

TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ ĐẮK LẮK
KHOA ĐIỆN TỬ TIN HỌC
-----oOo-----

GIÁO TRÌNH ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

NGHỀ: ĐIỆN CÔNG NGHIỆP
TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP NGHỀ



Người biên soạn: **Hoàng Duy Khánh**
Đồng biên soạn: **Huỳnh Ngọc Tùng**

Lưu hành nội bộ - 2014

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình Điện Tử Công Suất được sử dụng làm tài liệu giảng dạy cho môn học Điện tử công suất thuộc chương trình đào tạo trung cấp nghề Điện Công Nghiệp và một số nghề liên quan.

Trong chương trình đào tạo thì môn Điện tử công suất là môn học học sau một số môn như Điện tử cơ bản, Mạch điện, Truyền động điện...

Nội dung cuốn sách này gồm 6 chương nhằm phục vụ cho hệ trung cấp nghề với nội dung những kiến thức cơ bản của Điện tử công suất và các kiến thức mở rộng.

Trong quá trình biên soạn có tham khảo nhiều tài liệu, quá trình đánh máy, in ấn còn sai sót rất mong nhận được sự đóng góp xây dựng của quý thầy cô, các bạn sinh viên để giáo trình được hoàn thiện hơn. Xin chân thành cảm ơn.

Hoàng Duy Khánh

Mục Lục

LỜI NÓI ĐẦU	1
THÔNG TIN CHUNG VỀ MÔN HỌC	6
Bài mở đầu: Các Khái Niệm Cơ Bản	11
1. Trị trung bình (Average):.....	11
2. Trị hiệu dụng (Root Mean Square-rms):.....	11
3. Công suất trung bình:	13
4. Hệ số công suất:.....	14
Chương 1: Các Linh Kiện Điện Tử Công Suất.....	15
1.1 Phân loại linh kiện điện tử công suất.....	15
1.2 Diode Công Suất	15
1.2.1 Nguyên lý cấu tạo và làm việc	15
1.2.2 Đặc tính Volt – Ampere (V – A)	16
1.2.3 Trạng thái đóng ngắt	17
1.2.4 Các tính chất động.....	17
1.2.5 Mạch bảo vệ diode	18
1.2.6 Các đại lượng định mức của diode	18
1.3 BJT Công Suất (Bipolar Junction Transistor)	19
1.3.1 Nguyên lý cấu tạo và làm việc	19
1.3.2 Đặc tính V-A trong mạch có Emitter chung	20
1.3.3 Trạng thái đóng ngắt	21
1.3.4 Các tính chất động.....	21
1.3.5 Các đại lượng định mức của transistor	21
1.3.6 Mạch kích và bảo vệ cho transistor	22
1.4 MOSFET (Metal – Oxide – Semiconductor Field Effect Transistor)	25
1.5 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)	27
1.6 SCR (Silicon Controlled Rectifier).....	29
1.6.1 Mô tả và chức năng	29
1.6.2 Các tính chất và trạng thái cơ bản	30
1.6.3 Đặc tính V-A	31
1.6.4 Khả năng mang tải.....	31
1.6.5 Mạch kích SCR	31
1.6.6 Mạch bảo vệ SCR.....	33
1.7 TRIAC.....	34
1.7.1 Đặc điểm cấu tạo.....	34
1.7.2 Đặc tính V-A	35
1.8 GTO	36
Chương 2 : Bộ Chỉnh Lưu Không Điều Khiển.....	37

2.1 Các khái niệm cơ bản.....	37
2.2 Chỉnh lưu một pha không điều khiển	37
2.2.1 Chỉnh lưu nửa chu kỳ.....	37
2.2.2 Chỉnh lưu toàn kỳ dùng 2 Diode	38
2.2.3 Chỉnh lưu toàn kỳ dùng cầu Diode.....	40
2.3 Mạch chỉnh lưu ba pha không điều khiển.....	42
2.3.1 Chỉnh lưu ba pha hình tia.....	42
2.3.2 Chỉnh lưu ba pha hình cầu	44
Chương 3: Bộ Chỉnh Lưu Có Điều Khiển.....	47
3.1 Tổng quan về mạch điều khiển	47
3.2 Chỉnh lưu một pha có điều khiển	47
3.2.1 Chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển.....	47
3.2.2 Chỉnh lưu toàn kỳ có điều khiển	49
3.3 Chỉnh lưu ba pha có điều khiển.....	50
3.3.1 Chỉnh lưu ba pha hình tia có điều khiển.....	50
3.3.2 Chỉnh lưu ba pha hình cầu có điều khiển	53
Chương 4: Bộ Biến Đổi Điện Áp Xoay Chiều.....	57
4.1 Giới thiệu chung.....	57
4.2 Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha	57
4.2.1 Trường hợp tải thuần trở	57
4.2.2 Trường hợp tải L	59
4.2.3 Trường hợp tải RL.....	60
4.3 Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha.....	61
Chương 5: Bộ Biến Đổi Điện Áp Một Chiều.....	63
5.1 Giới thiệu chung.....	63
5.2 Bộ giảm áp.....	63
5.2.1 Sơ đồ nguyên lý	63
5.2.2 Nguyên lý hoạt động.....	64
5.2 Bộ tăng áp.....	66
5.2.1 Chức năng	66
5.2.2 Sơ đồ nguyên lý	66
5.2.3 Nguyên lý hoạt động.....	67
5.3 Các phương pháp điều khiển bộ biến đổi điện áp một chiều	67
Chương 6: Bộ Nghịch Lưu Và Biến Tần	69
6.1 Khái niệm:.....	69
6.2 Bộ nghịch lưu áp một pha	69
6.2.1 Nghịch lưu phụ thuộc:	69
6.2.2 Nghịch lưu độc lập.....	70
6.3 Phân tích bộ nghịch lưu áp ba pha	74
6.2.1 Nghịch lưu 3 pha phụ thuộc.....	74

6.2.2	Nghịch lưu độc lập ba pha:.....	74
6.4	Các phương pháp điều khiển bộ nghịch lưu áp	77
6.4.1	Phương pháp điều biên	77
6.3.2	Phương pháp điều chế độ rộng xung.....	77
6.4	Bộ nghịch lưu dòng điện.....	78
6.4.1	Bộ nghịch lưu dòng một pha.....	78
6.4.2	Bộ nghịch lưu dòng ba pha	78
6.5	Bộ biến tần gián tiếp	79
6.6	Bộ biến tần trực tiếp.....	79
6.6.1	Bộ biến tần trực tiếp 1 pha	80
6.6.2.	Bộ biến tần trực tiếp 3 pha	80

THÔNG TIN CHUNG VỀ MÔN HỌC

I. VỊ TRÍ, TÍNH CHẤT CỦA MÔN HỌC:

- Vị trí: Trước khi học môn học này cần hoàn thành các môn học, mô đun cơ sở, đặc biệt là các môn học, mô đun: Mạch điện; Điện tử cơ bản; Truyền động điện.
- Tính chất: Là môn học kỹ thuật chuyên môn, thuộc môn học đào tạo nghề bắt buộc

II. MỤC TIÊU MÔN HỌC:

- Mô tả được đặc trưng và những ứng dụng chủ yếu của các linh kiện Diode, Mosfet, DIAC, TRIAC, IGBT, SCR, GTO.
- Giải thích được dạng sóng vào, ra ở bộ biến đổi AC-AC.
- Giải thích được nguyên lý làm việc, tính toán những bộ biến đổi DC-DC.
- Vận dụng được các kiến thức về cấu tạo và nguyên lý hoạt động của mạch tạo xung và biến đổi dạng xung.
- Vận dụng được các loại mạch điện tử công suất trong thiết bị điện công nghiệp.
- Rèn luyện đức tính cẩn thận, tỉ mỉ, tư duy sáng tạo và khoa học, đảm bảo an toàn, tiết kiệm và vệ sinh công nghiệp.

III. NỘI DUNG MÔN HỌC:

Bài mở đầu: Các khái niệm cơ bản

Mục tiêu:

- Trình bày được các khái niệm cơ bản trong điện tử công suất
- Tính toán được các đại lượng trong điện tử công suất.
- Rèn luyện đức tính cẩn thận, tỉ mỉ, tư duy sáng tạo và khoa học.

Nội dung:

1. Trị trung bình của một đại lượng
2. Công suất trung bình
3. Trị hiệu dụng của một đại lượng
4. Hệ số công suất

Chương 1: Các linh kiện điện tử công suất

Mục tiêu:

- Nhận dạng được các linh kiện điện tử công suất dùng trong các thiết bị điện điện tử.
- Trình bày được cấu tạo các loại linh kiện điện tử công suất.
- Giải thích được nguyên lý làm việc các loại linh kiện.
- Rèn luyện đức tính cẩn thận, tỉ mỉ, tư duy sáng tạo và khoa học, đảm bảo an toàn, tiết kiệm.

Nội dung:

- 1.1 Phân loại linh kiện điện tử công suất
- 1.2 Diode công suất
- 1.3 BJT công suất
- 1.4 MOSFET
- 1.5 IGBT
- 1.6 SCR
- 1.7 Triac
- 1.8 GTO

Chương 2: Bộ chỉnh lưu không điều khiển

Mục tiêu:

- Xác định được nhiệm vụ và chức năng của từng khối của bộ chỉnh lưu không điều khiển.
- Kiểm tra, sửa chữa được những hư hỏng trong mạch chỉnh lưu AC - DC 1 pha và 3 pha theo đúng yêu cầu kỹ thuật.
- Trình bày được mục tiêu tính toán các thông số kỹ thuật của mạch chỉnh lưu.
- Thiết kế được biến áp cung cấp mạch chỉnh lưu.
- Rèn luyện tính tích cực, chủ động, đảm bảo an toàn, tiết kiệm.

Nội dung:

- 2.1 Các Khái niệm cơ bản
- 2.2 Chỉnh lưu một pha không điều khiển
 - 2.2.1 Chỉnh lưu nửa chu kỳ
 - 2.2.2 Chỉnh lưu toàn kỳ dùng 2 diode
 - 2.2.3 Chỉnh lưu toàn kỳ dùng cầu diode
- 2.3 Mạch chỉnh lưu ba pha không điều khiển
 - 2.3.1 Chỉnh lưu ba pha hình tia
 - 2.3.2 Chỉnh lưu ba pha hình cầu

Chương 3: Bộ chỉnh lưu có điều khiển

Mục tiêu:

- Xác định được nhiệm vụ và chức năng của từng khối của bộ chỉnh lưu có điều khiển.
- Kiểm tra, sửa chữa được những hư hỏng trong mạch chỉnh lưu AC - DC 1 pha và 3 pha theo đúng yêu cầu kỹ thuật.
- Trình bày được mục tiêu tính toán các thông số kỹ thuật của mạch chỉnh lưu.
- Rèn luyện tính tích cực, chủ động, đảm bảo an toàn, tiết kiệm.

Nội dung:

- 3.1 Tổng quan về mạch điều khiển
- 3.2 Chỉnh lưu một pha có điều khiển
 - 3.2.1 Chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển
 - 3.2.2 Chỉnh lưu toàn kỳ có điều khiển
- 3.3 Chỉnh lưu ba pha có điều khiển
 - 3.3.1 Chỉnh lưu ba pha hình tia có điều khiển
 - 3.3.2 Chỉnh lưu ba pha hình cầu có điều khiển

Chương 4: Bộ biến đổi điện áp xoay chiều

Mục tiêu:

- Trình bày được nhiệm vụ và chức năng các phần tử trong bộ biến đổi
- Giải thích được nguyên lý làm việc của sơ đồ
- Sử dụng đúng chức năng các loại mạch biến đổi đáp ứng từng thiết bị điện điện tử thực tế.
- Rèn luyện đức tính tích cực, chủ động và sáng tạo

Nội dung:

- 4.1 Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha

- 4.1.1 Trường hợp tải thuần trở
- 4.1.2 Trường hợp tải L
- 4.1.3 Trường hợp tải RL
- 4.2 Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha
- 4.2.1 Trường hợp tải thuần trở
- 4.2.2 Trường hợp tải L
- 4.2.3 Trường hợp tải RL

Chương 5: **Bộ biến đổi điện áp một chiều**

Mục tiêu:

- Trình bày được nhiệm vụ và chức năng từng khối của bộ biến đổi
- Giải thích nguyên lý làm việc của mạch điện
- Lắp ráp được bộ biến đổi DC - DC không cách ly.
- Lắp ráp được bộ ổn áp tuyến tính.
- Rèn luyện tính tích cực, chủ động và sáng tạo

Nội dung:

- 5.1 Bộ giảm áp
 - 5.1.1 Sơ đồ mạch điện
 - 5.1.2 Nguyên lý hoạt động
- 5.2 Bộ tăng áp
 - 5.2.1 Sơ đồ mạch điện
 - 5.2.2 Nguyên lý hoạt động
- 5.3 Các phương pháp điều khiển bộ biến đổi điện áp một chiều
 - 5.3.1 Điều khiển với tần số đóng ngắt không đổi
 - 5.3.2 Điều khiển theo dòng điện tải yêu cầu

Chương 6: **Bộ nghịch lưu và bộ biến tần**

Mục tiêu :

- Trình bày được nguyên lý biến nguồn AC tần số cố định thành nguồn AC tần số thấp hơn.
- Xác định được nhiệm vụ và chức năng của từng khối của bộ biến tần.
- Kiểm tra, sửa chữa được những hư hỏng trong bộ biến tần 1 pha, 3 pha.
- Chọn lựa sử dụng đúng chức năng các bộ biến tần đáp ứng được từng thiết bị thực tế.
- Rèn luyện đức tính tích cực, chủ động và sáng tạo

Nội dung:

- 6.1 Bộ nghịch lưu áp một pha
- 6.2 Phân tích bộ nghịch lưu áp ba pha
- 6.3 Các phương pháp điều khiển bộ nghịch lưu áp
 - 6.3.1 Phương pháp điều biên
 - 6.3.2 Phương pháp điều chế độ rộng xung
- 6.4 Bộ nghịch lưu dòng điện
 - 6.4.1 Bộ nghịch lưu dòng một pha
 - 6.4.2 Bộ nghịch lưu dòng ba pha

6.5 Bộ biến tần gián tiếp

6.6 Bộ biến tần trực tiếp

IV. ĐIỀU KIỆN THỰC HIỆN MÔN HỌC:

- Vật liệu:

+ Một số linh kiện điện tử công suất mẫu: Diode, BJT, SCR, triac, Diac, IGBT, GTO, điện trở, tụ điện.

