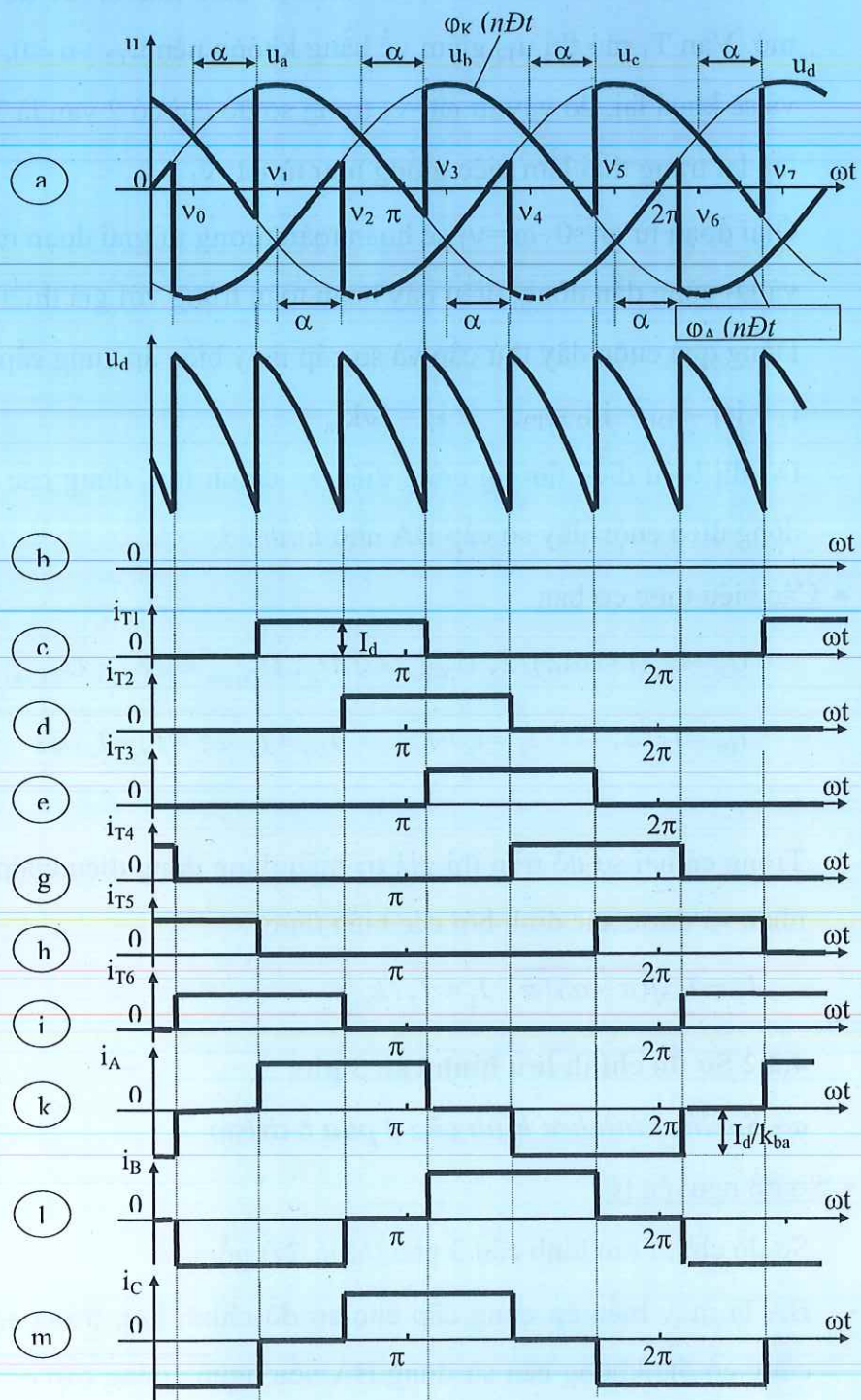
Cách ký hiệu như trên sơ đồ hình 34 có một ý nghĩa là chỉ số van trên sơ đồ nêu lên thứ tự làm việc của các

van

• Nguyên lý làm việc

Ở đây ta xét một trường hợp với giả thiết điện cảm phụ tải là vô cùng lớn ($L_d = \infty$).