- Dụng cụ và trang thiết bị:

+ Mô hình mạch ứng dụng điện tử công suất.

+ Bản vẽ, hình ảnh cần thiết.

- Nguồn lực khác:

+ PC và phần mềm chuyên dùng

+ Projector; Overhead.

V. PHƯƠNG PHÁP VÀ NỘI DUNG ĐÁNH GIÁ:

Áp dụng hình thức kiểm tra tích hợp giữa lý thuyết và thực hành. Các nội dung trọng tâm cần kiểm tra là:

- Lý thuyết:

+ Cách tính toán thiết kế các bộ chỉnh lưu, nghịch lưu đơn giản.

+ Nhận dạng, khảo sát tính hiệu ở bộ biến đổi DC-DC; bộ PWM.

+ Lựa chọn thông số kỹ thuật của biến tần theo yêu cầu cho trước.

- Thực hành:

+ Kỹ năng lắp ráp, cân chỉnh các mạch chỉnh lưu, nghịch lưu, biến đổi DC - DC...

+ Cài đặt, điều chỉnh thông số của biến tần.

+ Phân tích các sự cố hỏng hóc, xử lý thay thế linh kiện mới hoặc linh kiện tương đương.

VI. HƯỚNG DẪN THỰC HIỆN MÔN HỌC:

1. Phạm vi áp dụng chương trình:

Chương trình mô đun này được sử dụng để giảng dạy cho trình độ Cao đẳng nghề.

2. Hướng dẫn một số điểm chính về phương pháp giảng dạy mô đun:

- Trước khi giảng dạy, giáo viên cần căn cứ vào nội dung của từng bài học để chuẩn bị đầy đủ các điều kiện cần thiết nhằm đảm bảo chất lượng giảng dạy.

- Nên áp dụng phương pháp đàm thoại để học sinh ghi nhớ kỹ hơn.

- Khi giải bài tập, làm các bài thực hành... Giáo viên hướng dẫn, thao tác mẫu và sửa sai tại chỗ cho học sinh.

- Nên sử dụng các mô hình, học cụ mô phỏng để minh họa các bài tập ứng dụng các hệ truyền động dùng điện tử công suất, các loại thiết bị điều khiển.

3. Những trọng tâm cần chú ý:

- Các dạng mạch, đặc tính làm việc... của bộ chỉnh lưu, nghịch lưu, biến tần...

- Phương pháp tính toán các bộ chỉnh lưu, ổn áp.

4. Tài liệu cần tham khảo:

[1] Nguyễn Thế Công, Trần Văn Thịnh, *Điện tử công suất, lý thuyết, thiết kế, ứng dụng*, Nxb Khoa học kỹ thuật 2008.

[2] Võ Minh Chính, Phạm Quốc Hải, Trần Trọng Minh, *Điện tử công suất*, Nxb Khoa học kỹ thuật 2004

[3] Võ Minh Chính, *Điện tử công suất*, Nxb Khoa học kỹ thuật 2008

[4] Phạm Quốc Hải, *Phân tích và giải mạch điện tử công suất*, Nxb Khoa học kỹ thuật 2002

[5] Lê Đăng Doanh, Nguyễn Thế công, Trần Văn Thịnh, *Điện tử công suất tập 1,2*, Nxb Khoa học kỹ thuật 2007

Bài mở đầu: Các Khái Niệm Cơ Bản

1. Trị trung bình (Average):

Cho dòng điện $i(t)$ và điện áp $u(t)$ có chu kỳ T . Trị trung bình của dòng và áp được tính bằng công thức:

$$I_d = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} i(t) dt \quad (1.1)$$

$$U_d = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(t) dt \quad (1.2)$$

Với: t_0 – là thời điểm đầu của chu kỳ lấy tích phân.

Ở chế độ xác lập trị trung bình điện áp trên L bằng 0. Vì thế trị trung bình dòng không phụ thuộc vào giá trị L mà chỉ phụ thuộc vào R và dòng trung bình qua tải được tính bằng công thức:

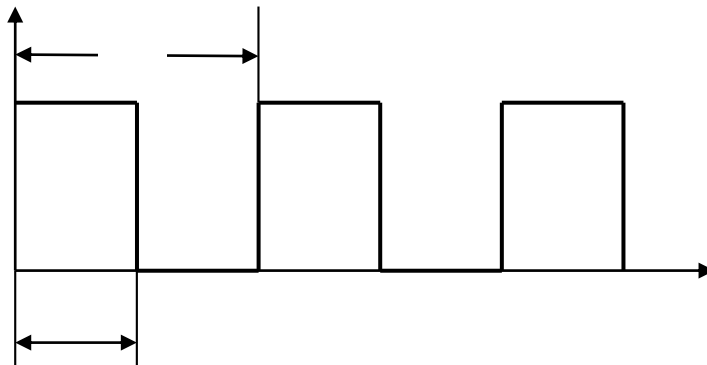
$$I_d = \frac{U_d - E}{R} \quad (1.3)$$

2. Trị hiệu dụng (Root Mean Square-rms):

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} i^2(t) dt} \quad (1.4)$$

$$U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u^2(t) dt} \quad (1.5)$$

Ví dụ 1: Cho dòng điện có dạng như hình H1 với $I_p = 100A$, $T = 20ms$, $T_0 = 10ms$. Xác định trị trung bình và trị hiệu dụng của dòng điện.



Hình H1

Giải:

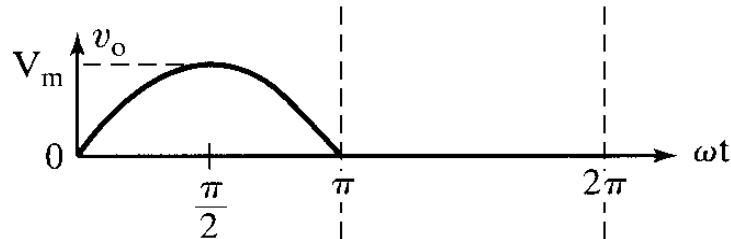
Trị trung bình:

$$I_d = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} i(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{T_0} I_p dt = \frac{I_p T}{T} \Big|_0^{T_0} = \frac{I_p T_0}{T} = \frac{100 \times 10}{20} = 50A$$

Trị hiệu dụng:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} i^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{T_0} I_p^2 dt} = I_p \sqrt{\frac{T_0}{T}} = 100 \cdot \sqrt{\frac{10}{20}} = \frac{100}{\sqrt{2}} (A)$$

Ví dụ 2: Cho điện áp có dạng như hình H2 với $u(t) = U_m \sin \omega t$ và $\omega = \frac{2\pi}{T}$; $U_m = 220\sqrt{2}(V)$. Xác định trị trung bình và trị hiệu dụng của điện áp.



Hình H2

Giải:

Trị trung bình:

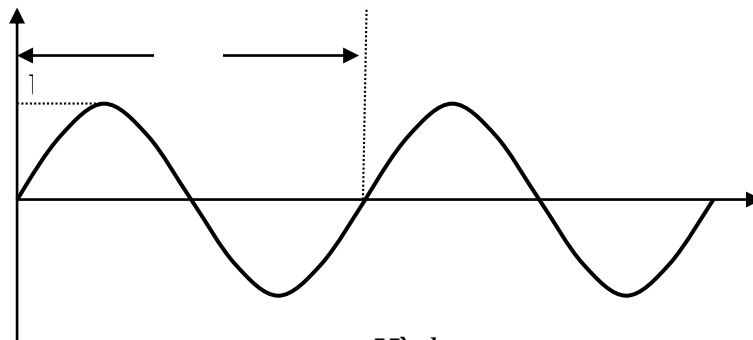
$$U_d = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi U_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} U_m (-\cos(\omega t)) \Big|_0^\pi = \frac{U_m}{\pi} = \frac{220\sqrt{2}}{\pi} = 99V$$

Trị hiệu dụng:

$$\begin{aligned} U_{rms} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi [U_m \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)} = U_m \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sin^2(\omega t) d(\omega t)} \\ &= U_m \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \left(\frac{1 - \cos(2\omega t)}{2} \right) d(\omega t)} = U_m \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2\omega t}{4} \right]_0^\pi} = \frac{U_m}{2} = 110\sqrt{2}V \end{aligned}$$

Ví dụ 3: Cho một điện áp $u(t) = U_m \sin(\omega t) = 220\sqrt{2} \sin(\omega t)V$ có dạng sóng như trên hình H3. Hãy xác định trị trung bình và trị hiệu dụng của điện áp trên.

Giải:



Hình

Trị trung bình:

$$U_d = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{U_m}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} \sin X dX + \int_{\pi}^{2\pi} \sin X dX \right]$$

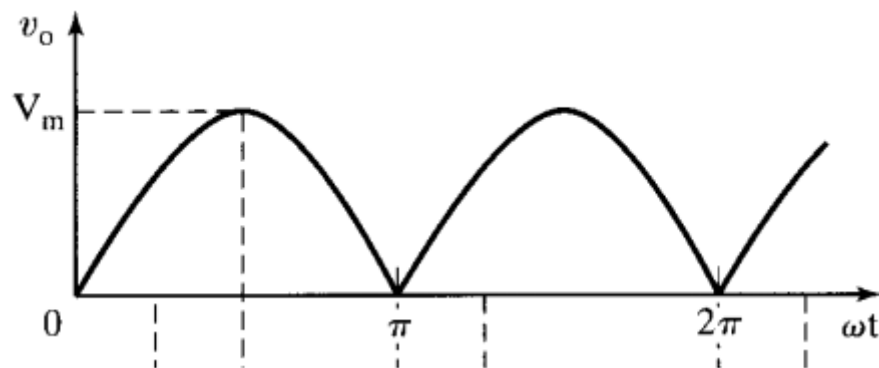
$$= \frac{U_m}{2\pi} \left(\left| -\cos X \right|_0^{\pi} + \left| -\cos X \right|_{\pi}^{2\pi} \right) = 0$$

Trị hiệu dụng:

$$U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [U_m \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)} = U_m \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$= U_m \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left(\frac{1 - \cos(2\omega t)}{2} \right) d(\omega t)} = U_m \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2\omega t}{4} \right]_0^{2\pi}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 220V$$

Ví dụ 4: Cho điện áp có dạng $u(t) = U_m \sin(\omega t) = 220\sqrt{2} \sin(\omega t)V$, $f=50\text{Hz}$ như hình H4. Hãy xác định trị trung bình của điện áp trên.



Hình H4

Ta có chu kỳ của $u(t)$ là $T = \pi$ (rad)

$$U_d = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} U_m \sin(X) d(X) = \frac{U_m}{\pi} (-\cos X) \Big|_0^{\pi} = \frac{2U_m}{\pi} = \frac{2}{\pi} \times 220\sqrt{2} = 198,14V$$

3. Công suất trung bình:

Công suất tức thời của tải được xác định bằng công thức:

$$p(t) = u(t)i(t) \quad (1.6)$$

Vì thế công suất trung bình của tải được xác định bằng công thức:

$$P_d = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t) dt \quad (1.7)$$

Hoặc
$$P_d = \frac{1}{\omega T} \int_0^{\omega T} u(\omega t)i(\omega t) d(\omega t) \quad (1.8)$$

Nếu dòng tải không đổi theo thời gian thì công suất trung bình của tải được tính bằng công thức:

$$P_d = U_d I_d \quad (1.9)$$

Tụ điện và cuộn kháng không tiêu hao công suất.

4. Hệ số công suất:

(Power Factor – ký hiệu là λ hay PF): là tỷ số giữa công suất tiêu thụ P và công suất biểu kiến S mà nguồn cấp cho tải.

$$\lambda = PF = \frac{P}{S} \quad (1.33)$$

Nếu nguồn áp có dạng sin và tải tuyến tính chứa các phần tử R , L , C có giá trị không đổi thì dòng điện qua tải cũng có dạng sin và lệch pha với điện áp một góc là φ . Ta có biểu thức tính hệ số công suất như sau:

$$\begin{aligned} P &= m.U.I.\cos\varphi; & S &= m.U.I \\ \lambda &= \frac{P}{S} = \cos\varphi \end{aligned} \quad (1.34)$$

Trong đó: U , I : lần lượt là trị hiệu của điện áp và dòng điện qua tải.

m : là tổng số pha.

❖ Hệ số méo dạng

(Distortion Factor - DF): bằng tỷ số của trị hiệu dụng hài cơ bản và trị hiệu dụng đại lượng dòng điện:

$$DF = \frac{I_{(1)}}{I} \quad (1.35)$$

❖ Hệ số méo dạng tổng do sóng hài

(Total Harmonic Distortion – ký hiệu là THD): là đại lượng dùng để đánh giá tác dụng của các sóng hài bậc cao (2, 3, ...) xuất hiện trong nguồn điện. Xác định theo biểu thức:

$$THD_I = \frac{1}{I_1} \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2} = \frac{\sqrt{I^2 - I_1^2}}{I_1} \quad (1.36)$$

Chương 1: Các Linh Kiện Điện Tử Công Suất

1.1 Phân loại linh kiện điện tử công suất

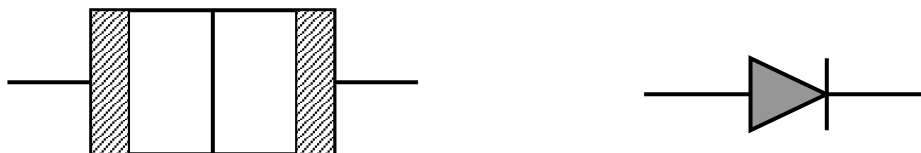
- Các linh kiện bán dẫn công suất có hai chức năng cơ bản là ĐÓNG và NGẮT dòng điện đi qua nó.
- Trạng thái linh kiện dẫn điện (ĐÓNG): linh kiện giống như một điện trở có giá trị rất bé (gần bằng không).
- Trạng thái linh kiện không dẫn điện (NGẮT): linh kiện giống như một điện trở có giá trị rất lớn.
- 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.