Trong trường hợp dòng tải là liên tục thì 2 nhóm van trong sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha làm việc tương tự như hai sơ đồ chỉnh lưu hình tia 3 pha tương ứng. Dòng qua các van, điện áp trên các van hoàn toàn giống như ở các sơ đồ tia 3 pha tương ứng. Để xác định điện áp chỉnh lưu tức thời ta có thể dựa vào các phương pháp khác nhau: ví dụ dựa



Hình 33: Giản đồ điện áp

vào thứ tự làm việc của các van ta xác định được trong từng khoảng thời gian 2 van nào của sơ đồ dẫn dòng ta sẽ tìm được u_d bằng hiệu điện áp 2 pha mắc với 2 van dẫn dòng đó: hoặc ta có thể chọn điện thế điểm trung tính nguồn làm mốc ($\varphi_0=0$) lúc đó ta có thể tính được điện thế 2 điểm K và A trên sơ đồ *hình 35*, ta có φ_K bằng điện áp chỉnh lưu của sơ đồ tia 3 pha các van nối Cathode chung u_{dtK} , còn $-\varphi_A$ bằng điện áp chỉnh lưu của sơ đồ tia 3 pha các van nối anode chung u_{dtA} ($\varphi_K = u_{dtK}$, $\varphi_A = -u_{dtA}$). Ta có thể tóm tắt sự hoạt động của sơ đồ trong hơn một chu kỳ như sau:

- Từ $\omega t=0 \div \omega t=v_0$ và từ $\omega t=v_5 \div \omega t=v_6$ hai van T_4 và T_5 cùng dẫn dòng:

$$u_d = u_c - u_a = u_{ca}; i_{T1} = 0;$$

$$i_{T2} = 0; i_{T3} = 0; i_{T4} = i_d = I_d; i_{T5} = i_d = I_d; i_{T6} = 0;$$

$$u_{T1} = u_{ac}; u_{T2} = u_{ac}; u_{T3} = u_{bc}; u_{T4} = 0; u_{T5} = 0; u_{T6} = u_{ab};$$

- Từ $\omega t=v_0 \div \omega t=v_1$ và từ $\omega t=v_6 \div \omega t=v_7$ hai van T_5 và T_6 cùng dẫn dòng:

$$u_d = u_c - u_b = u_{cb}; i_{T1} = 0; i_{T2} = 0; i_{T3} = 0; i_{T4} = 0; i_{T5} = i_d = I_d; i_{T6} = i_d = I_d;$$

$$u_{T1} = u_{ac}; u_{T2} = u_{bc}; u_{T3} = u_{bc}; u_{T4} = u_{ba}; u_{T5} = 0; u_{T6} = 0;$$

- Từ $\omega t=v_1 \div \omega t=v_2$ và sau $\omega t=v_7$ hai van T_1 và T_6 cùng dẫn dòng:

$$u_d = u_a - u_b = u_{ab}; i_{T1} = i_d = I_d; i_{T2} = 0; i_{T3} = 0; i_{T4} = 0; i_{T5} = 0; i_{T6} = i_d = I_d;$$

$$u_{T1} = 0; u_{T2} = u_{bc}; u_{T3} = u_{ba}; u_{T4} = u_{ba}; u_{T5} = u_{ca}; u_{T6} = 0;$$

- Từ $\omega t=v_2 \div \omega t=v_3$ hai van T_1 và T_2 cùng dẫn dòng:

$$u_d = u_a - u_c = u_{ac}; i_{T1} = i_d = I_d; i_{T2} = i_d = I_d; i_{T3} = 0; i_{T4} = 0; i_{T5} = 0; i_{T6} = 0;$$

$$u_{T1} = 0; u_{T2} = 0; u_{T3} = u_{ba}; u_{T4} = u_{ca}; u_{T5} = u_{ca}; u_{T6} = u_{cb};$$

- Từ $\omega t=v_3 \div \omega t=v_4$ hai van T_2 và T_3 cùng dẫn dòng:

$$u_d = u_b - u_c = u_{bc}; i_{T1} = 0; i_{T2} = i_d = I_d; i_{T3} = i_d = I_d; i_{T4} = 0; i_{T5} = 0; i_{T6} = 0;$$

$$u_{T1} = u_{ab}; u_{T2} = 0; u_{T3} = 0; u_{T4} = u_{ca}; u_{T5} = u_{cb}; u_{T6} = u_{cb};$$

- Từ $\omega t=v_4 \div \omega t=v_5$ hai van T_3 và T_4 cùng dẫn dòng:

$$u_d = u_b - u_a = u_{ba}; i_{T1} = 0; i_{T2} = 0; i_{T3} = i_d = I_d; i_{T4} = i_d = I_d; i_{T5} = 0; i_{T6} = 0;$$

$$u_{T1} = u_{ab}; u_{T2} = u_{ac}; u_{T3} = 0; u_{T4} = 0; u_{T5} = u_{cb}; u_{T6} = u_{ab};$$

Và từ $\omega t=v_7$ thì sơ đồ lặp lại trạng thái làm việc giống như từ $\omega t=v_1$.

Đồ thị điện áp chỉnh lưu, dòng các van, dòng các pha nguồn xoay chiều khi máy biến áp nối Y/Y như trên *hình 2.19*. Điện áp trên van có dạng giống như ở sơ đồ hình tia 3 pha.

• Một số biểu thức tính toán

$$U_d = U_{do} \cdot \cos \alpha; U_{do} = (3\sqrt{6}/\pi) \cdot U_2 \approx 2,34U_2; U_{Th\max} = U_{Tng\max} = \sqrt{6}U_2$$

$$I_{Tb} = I_d / 3; I_T = I_d / \sqrt{3}$$

Dòng hiệu dụng cuộn dây sơ và thứ cấp máy biến khi tổ nối dây Y/Y

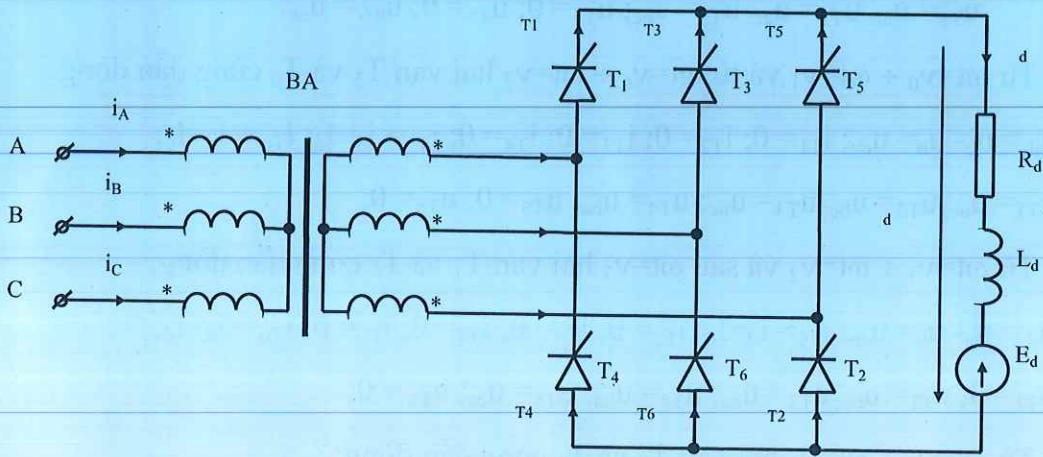
$$I_2 = I_T = I_d \cdot \sqrt{2/3}; I_1 = \frac{I_d}{k_{ba}} \cdot \sqrt{2/3}$$

Xác định công suất tính toán máy biến áp:

$$S_2 = 3U_2 I_2 = U_d \cdot I_d \cdot (\pi/3)$$

$$S_1 = 3U_1 I_1 = U_d \cdot I_d \cdot (\pi/3)$$

$$S_{ttBA} = (S_1 + S_2) / 2 = S_1 = S_2 = U_d \cdot I_d \cdot (\pi/3) \approx 1,05 \cdot U_d \cdot I_d$$



Chương 5: XÂY DỰNG BÀN THỰC TẬP ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

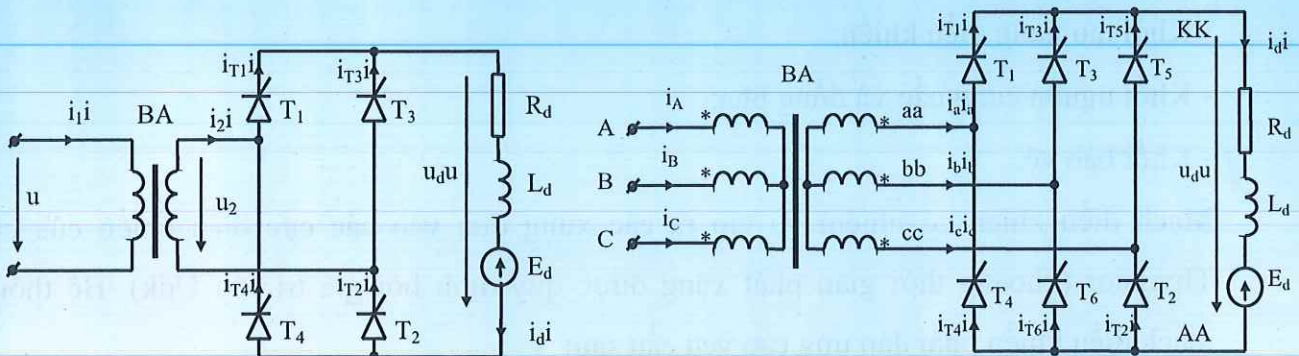
5.1. Cấu trúc mạch lực hệ thống chỉnh lưu thyristor - động cơ điện một chiều

Mạch lực bao gồm các thiết bị sau: Cầu dao, áp-tô-mát, biến áp, van bán dẫn (Thyristor) mắc theo sơ đồ cầu, các phần tử bảo vệ cho van bán dẫn RC, động cơ điện một chiều kích từ độc lập.