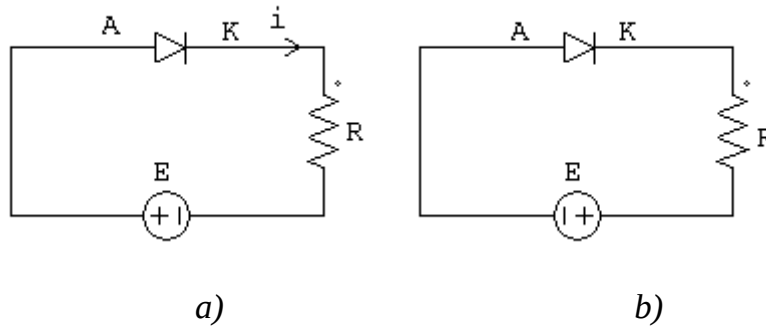
1.2 Diode Công Suất

1.2.1 Nguyên lý cấu tạo và làm việc



Hình H1.1: 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.



Hình H1.2: Sơ đồ nguyên lý phân cực cho diode

a) phân cực thuận

b) phân cực ngược

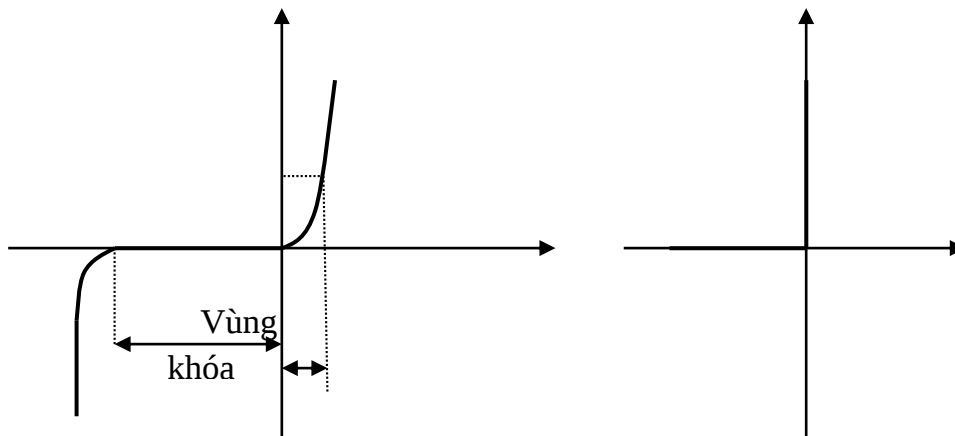
Khi ta đặt một điện áp lên diode, cực dương gắn với lớp P và cực âm gắn với lớp N (hình H1.2a), khi đó điện tử được chuyển từ lớp N qua lớp P. Còn các hạt mang điện được chuyển từ lớp P sang lớp N và như vậy có một dòng điện chạy qua diode.

Khi điện áp ngược được đặt lên diode (cực dương gắn với lớp N và cực âm gắn với lớp P – hình H1.2b), 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).

1.2.2 Đặc tính Volt – Ampere (V – A)



Hình H1.3: Đặc tính V – A thực tế (a) và lý tưởng

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 H1.3. Trong đó, hình H1.3a là đặc tính V – A thực tế, hình H1.3b là đặc tính lý tưởng.

Giải thích các ký hiệu :

- U_0 : điện áp khóa của diode, $U_0 = 0,3V \div 0,6V$ tùy theo chất bán dẫn.

- U_F : điện áp thuận của diode
- U_R : điện áp ngược của diode (điện áp đánh thủng)
- I_F : dòng điện thuận chạy qua diode.

1.2.3 Trạng thái đóng ngắt

Khi điện áp đặt vào anode và cathode lớn hơn điện áp khóa của diode thì diode sẽ dẫn điện, ngược lại thì diode sẽ khóa (không dẫn điện).

$U_{AK} > U_0$: diode dẫn điện.

$U_{AK} < U_0$: diode ngưng dẫn.

Ta xét với trường hợp diode lý tưởng :

$U_{AK} > 0$: diode dẫn điện.

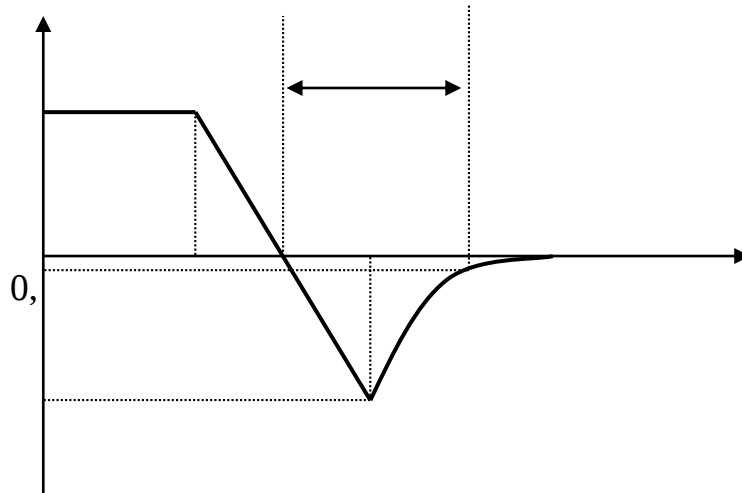
(2.1a)

$U_{AK} < 0$: diode ngưng dẫn.

(2.1b)

1.2.4 Các tính chất động

Quá trình chuyển mạch: là quá trình diode chuyển từ trạng thái dẫn điện sang trạng thái ngắt.



Hình H2.4: Quá trình chuyển mạch của

Trong khoảng $[0 \div t_0]$ diode dẫn và dòng qua nó là dòng thuận I_F

Tại thời điểm t_0 diode ngắt, dòng qua diode (dòng thuận) giảm dần về 0.

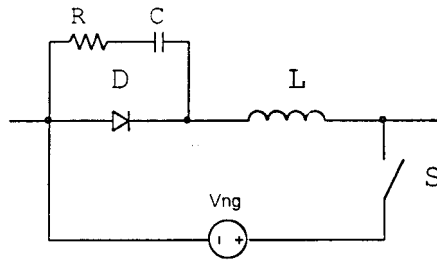
Khi $t = t_1$: dòng thuận tiến tới 0, nhưng do chuyển động của các hạt dẫn nên diode tiếp tục dẫn với dòng có chiều ngược lại.

Khi $t = t_2$: các hạt dẫn tiêu tán hết, diode khôi phục khả năng khoá áp ngược.

Khi $t = t_3$: dòng ngược giảm về 0. Quá trình ngắt diode kết thúc.

Thời gian phục hồi tính nghịch: $t_{rr} = t_3 - t_1 \leq 1\mu s$

1.2.5 Mạch bảo vệ diode



Hình H1.5: 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.

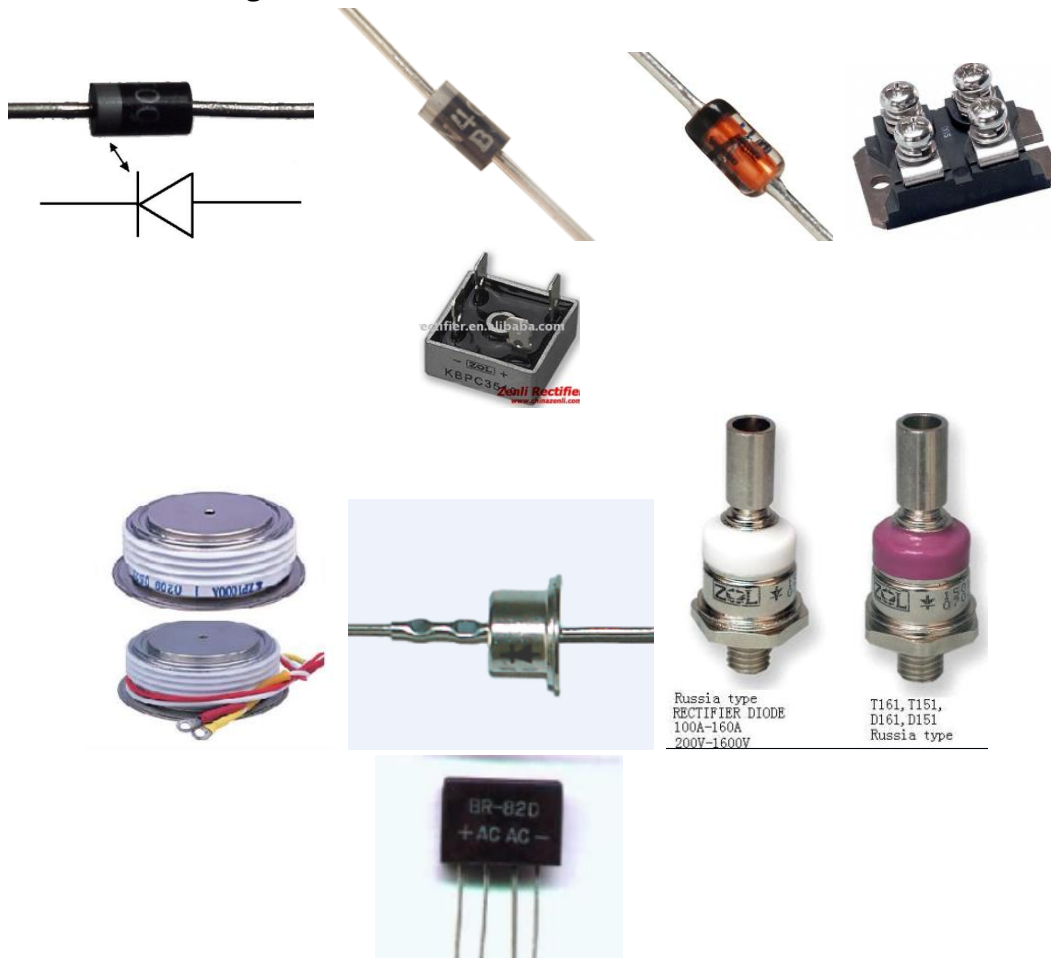
1.2.6 Các đại lượng định mức của diode

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 dạng của một số diode trên thực tế như trên hình H1.6.



Hình H1.6: Một số diode trên thực tế.

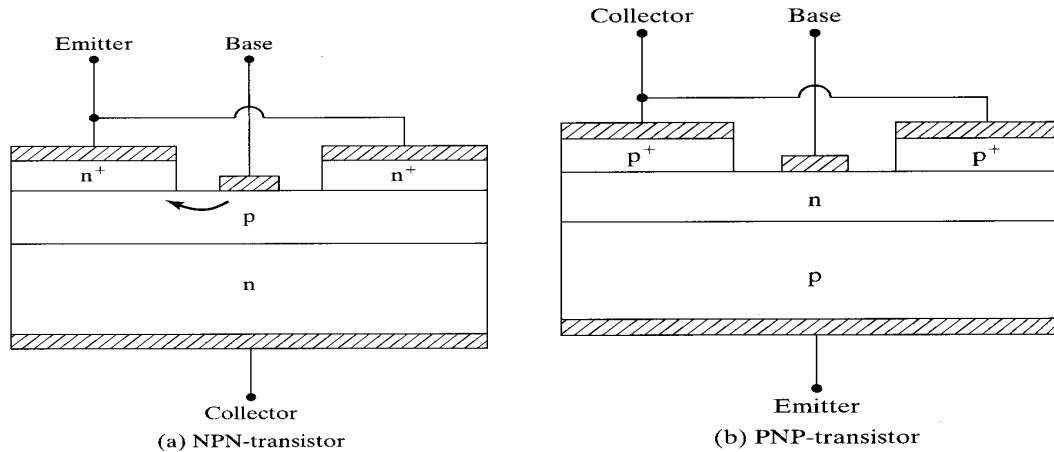
1.3 BJT Công Suất (Bipolar Junction Transistor)

1.3.1 Nguyên lý cấu tạo và làm việc

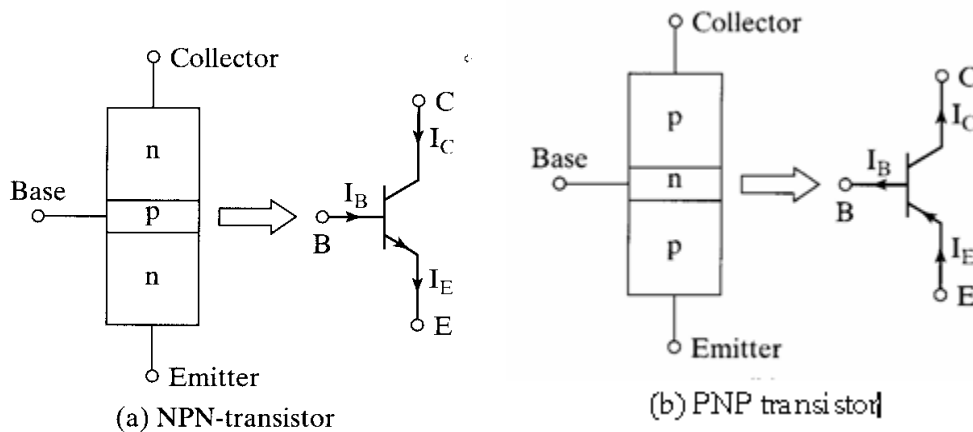
Transistor được cấu tạo bởi cấu trúc 3 lớp dạng n-p-n (hình H1.7a) hoặc p-n-p (hình H1.7b). Nhưng dạng n-p-n được sử dụng nhiều hơn vì loại này có kích thước nhỏ hơn với cùng một mức điện áp và dòng điện.

Transistor có 3 cực: cực Base (B), cực Collector (C) và cực Emitter (E) và là linh kiện được điều khiển hoàn toàn thông qua cực B và E. Mạch công suất nối giữa 2 cực C và E.

Ký hiệu của transistor như trên hình H1.8.



Hình H1.7: Nguyên lý cấu tạo của transistor

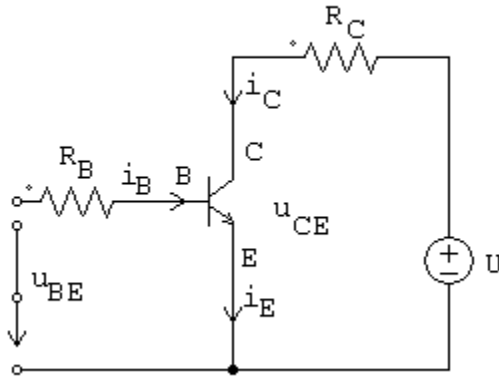


Hình H1.8: Ký hiệu của transistor

Trong lĩnh vực điện tử công suất, transistor BJT được sử dụng như một công tắc đóng ngắt các mạch điện, phần lớn sử dụng loại NPN và mắc theo dạng mạch có Emitter chung (hình H1.9)

Trên hai cực B và E là điện áp điều khiển u_{BE} . Các điện cực C, E được sử dụng làm công tắc đóng ngắt mạch công suất. Điện áp điều khiển phải có tác dụng tạo ra dòng i_B đủ lớn để điện áp giữa hai cực C và E đạt giá trị bằng không ($u_{CE}=0$).

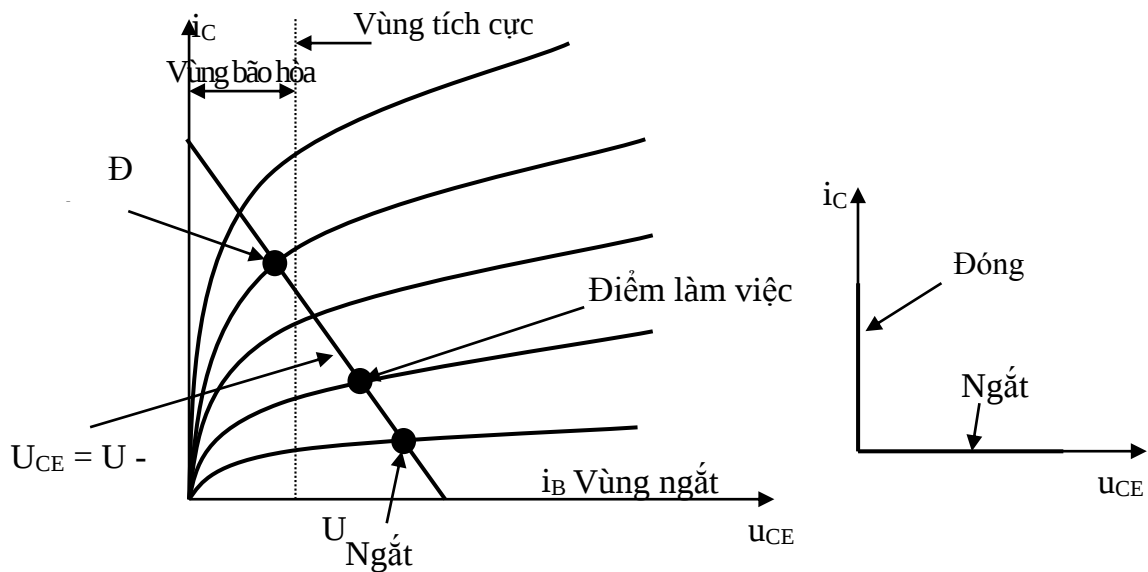
Transistor là linh kiện được điều khiển hoàn toàn bằng dòng điện i_B .



Hình H1.9: Sơ đồ mắc theo dạng Emitter chung

1.3.2 Đặc tính V-A trong mạch có Emitter chung

Đặc tính V-A ngõ ra của mạch mắc theo dạng E chung như trên hình H1.10a (đặc tính thực tế) và hình H1.10b (đặc tính lý tưởng).



Hình H2.10: Đặc tính V-A ngõ ra của mạch E

Đặc tính ngõ ra: biểu diễn quan hệ của các đại ngõ ra $i_C = f(u_{CE})$, thông số biến thiên là dòng kích i_B . Các đặc tính ngõ ra được vẽ cho các giá trị khác nhau của i_B .

Đường thẳng biểu diễn $U_{CE} = U - I_C R_C$ là đường đặc tính tải. Giao điểm của đường này với các đặc tính ngõ ra sẽ xác định điểm làm việc của transistor.

Trong vùng chứa đặc tính ngõ ra, ta phân biệt ba vùng: vùng nghịch, vùng bão hòa và vùng tích cực.

Vùng nghịch: $i_B = 0$, transistor ở trạng thái ngắt. Dòng i_C có giá trị nhỏ không đáng kể đi qua transistor và tải gọi là dòng điện rò.

Vùng bão hòa: là vùng giới hạn xác định bởi điện thế $U_{CE} = U_{CE(sat)}$ nhỏ nhất có thể đạt được ứng với giá trị I_C cho trước và vùng giới hạn bởi đường đặc tính khi $I_B = 0$.

Nếu điểm làm việc nằm trong vùng bảo hòa (xem điểm đóng như trên hình H1.10a), transistor sẽ đóng, transistor làm việc như một khóa đóng ngắt dòng điện.

Vùng tích cực: là vùng transistor hoạt động ở chế độ khuếch đại tín hiệu.

1.3.3 Trạng thái đóng ngắt

$I_B \geq I_{B(sat)}$: BJT đóng.

$I_B = 0$: BJT ngắt.

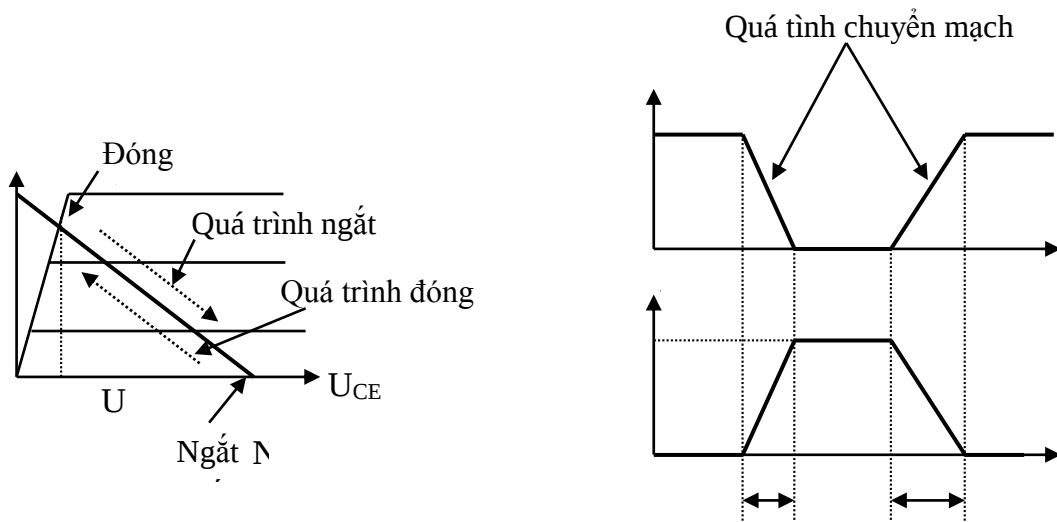
Với $I_{B(sat)}$ là dòng điện I_B bảo hòa. Để đơn giản, ta thường xét điều kiện đóng ngắt của transistor ở điều kiện lý tưởng.

$I_B > 0$: BJT đóng. (2.2a)

$I_B = 0$: BJT ngắt. (2.2b)

1.3.4 Các tính chất động

Quá trình dòng collector I_C có dạng xung vuông như trên hình H1.11b. Thời gian đóng t_{on} kéo dài khoảng vài μs , thời gian ngắt hơn $10\mu s$.



Hình H2.11: Quá trình chuyển mạch của transistor

Quá trình chuyển mạch tạo nên công suất tổn hao do đóng ngắt của transistor. Công suất tổn hao làm giới hạn tần số hoạt động của transistor. Khi đóng ngắt, dòng điện qua transistor lớn và điện áp ở mức cao nên giá trị tức thời của công suất tổn hao lớn.

Quá trình chuyển đổi điểm làm việc từ vị trí NGẮT đến vị trí ĐÓNG (hoặc ngược lại) được mô tả như trên hình H1.11a. Quá trình này kéo dài trong thời gian t_{on} hoặc t_{off} .

1.3.5 Các đại lượng định mức của transistor

Định mức điện áp: giá trị điện áp cực đại trên hai cực C, E khi $i_B = 0$ và trên hai cực B, E khi $i_C = 0$. Các giá trị này là giá trị tức thời.

Định mức dòng điện: là giá trị cực của các dòng điện i_C , i_E , và i_B . Đó là các giá trị cực đại tức thời của transistor khi đóng trong trạng thái bảo hòa.

Công suất tổn hao: công suất tổn hao tạo ra chủ yếu trên cực C.

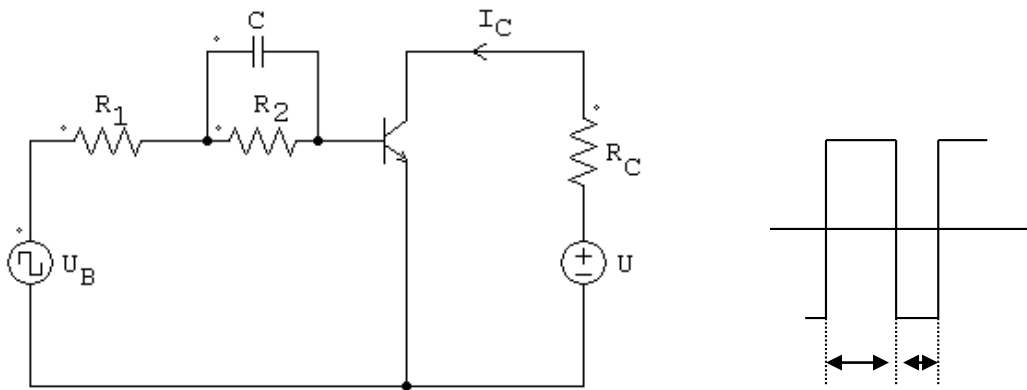
$$P_C = U_{CE} \cdot I_C. \quad (2.3)$$

Công suất tổn hao làm cho transistor nóng lên. Khi transistor làm việc, nhiệt độ sinh ra trên transistor không được vượt quá giá trị nhiệt độ cho phép, thường là 150°C.

1.3.6 Mạch kích và bảo vệ cho transistor

a. Điều khiển kích đóng:

Sơ đồ mạch và giản đồ xung kích như trên hình H1.12. Khi xung điện áp U_B được đưa vào, dòng điện qua cổng B bị giới hạn bởi điện trở R_1 .



Hình H2.12: Sơ đồ mạch kích và giản đồ xung kích

$$\text{Dòng điện đi vào cổng B: } I_{B0} = \frac{U_1 - U_{BE}}{R_1} \quad (2.4a)$$

$$\text{Sau thời gian quá độ dòng } I_B \text{ có giá trị: } I_{B1} = \frac{U_1 - U_{BE}}{R_1 + R_2} \quad (2.4b)$$

$$\text{Tụ điện } C_1 \text{ được nạp đến giá trị: } U_C = U_B \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.4c)$$

$$\text{Hằng số thời gian nạp tụ: } \tau_1 = \frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2} \quad (2.4d)$$

Khi điện áp U_B giảm về 0, lớp BE bị phân cực ngược và tụ C phóng điện qua R_2 .
hằng số thời gian xả tụ là: $\tau_2 = R_2 C$ (2.4e)

Để đủ thời gian nạp và xả tụ thì độ rộng xung phải thỏa mãn:

$$t_1 \geq 5\tau_1 \quad ; \quad t_2 \geq 5\tau_2 \quad (2.4f)$$

Do đó, tần số đóng ngắt lớn nhất của transistor là:

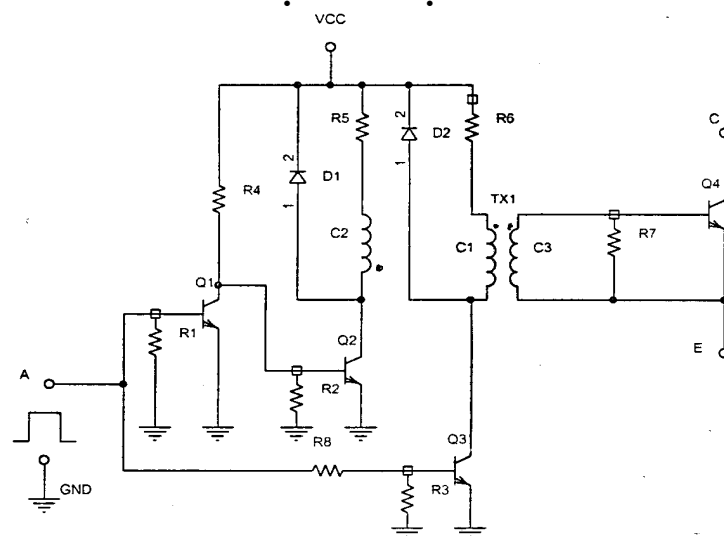
$$f_s = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{0,2}{\tau_1 + \tau_2} \quad (2.4g)$$

b. Điều khiển ngắt:

Khi điện áp U_B giảm xuống giá trị âm $U_2 < 0$, trên hai cực B, E xuất hiện điện áp ngược bằng tổng điện áp U_B và U_C .

Sau khi tụ C xả hết, điện áp trên BE xác lập bằng $U_2 < 0$ nên transistor bị kích ngắt.