Thông số động cơ như sau: Công suất $P=4,5\text{kW}$, dòng điện phần ứng $I_u=30\text{A}$, điện áp phần ứng $U_u=220\text{VDC}$, điện áp kích từ $U_{kt}=110\text{VDC}$, tốc độ $n=1440\text{ (v/ph)}$.

- Sơ đồ mạch lực như sau: Sau khi tính toán các thông số như điện áp ngược định mức, dòng làm việc định mức, điều kiện làm việc ta tiến hành chọn van dựa vào các thông số đã được tính:

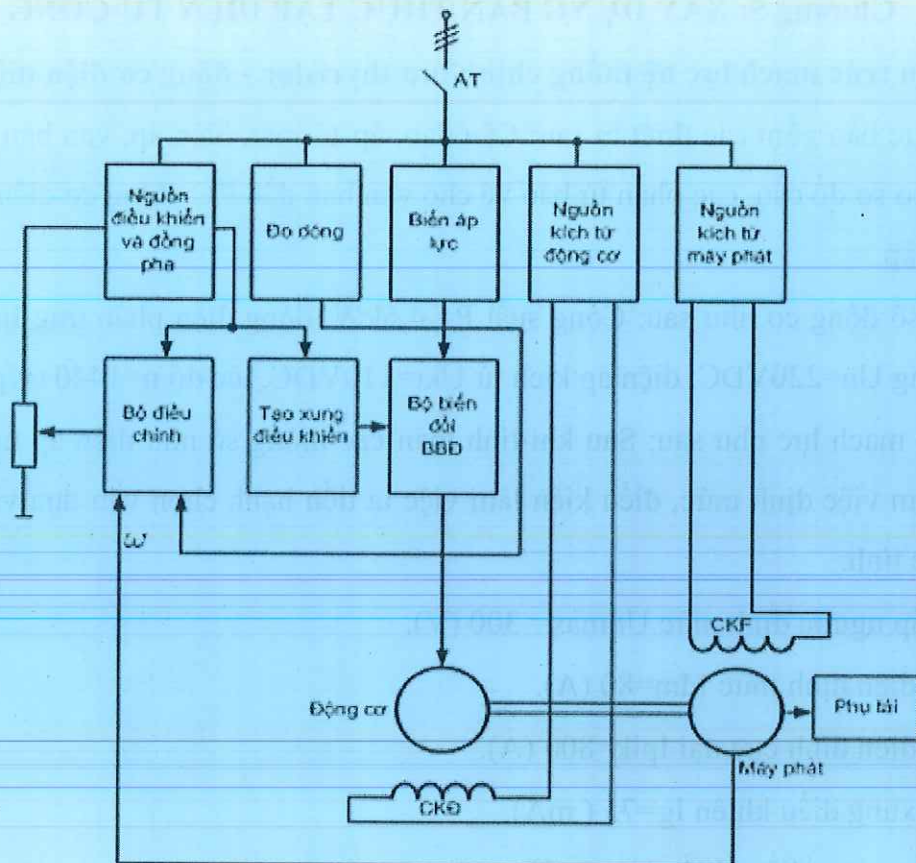
- Điện áp ngược định mức $U_{n\max}=300\text{ (V)}$.
- Dòng điện định mức $I_{dm}=80\text{ (A)}$.
- Dòng điện đỉnh cực đại $I_{pik}=800\text{ (A)}$.
- Dòng xung điều khiển $I_g=75\text{ (mA)}$.
- Điện áp xung điều khiển $U_g=3\text{ (V)}$.
- Thời gian chuyển mạch và khóa $t_{C\mu}=80\text{ (\mu s)}$.
- Sụt áp trên van $\Delta U=3,2\text{ (V)}$.