Thí dụ sơ đồ mạch kích



Hình H1.13: Một dạng sơ đồ mạch kích cho transistor

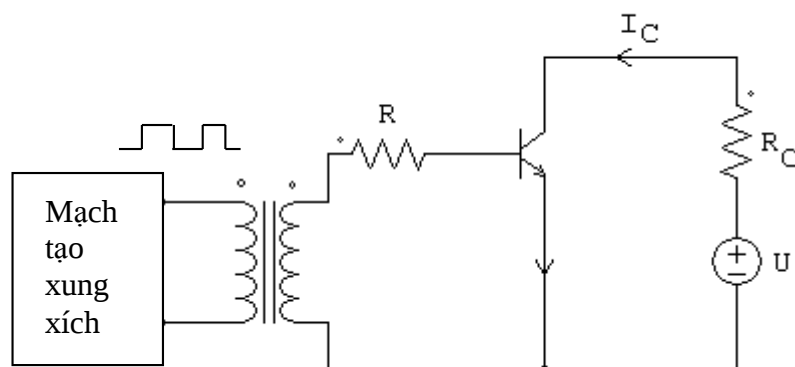
Cổng Base của BJT công suất được điều khiển bởi cuộn thứ cấp C3 của biến áp xung 3 cuộn dây TX1. Cuộn sơ cấp C1, C2. Để điều khiển đóng BJT Q4, điện áp có giá trị dương được cấp cho đầu A làm cho Transistor Q3 đóng, cuộn C1 tích điện, điện áp dương xuất hiện trên cuộn C3, đồng thời cuộn C2 không có dòng chạy qua vì BJT Q2 ngắt, và Q1 đóng nối tắt cổng Base của Q2 xuống masse.

Khi xung áp điều khiển ở đầu A giảm xuống 0, cả hai BJT Q1 và Q3 đều ngắt. Khi Q3 ngắt cuộn C1 hở không được cấp nguồn, đồng thời cuộn C2 được cấp điện do Q2 đóng. Do khác cực tính nên cuộn C3 xuất hiện điện áp ngược và ngắt Q4. Diode D1 và D2 có tác dụng bảo vệ quá dòng.

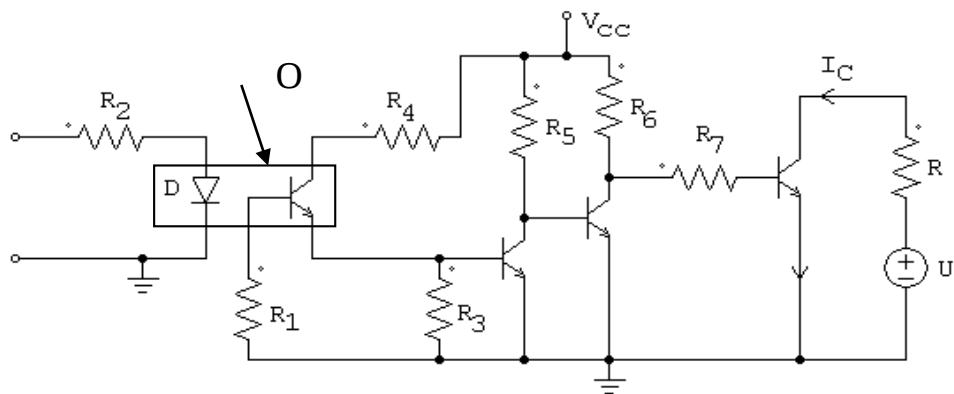
Mạch phát tín hiệu để điều khiển mạch công suất dùng bán dẫn thường được yêu cầu cách ly về điện. Điều này có thể thực hiện được bằng optron hoặc biến áp xung.

Biến áp xung: gồm một cuộn sơ cấp và có thể có nhiều cuộn thứ cấp. Sơ đồ nguyên lý mạch cách ly tín hiệu điều khiển dùng biến áp xung như trên hình H1.14.

Optron: gồm một nguồn phát tia hồng ngoại dùng diode quang và mạch thu dùng phototransistor như trên hình H1.15.



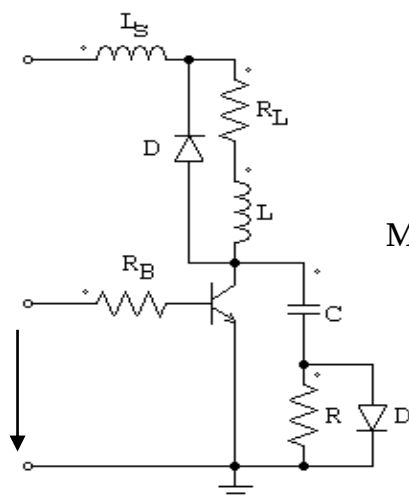
Hình H1.14: Sơ đồ nguyên lý cách ly tín hiệu điều khiển dùng biến áp xung



Hình H1.15: Sơ đồ nguyên lý cách ly tín hiệu điều khiển dùng *Optron*

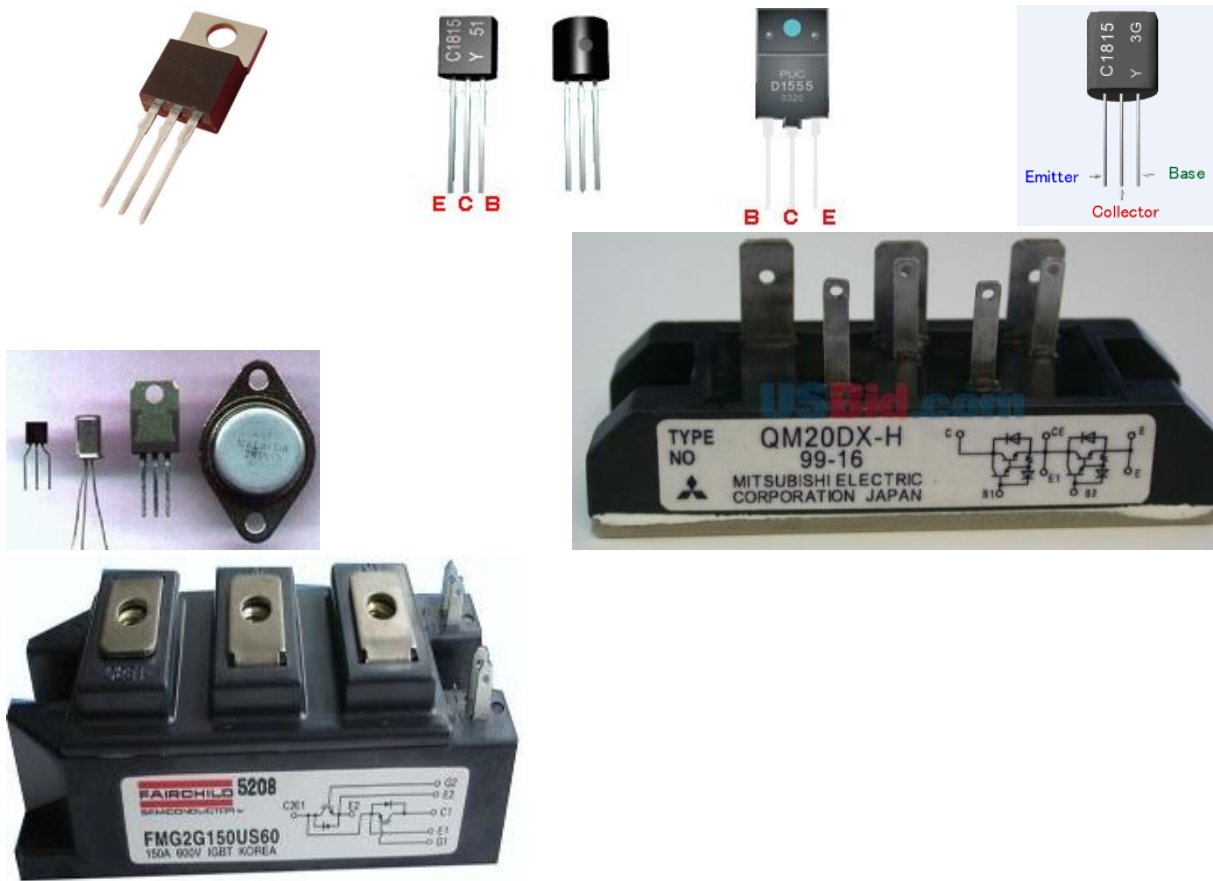
Mạch bảo vệ transistor: bảo vệ transistor trước các hiện tượng tăng quá nhanh của điện áp và dòng điện đi qua transistor. Mạch bảo vệ như trên hình H1.16.

Mạch RC có tác dụng hạn chế sự tăng của điện áp trên hai cực C, E. Cuộn kháng L_s làm giảm sự tăng dòng điện qua BJT.



Hình H1.16:
Mạch bảo vệ BJT

Hình dạng của một số Transistor trên thực tế như trên hình H1.17.

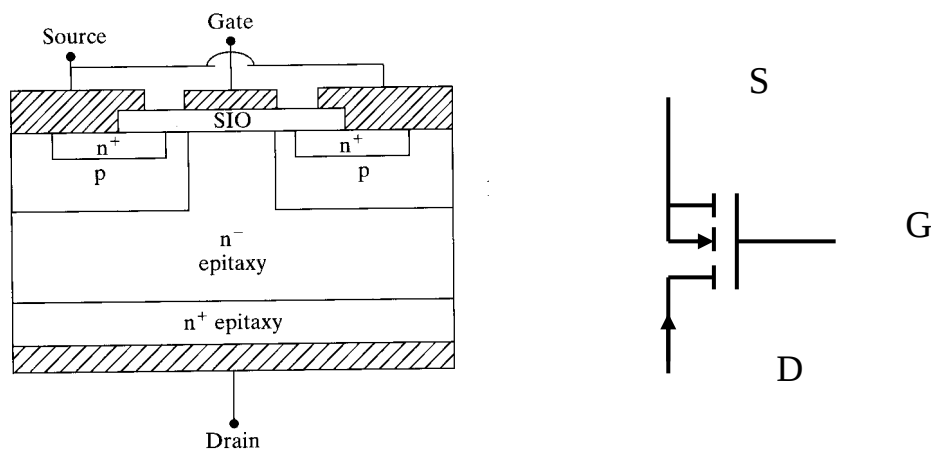


Hình H1.17: Hình dạng một số transistor trên thực tế

1.4 MOSFET (Metal – Oxide – Semiconductor Field Effect Transistor)

MOSFET là transistor có khả năng đóng ngắt nhanh và tổn hao do đóng ngắt thấp. MOSFET được sử dụng trong các ứng dụng công suất nhỏ (vài KW).

MOSFET có thể có cấu trúc NPN hoặc PNP. Hình H1.18 mô tả cấu trúc MOSFET loại NPN và ký hiệu của nó.

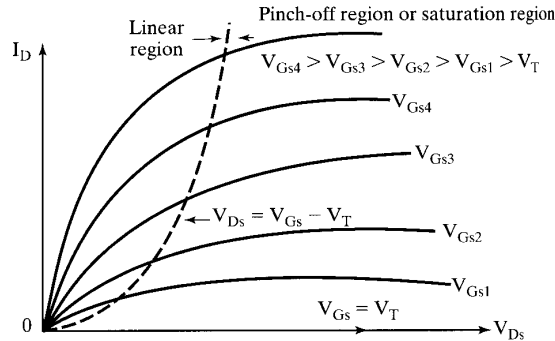


Hình H2.18: Cấu trúc MOSFET loại NPN và ký hiệu

MOSFET được điều khiển đóng ngắt bằng xung điện áp đặt vào cực cổng (G). Khi điện áp dương đặt lên giữa hai cổng G và S thì dòng điện được dẫn từ cực D tới cực S.

MOSFET có điện trở khi dẫn điện lớn nên công suất tổn hao khi dẫn điện lớn.

Đặc tính V-A của MOSFET loại N như trên hình H1.19. Đặc tính có dạng giống như đặc tính V-A của BJT.



Hình H1.19: Đặc tính V-A của MOSFET

MOSFET ở trạng thái ngắt điện khi điện áp cổng thấp hơn giá trị U_{GS} . Điện áp kích cho MOSFET phải ở dạng liên tục. Giá trị điện áp kích tối đa là $\pm 20V$.

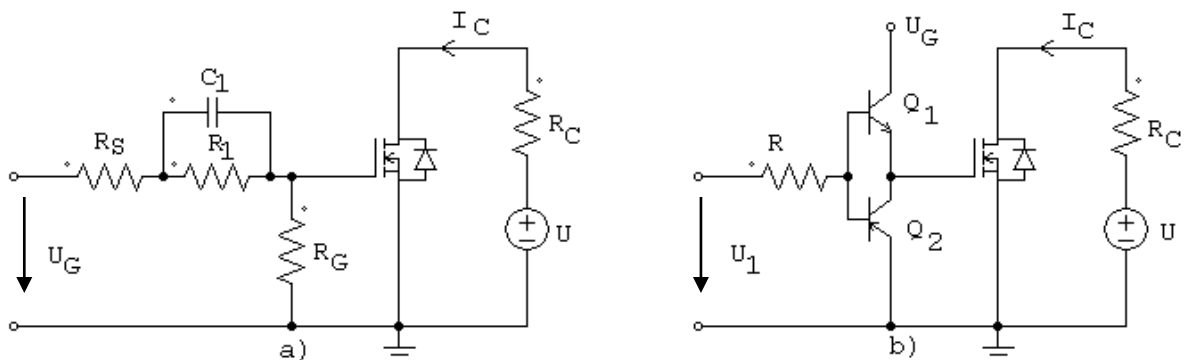
❖ Mạch kích MOSFET

Sơ đồ mạch kích như trên hình H1.19a. Khi có điện áp U_G , tụ điện C_1 tích điện và dòng điện đi vào cực G:

$$I_G = \frac{U_G}{R_S} \quad (2.5a)$$

Sau khi xác lập, điện áp trên cực cổng là:

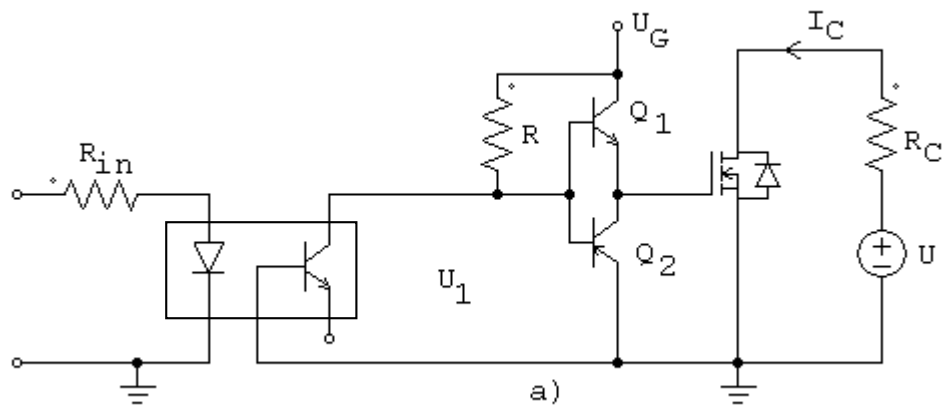
$$U_{GS} = \frac{U_G \cdot R_G}{R_S + R_1 + R_G} \quad (2.5b)$$