hình 34. Sơ đồ CL cầu 3 pha

Hình 34: Sơ đồ mạch động lực chỉnh lưu cầu 1 pha và cầu 3 pha

5.2 Cấu trúc mạch điều khiển hệ thống chỉnh lưu thyristor - động cơ điện một chiều



Hình 35: Mạch điều khiển điện tử hệ truyền động Thyristor - Động cơ một chiều

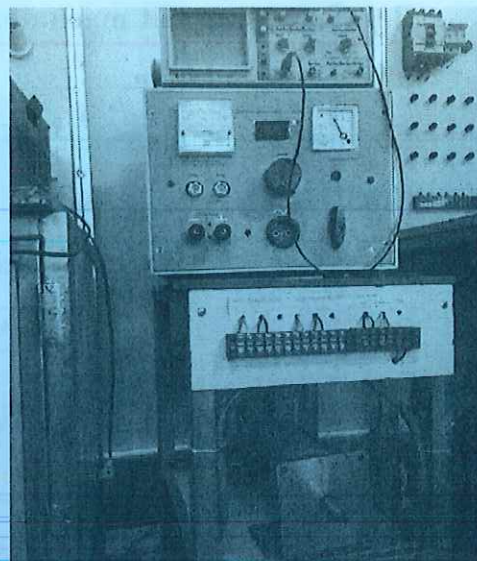
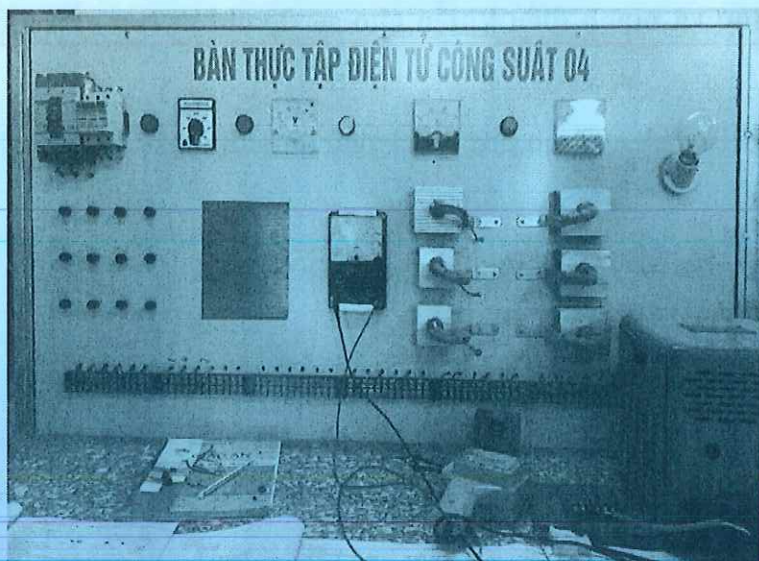
Mạch điều khiển điện tử hệ truyền động Thyristor - Động cơ một chiều gồm các khối:

- Khối điều chỉnh
- Khối tạo xung điều khiển;
- Khối nguồn cung cấp và đồng pha;
- Khối bảo vệ.

Mạch điều khiển có nhiệm vụ tạo ra các xung đưa vào các cực điều khiển của các Thyristor (khoảng thời gian phát xung được quy định bởi giá trị của $U_{đk}$). Hệ thống mạch điều khiển phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- Điều chỉnh được vị trí xung điều khiển trong phạm vi nửa chu kỳ dương của điện áp đặt lên Anốt - Katốt Thyristor.
- Tạo ra các xung đủ điều kiện mở Thyristor (biên độ từ 3÷10V, độ rộng 01 xung bằng 20÷100ms đối với thiết bị chỉnh lưu công suất cỡ 01W).
- Đảm bảo hoạt động tin cậy khi điện áp nguồn thay đổi và khi có nhiễu.