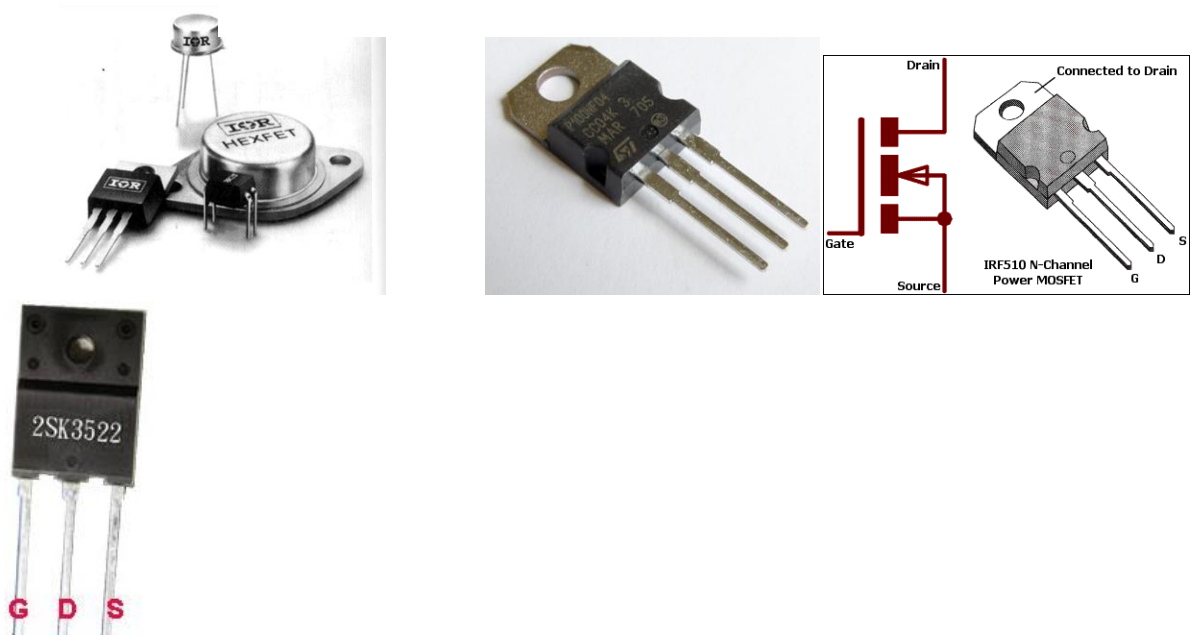
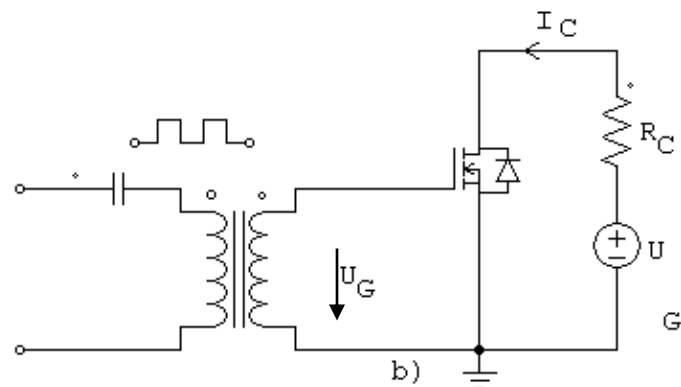
Hình H1.20: Sơ đồ mạch kích cho MOSFET

Đối với sơ đồ hình H1.19b, khi điện áp kích U_1 ở mức cao, Q_1 dẫn và Q_2 khóa làm cho MOSFET dẫn. Khi tín hiệu U_1 ở mức thấp, Q_1 ngắt, Q_2 dẫn làm cho MOSFET ngắt điện.

Mạch kích cho MOSFET có thể được cách ly với mạch tạo tín hiệu điều khiển thông qua biến áp xung hoặc optron (hình H1.21a,b).



Hình H1.21: Mạch cách ly tín hiệu điều khiển với mạch kích



Hình H1.22: Hình dạng một số MOSFET

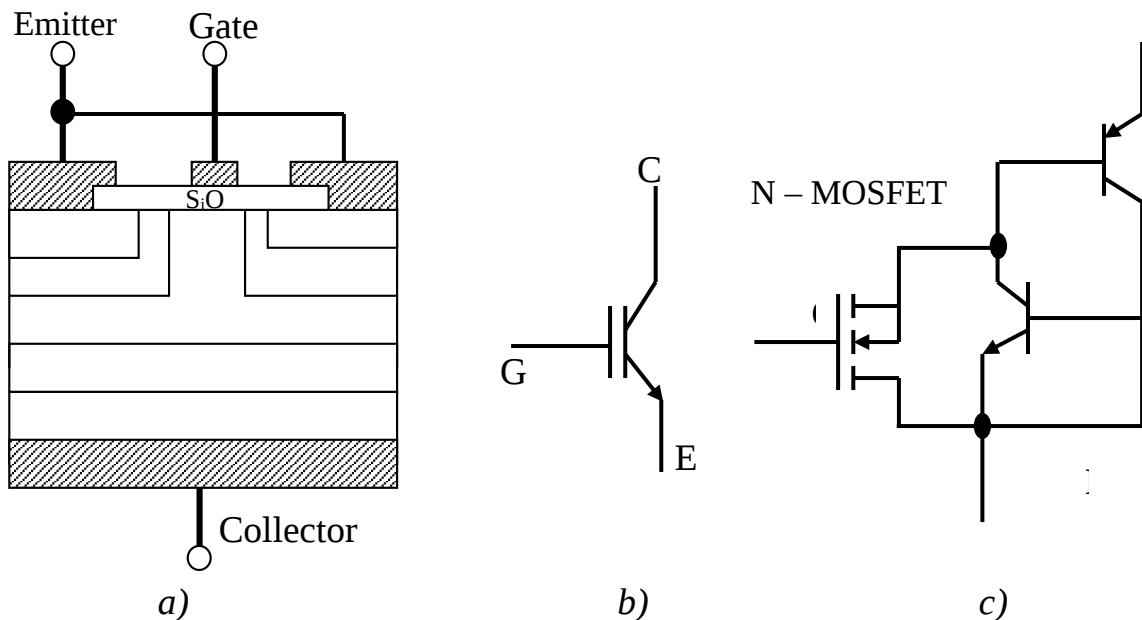
1.5 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

Nguyên lý cấu tạo, ký hiệu và mạch điện tương đương của IGBT như trên hình H1.23.

IGBT là transistor công suất hiện đại, có kích thước gọn nhẹ, có khả năng chịu được điện áp và dòng điện lớn, có độ sụt áp khi dẫn điện vừa phải.

Việc kích dẫn IGBT được thực hiện bằng xung điện áp đưa vào cổng G. Đặc tính V-A của IGBT có dạng tương tự như đặc tính V-A của MOSFET.

IGBT có khả năng đóng ngắt nhanh nên được sử dụng trong các bộ biến đổi điều chế độ rộng xung tần số cao. Phạm vi công suất của IGBT có thể đến 10MW.



Hình H1.23: Cấu tạo(a), ký hiệu(b) và mạch tương đương(c) của IGBT

IGBT có khả năng làm việc với dòng điện lớn và chịu được điện áp ngược cao.

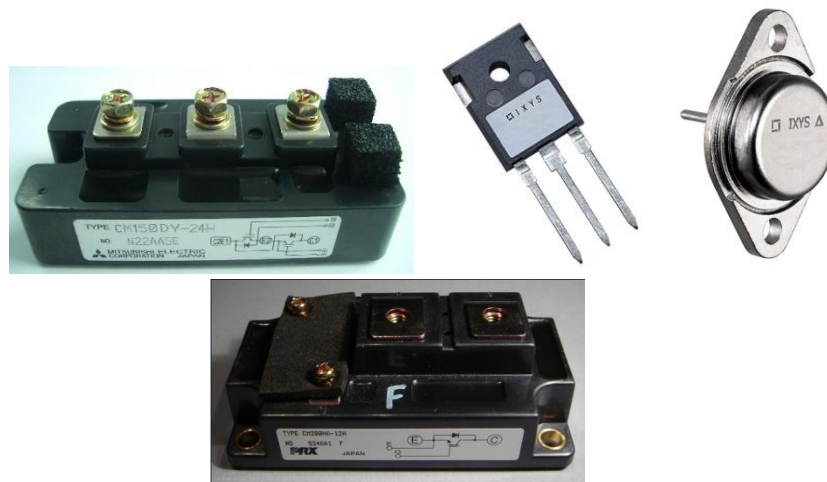
Thời gian đáp ứng đóng ngắt của IGBT rất nhanh (khoảng vài μs).

IGBT có khả năng hoạt động tốt không cần đến mạch bảo vệ. Trong trường hợp đặc biệt, có thể sử dụng mạch bảo vệ của MOSFET áp dụng cho IGBT.

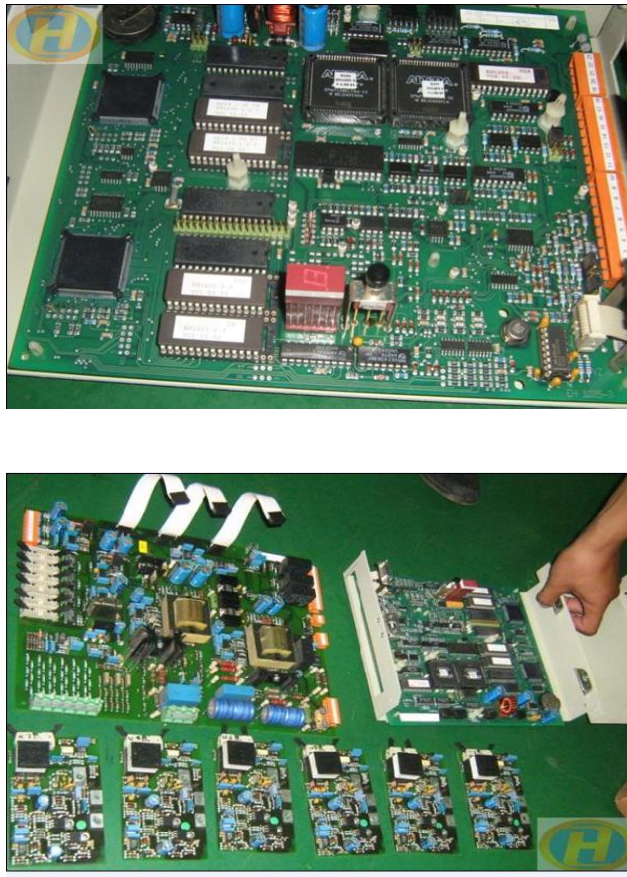
Module IGBT thông minh (Intelligent Power Module): được chế tạo bởi công nghệ tích hợp cao. Trên module chức phần tử IGBT, mạch kích lái, mạch bảo vệ, cảm biến dòng điện. Các module này đạt độ tin cậy rất cao.

Mạch kích IGBT được thiết kế tương tự như mạch kích cho MOSFET. Do giá thành IGBT cao, và đặc biệt cho công suất lớn, mạch kích lái IGBT được chế tạo dưới dạng IC công nghiệp. Các IC này có khả năng tự bảo vệ chống quá tải, nắn mạch, được chế tạo tích hợp dạng module riêng (1, 2, 4, 6 driver) hoặc tích hợp trên cả module bán dẫn (bao gồm mạch lái, IGBT và mạch bảo vệ).

Hình dạng một số IGBT thực tế (hình H1.24a) và các board mạch điều khiển và bảo vệ IGBT (hình H1.24b).



Hình H1.24a: Hình dạng một số IGBT thực tế.

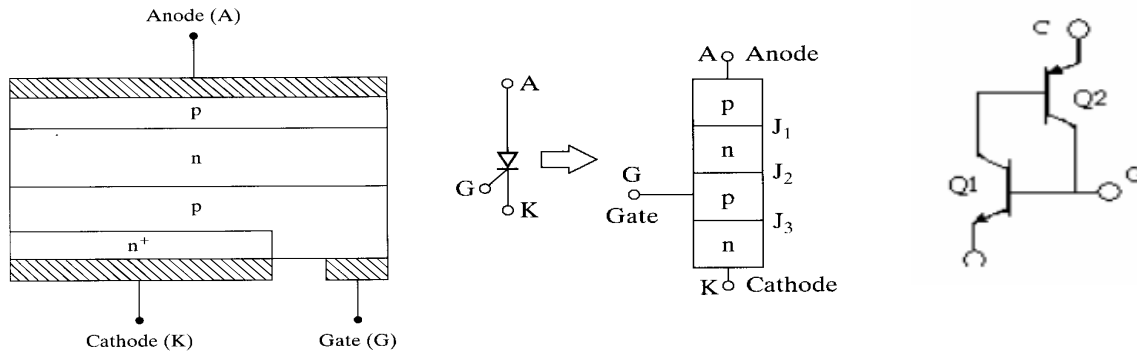


Hình H1.24b: Các board mạch điều khiển và bảo vệ IGBT

1.6 SCR (Silicon Controlled Rectifier)

1.6.1 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 H1.25: Nguyên lý cấu tạo(a), ký hiệu(b) và mạch tương đương của SCR

Sơ đồ thay thế SCR bằng mạch transistor như trên hình H1.25c. 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.