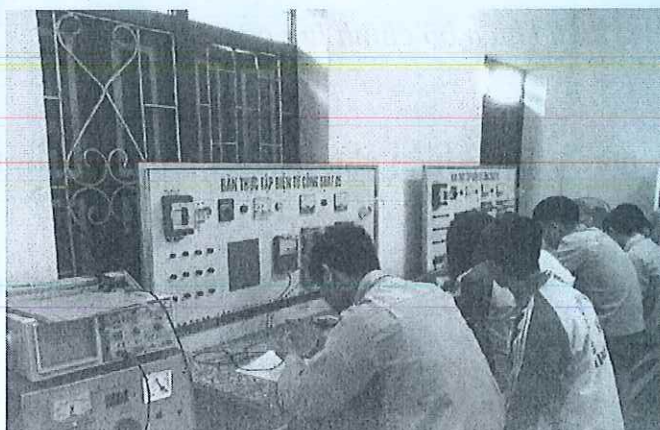
5.3 Mô hình bàn thực điện tử công suất



Mô hình bàn thực hành

Mô hình tải

*. Phòng thực hành điện tử công suất mới

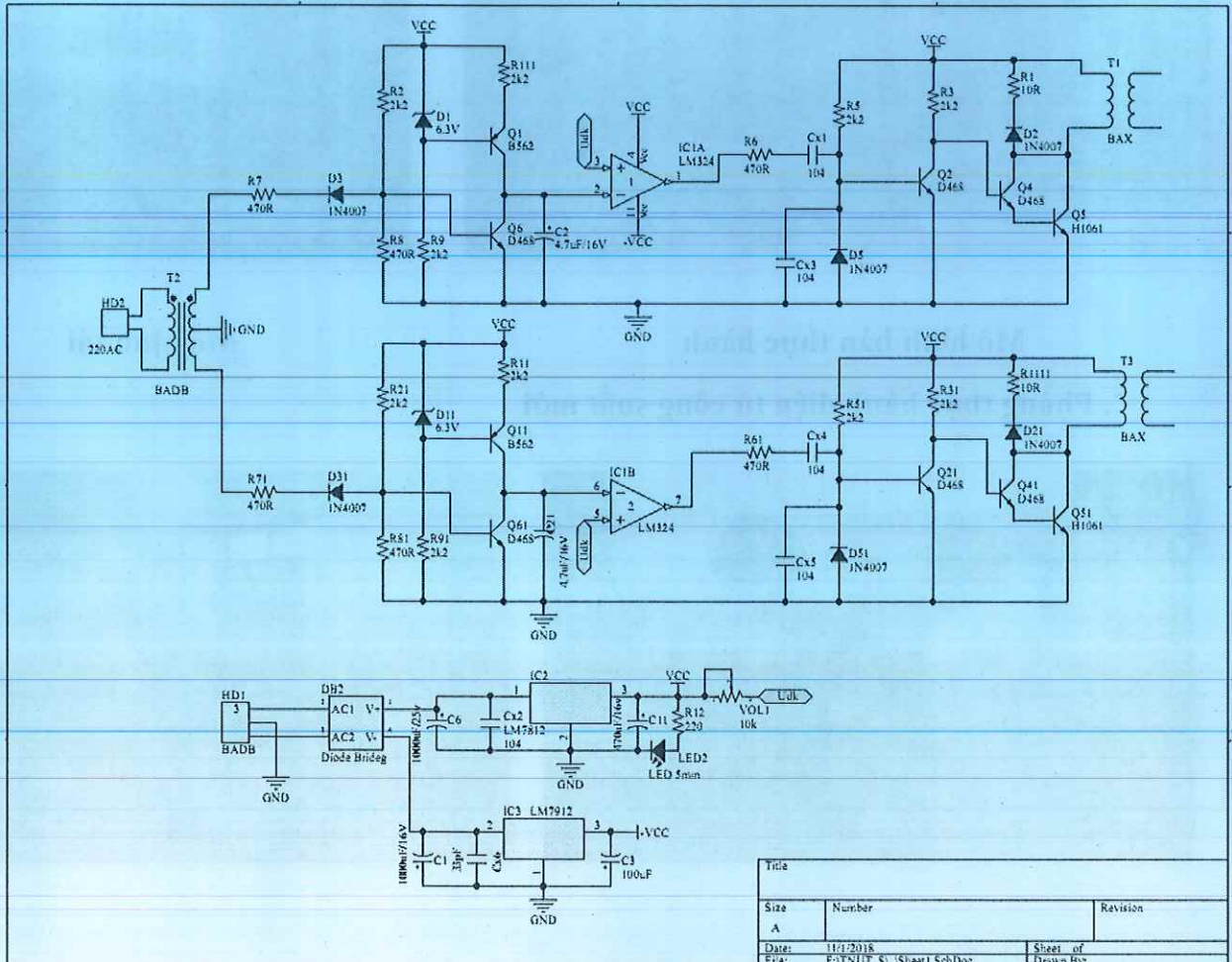


5.4 Bài tập thực hành

Bài tập 1: Lắp đặt mạch động lực và mạch điều khiển cho sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha bán điều khiển.