1.6.2 Các tính chất và trạng thái cơ bản

SCR có hai trạng thái:

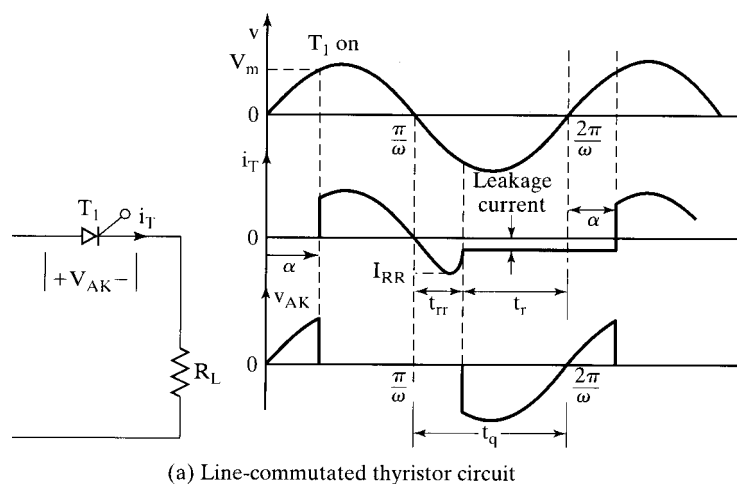
- + Trạng thái khóa: khi Anode có thể chịu được điện áp dương so với cathode.
- + Trạng thái nghịch: khi điện áp trên Anode âm hơn so với Cathode.

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 H1.26. Quá trình này gồm hai giai đoạn:

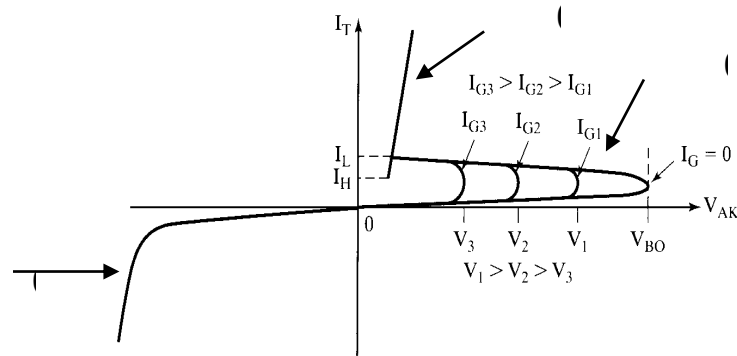
- + Giai đoạn làm dòng thuận bị triệt tiêu.
- + Giai đoạn khôi phục khả năng khóa của SCR.



Hình H1.26: Đặc tính động của SCR

1.6.3 Đặc tính V-A

Đặc tính V-A ngồ ra: biểu diễn quan hệ giữa điện áp và dòng điện đi qua hai cực Anode và Cathode (hình H1.27).



Hình H1.27: 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 ($I_G = 0$).

1.6.4 Khả năng mang tải

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

❖ Các SCR đặc biệt:

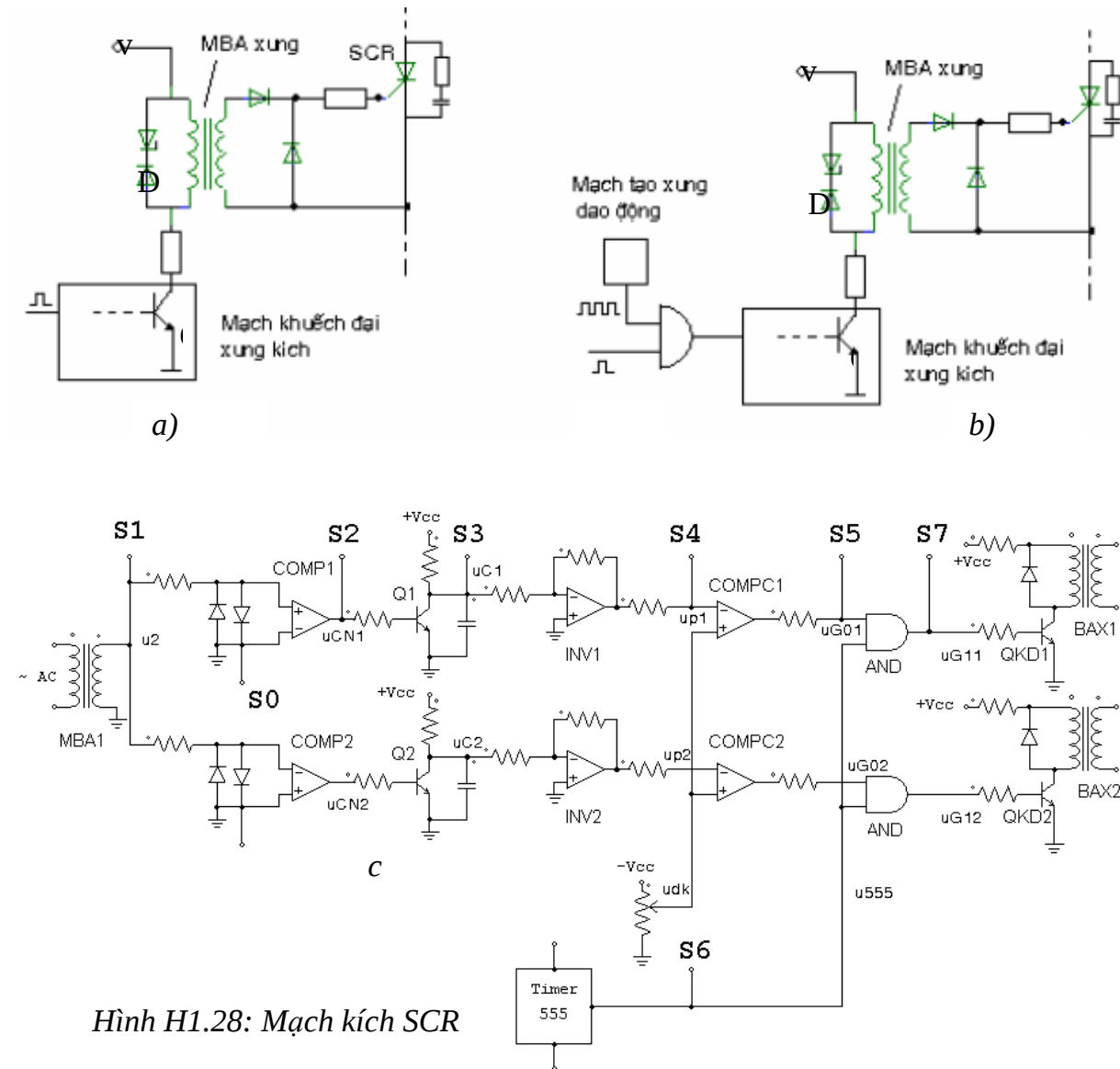
SCR cao áp: có điện áp lặp lại lớn nhất khoảng vài ngàn volt.

SCR nhanh: đóng ngắt nhanh, khả năng chịu áp và dòng thấp hơn.

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

1.6.5 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 H1.28.

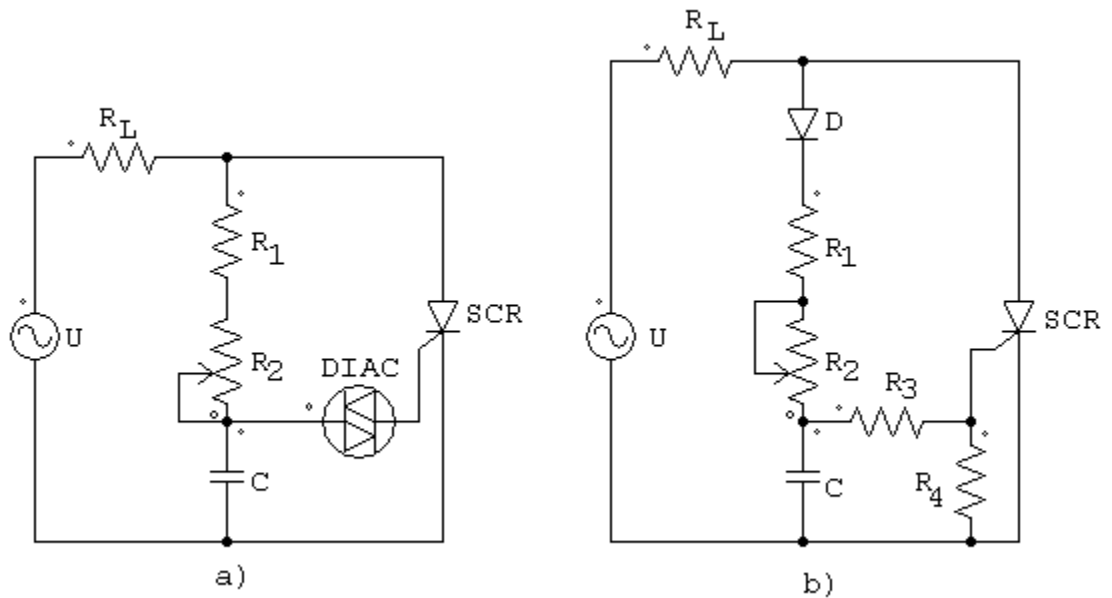


Hình H1.28: Mạch kích SCR

Mạch kích hình H1.28a: tác dụng điện áp lên mạch cổng B của Q_1 , Q_2 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 .

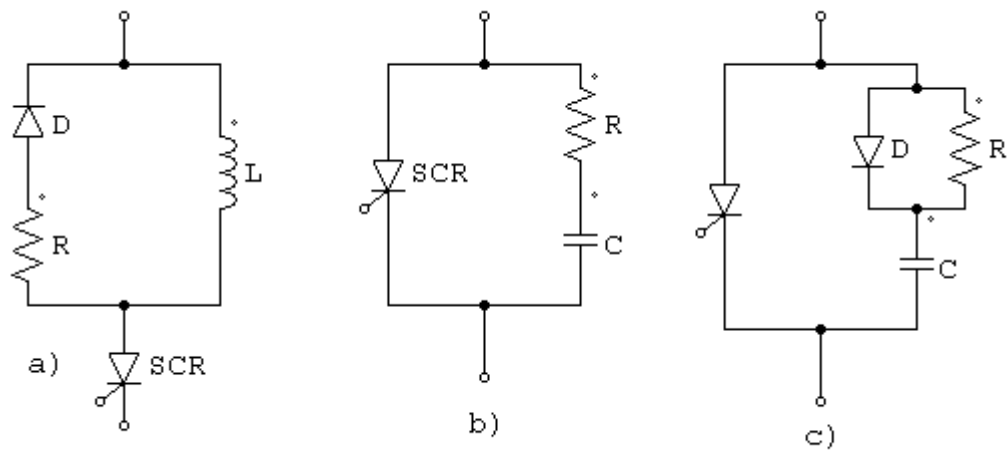
Hình H1.28b: xung điều khiển kết hợp với tín hiệu ra của bộ phát xung vuông qua cổng AND trước khi đưa vào cổng B của Q_1 để hạn chế tổn hao ở mạch cổng.

Ta cũng có thể sử dụng các mạch kích đơn giản như trên hình H1.29.



Hình H1.29: Mạch kích SCR đơn giản

1.6.6 Mạch bảo vệ SCR

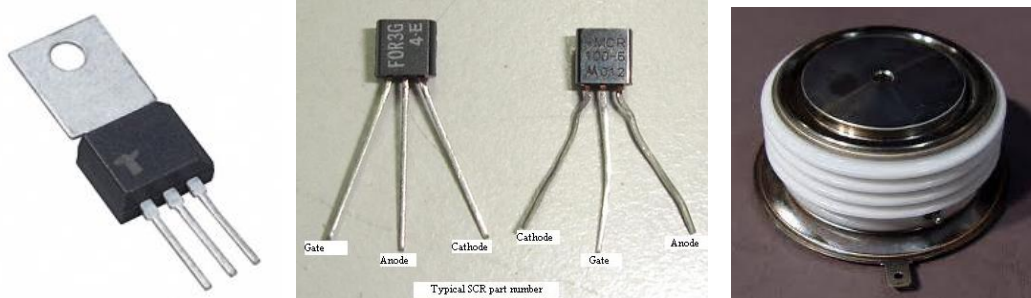


Hình H1.30: Mạch bảo vệ SCR

Để giảm tốc độ thay đổi dòng điện, ta có thể dùng cảm kháng mắc nối tiếp với SCR (hình H1.30a).

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 H1.30b,c).

Hình dạng của một số loại SCR trên thực tế như trên hình H2.31





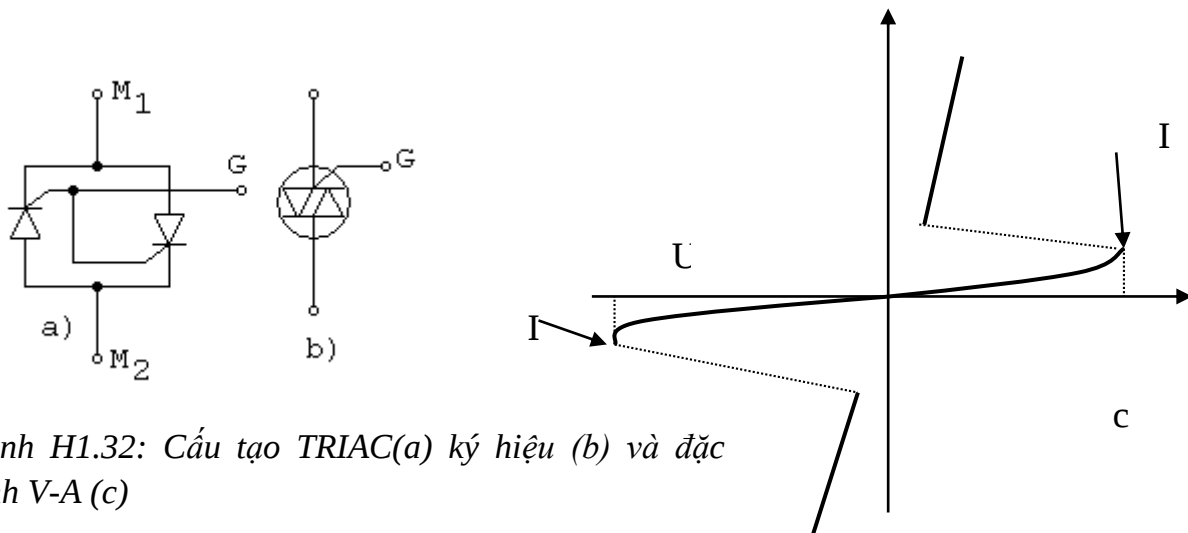
Hình H1.31: Một số SCR trên thực tế

1.7 TRIAC

1.7.1 Đặc điểm cấu tạo

TRIAC được cấu tạo bởi hai SCR mắc đối song (hình H1.32). 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 H1.32: 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.