Khởi tạo xung điều khiển: Sơ đồ điều khiển chỉnh lưu cầu 1 pha được thiết kế theo sơ đồ Hình 38:

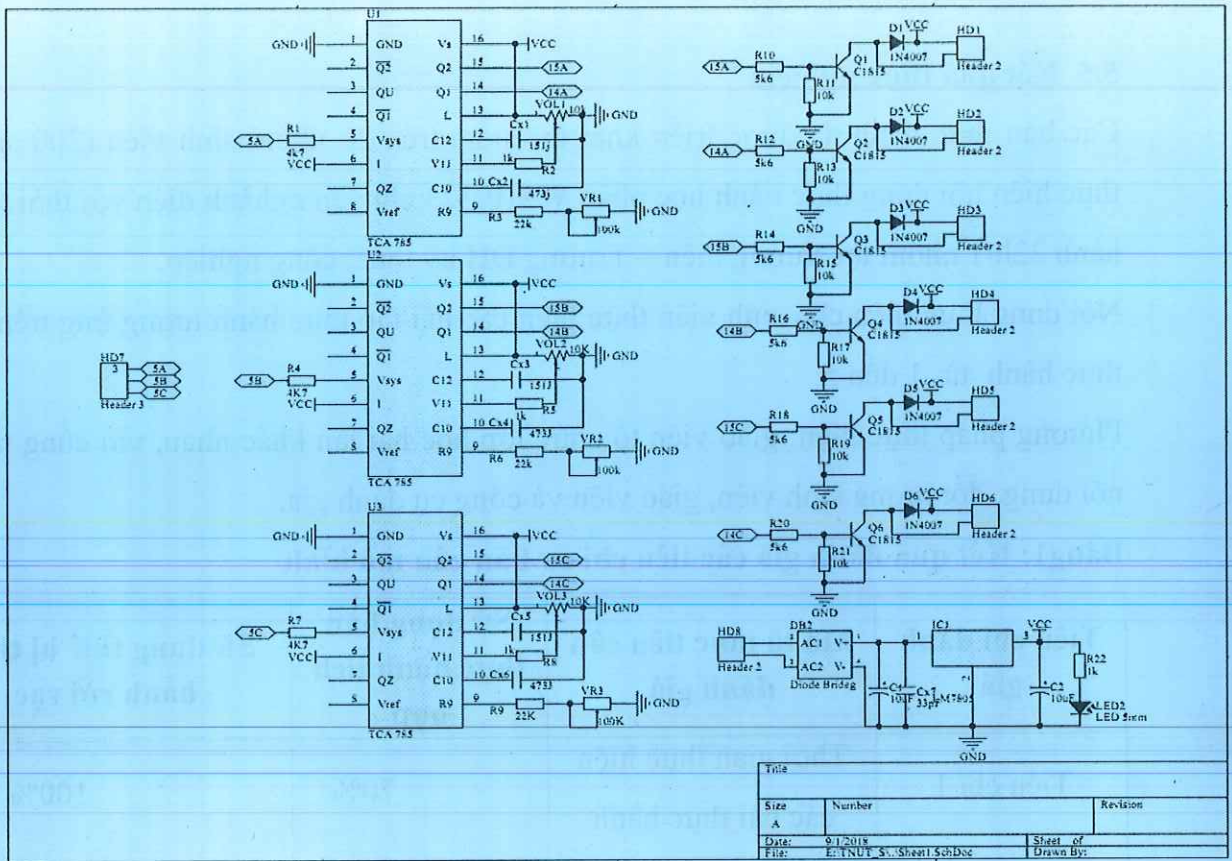
Nguyên lý hoạt động của mạch điều khiển (tạo xung):



Hình 36: Sơ đồ mạch tạo xung điều khiển bộ chỉnh lưu cầu 1 pha

Bài tập 2: Lắp đặt mạch động lực và mạch điều khiển cho sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha.

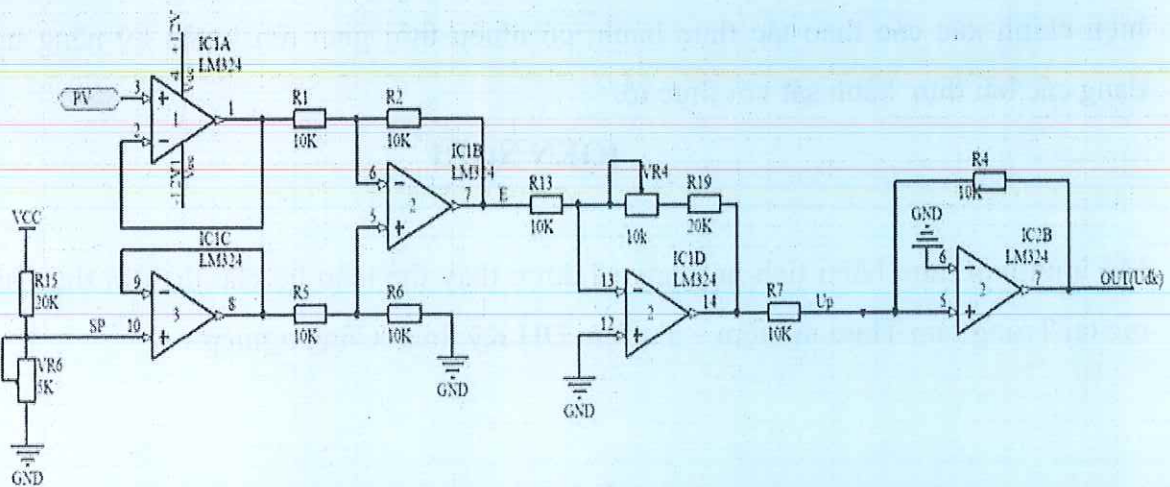
Khởi tạo xung điều khiển: Sơ đồ điều khiển chỉnh lưu cầu 3 pha được thiết kế theo sơ đồ Hình 39:



Hình 37: Sơ đồ mạch tạo xung điều khiển bộ chỉnh lưu cầu 3 pha

Bài tập 3: Xây dựng lắp ráp bộ điều chỉnh

Bộ điều chỉnh là một trong những phần tử quan trọng nhất trong hệ điều chỉnh tự động truyền động điện vì nó đảm bảo chất lượng động và tĩnh của hệ. Bộ điều chỉnh có hai nhiệm vụ: Khuếch đại tín hiệu sai lệch nhỏ của hệ và tạo hàm điều khiển đảm bảo chất lượng động và tĩnh của hệ.



Hình 37: Sơ đồ bộ điều chỉnh tín hiệu vào UdK

5.5 Kết quả thực nghiệm

Các bàn thực hành đã được triển khai thí điểm trên 20 nhóm sinh viên (300 sinh viên) thực hiện nội dung thực hành học phần WSH0323 chuyên ngành điện với thời gian thực hành 22h/1 nhóm tại Xưởng điện – Trường ĐH kỹ thuật công nghiệp.

Nội dung thực hiện cho sinh viên thực hiện các bài tập thực hành tương ứng trên các bàn thực hành từ 1 đến 5.

Phương pháp thực hiện: giáo viên tổ chức lớp học hai lần khác nhau, với cùng mục tiêu, nội dung, đối tượng sinh viên, giáo viên và công cụ đánh giá.

Bảng1: Kết quả đánh giá các tiêu chí cơ bản của mô hình

Tiêu chí đánh giá	Mô tả mục tiêu cần đánh giá	Sử dụng bàn thực hành tích hợp	Sử dụng thiết bị thực hành rời rạc
Tiêu chí 1	Thời gian thực hiện các bài thực hành	70%	100%
Tiêu chí 2	Tiết kiệm dây điện đấu nối	80%	100%
Tiêu chí 3	Mức độ thực hành thành thạo	95%	70%

5.6 Kết luận

Việc thiết kế và đưa vào sử dụng mô hình thực hành tích hợp này đã đảm bảo tính chất liên tục về mặt nhận thức, qua đó giúp người học hiểu rõ về nội dung học tập và thực hiện chính xác các thao tác thực hành, có nhiều thời gian rèn luyện kỹ năng nghề, đa dạng các bài thực hành sát với thực tế.

KIẾN NGHỊ

Mô hình bàn thực hành tích hợp này sẽ được thay thế toàn bộ các thiết bị thực hành rời rạc tại Trung tâm Thực nghiệm – Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Võ Quang Lạp — Trần Xuân Minh: Kỹ thuật biến đổi — Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái nguyên 1998
- [2]. Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liễn, Nguyễn Thị Hiền (1996), Truyền động điện, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Cyril W.Lander (Lê Văn Doanh dịch) (1997), Điện tử công suất và điều khiển động cơ điện, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [4]. Shengqiang Li, Xiaodong Liang and Wilsun Xu (2015), Modeling DC Motor Drive Systems in Power System Dynamic Studies, IEEE Transactions on industry applications, vol. 51, no. 1, january/february, pp. 658-668.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Võ Hoàng Giáp - Trần Văn Minh - Kỹ thuật xử lý nước thải công nghiệp. Công nghiệp Dầu khí ngày nay 1998.
- [2] Hồ Văn Khoa, Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Văn Hùng (1997). Kỹ thuật xử lý nước thải công nghiệp. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3] Trần Văn Minh, Lê Văn Dũng (1997). Xử lý nước thải công nghiệp và môi trường sống. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [4] Trần Văn Minh, Lê Văn Dũng (1997). Xử lý nước thải công nghiệp và môi trường sống. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.