1.7.2 Đặc tính V-A

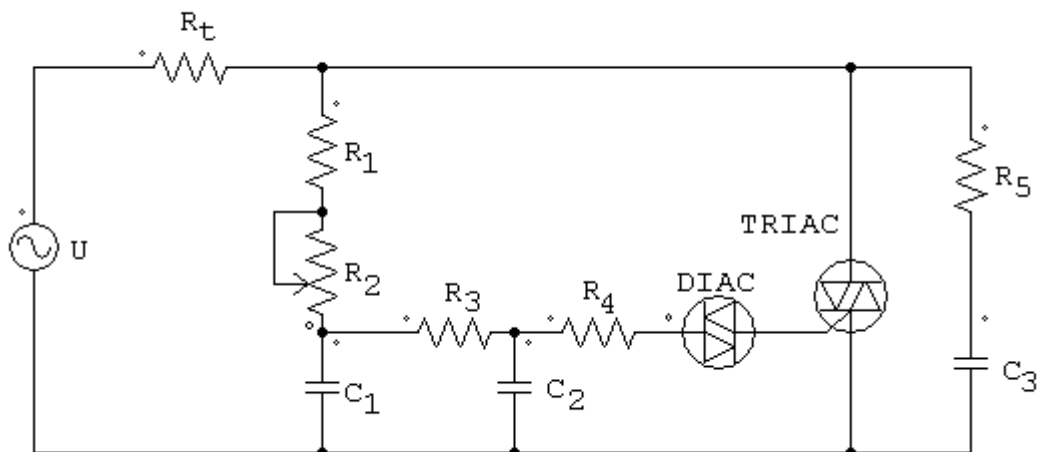
Đặc tính V-A của TRIAC tương tự như của SCR. Do khả năng dẫn điện theo cả hai chiều, đặc tính V-A của TRIAC có dạng đối xứng qua tâm góc tọa độ (hình H2.32c).

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

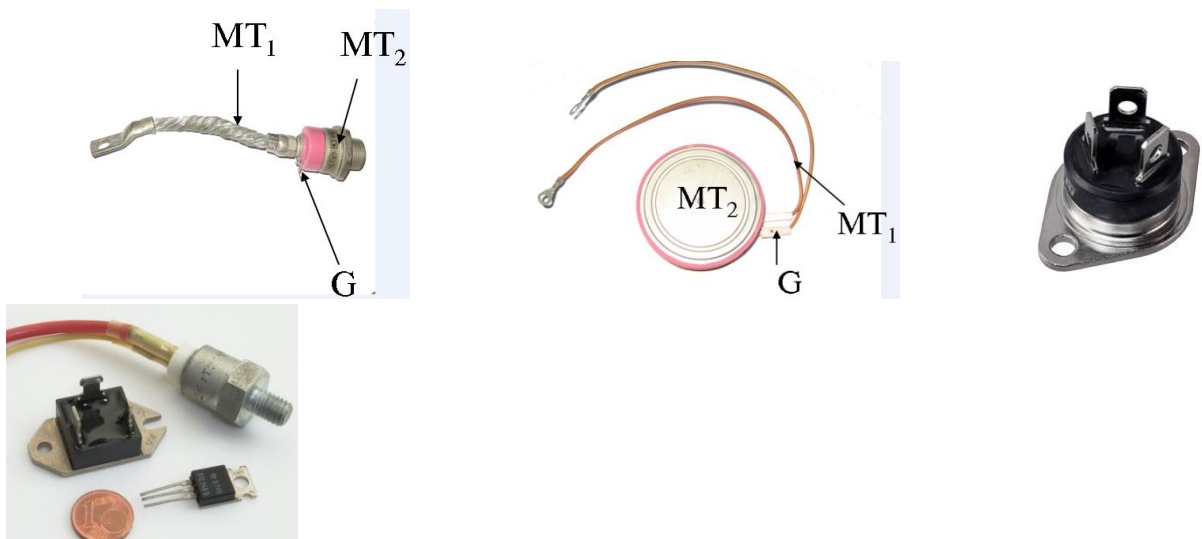
- $U_V > 0$:
 - c) $U_G > 0, I_G > 0$
 - d) $U_G < 0, I_G < 0$
- $U_{VR} < 0$:
 - c) $U_G > 0, I_G > 0$
 - d) $U_G < 0, I_G < 0$

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 H1.32a).

Mạch kích cho TRIAC như trên hình H1.33 và hình dáng của một số TRIAC trên thực tế như trên hình H1.34.



Hình H1.33: Một dạng mạch kích cho TRIAC

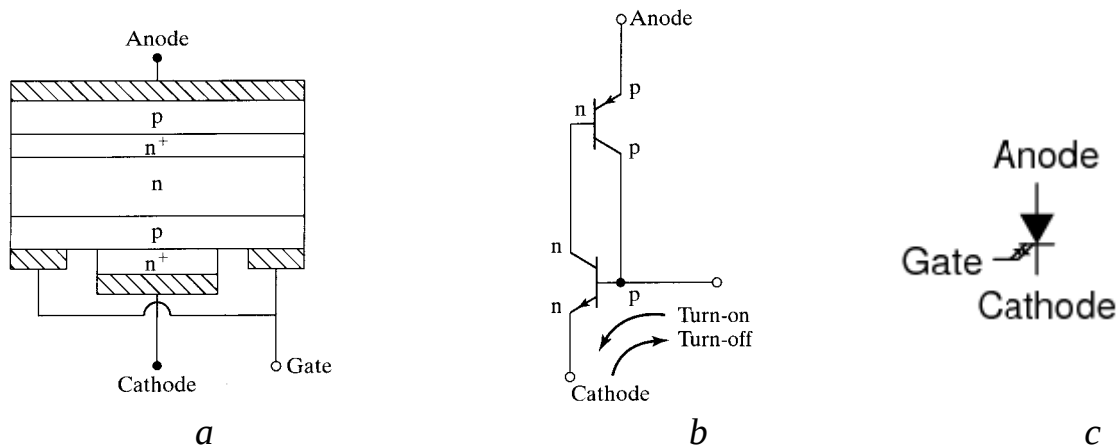


Hình H1.34: Một số hình dáng của TRIAC

1.8 GTO

❖ Đặc điểm cấu tạo :

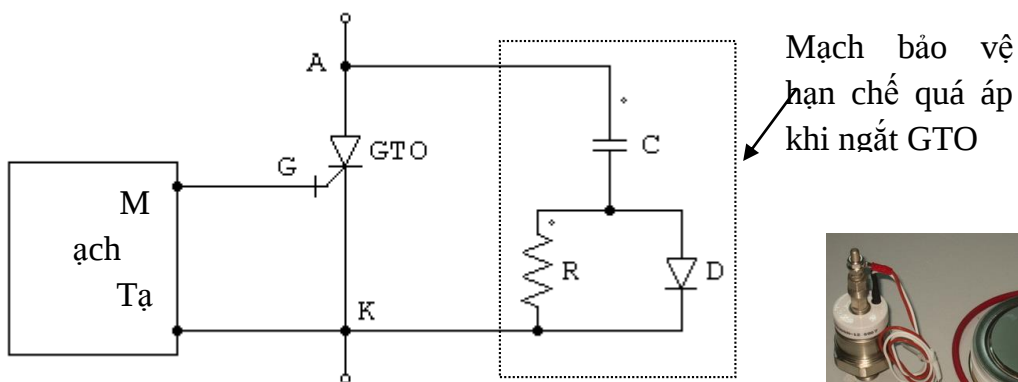
GTO có cấu tạo như trên hình H1.35a. Cũng giống như SCR, GTO được kích đóng bằng xung dòng điện đưa vào cổng G khi điện áp Anode -Cathode dương $U_{AK} > 0$. Tuy nhiên, GTO có khả năng điều khiển ngắt bằng xung dòng đưa vào cổng G có giá trị âm. Vì vậy, GTO thích hợp cho một số ứng dụng khi yêu cầu điều khiển cả hai quá trình đóng và ngắt khoá bán dẫn.



Hình H1.35: 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 H1.36. Tụ điện C có giá trị từ $2\mu F \div 6\mu F$.



Hình H1.36: Mạch bảo vệ GTO



Hình H1.37: Hình dáng thực tế

Hình dáng của một số GTO trên thực tế như trên hình H1.37.

Chương 2 : Bộ Chỉnh Lưu Không Điều Khiển

2.1 Các khái niệm cơ bản

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

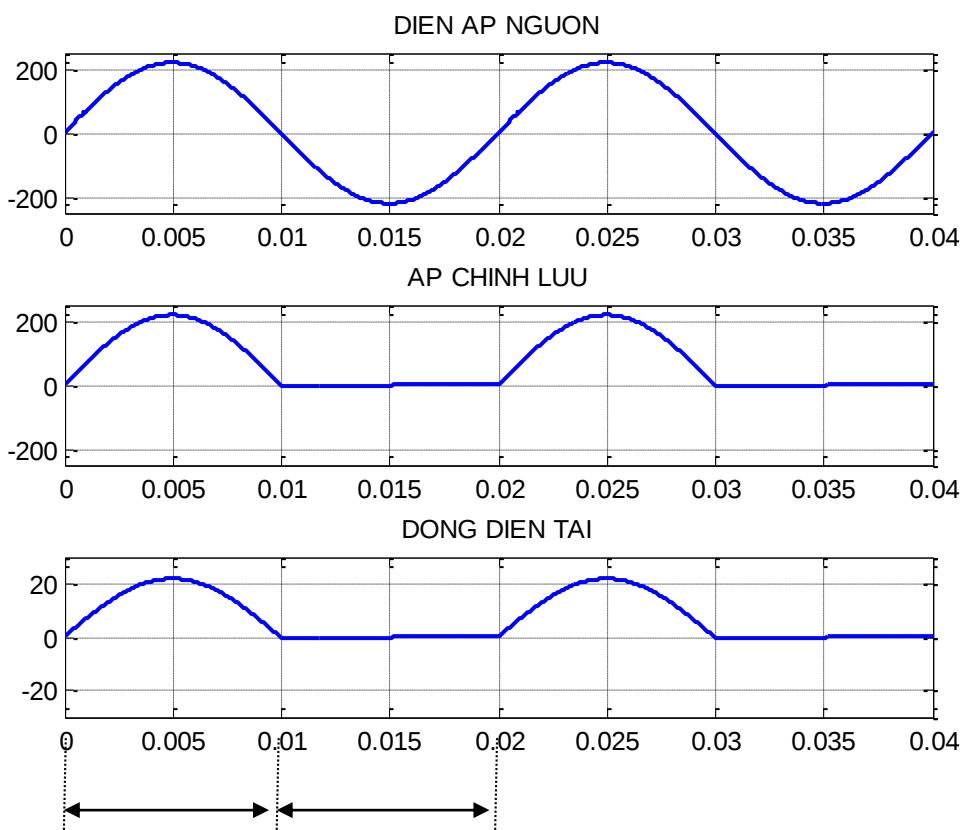
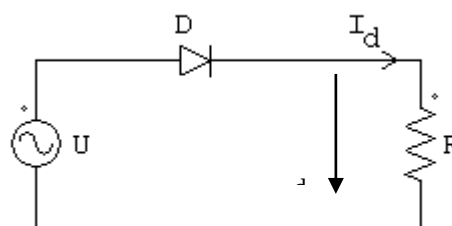
Ứng dụng: dùng làm nguồn điện một chiều cấp điện cho các thiết bị mạ, thiết bị hàn một chiều, cấp nguồn cho động cơ điện một chiều; dùng làm nguồn một chiều trong các bộ biến tần; dùng để biến đổi điện áp xoay chiều thành một chiều trong truyền tải điện một chiều (HVDC).....

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

2.2 Chỉnh lưu một pha không điều khiển

2.2.1 Chỉnh lưu nửa chu kỳ

Sơ đồ mạch chỉnh lưu như trên hình H2.1a. 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.



Giả sử nguồn điện áp xoay chiều có dạng $u(t) = U_m \sin(\omega t) = U_m \sin X$

Với: U_m : biên độ, $U_m = \sqrt{2}U$, U là giá trị hiệu dụng của điện áp pha.

$X = \omega t$: giá trị góc ứng với thời điểm t

ω : tần số góc.

Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi U_m \sin X dX = \frac{U_m}{2\pi} [-\cos X]_0^\pi = \frac{U_m}{\pi} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U \quad (2.1a)$$

Giá trị dòng điện tải:

$$I_d = \frac{U_d}{R} \quad (2.1b)$$

Dòng điện trung bình qua diode:

$$I_{lk} = I_d \quad (2.1c)$$

Điện áp ngược lớn nhất đặt lên diode bằng với biên độ của điện áp nguồn:

$$U_N = U_m = \sqrt{2}U \quad (2.1d)$$

Từ dạng sóng ngõ ra của bộ chỉnh lưu ta nhận thấy điện áp ngõ ra có độ gợn sóng lớn nên chỉ thích hợp cho các trường hợp tải công suất nhỏ và không yêu cầu cao về chất lượng điện áp.

Ví dụ 2.1: Cho sơ đồ chỉnh lưu bán kỳ như hình H2.1a với điện áp nguồn là $u(t) = 220\sqrt{2} \sin(314t)(V)$, tải $R = 10\Omega$. Hãy xác định giá trị trung bình của áp chỉnh lưu, dòng điện qua R , dòng điện qua diode và điện áp ngược xuất hiện trên diode.

Giải:

Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:

$$U_d = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U = \frac{\sqrt{2}}{\pi} .220 = 99,1V$$

Giá trị dòng điện tải:
$$I_d = \frac{U_d}{R} = \frac{99,1}{10} = 9,91A$$

Dòng điện trung bình qua diode:
$$I_{lk} = I_d = 9,91A$$

Điện áp ngược lớn nhất đặt lên diode:
$$U_N = \sqrt{2}U = 220\sqrt{2}(V)$$

2.2.2 Chỉnh lưu toàn kỳ dùng 2 Diode

Đây là mạch chỉnh lưu hình tia hai pha như trên hình H2.2a. 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 H2.2b.

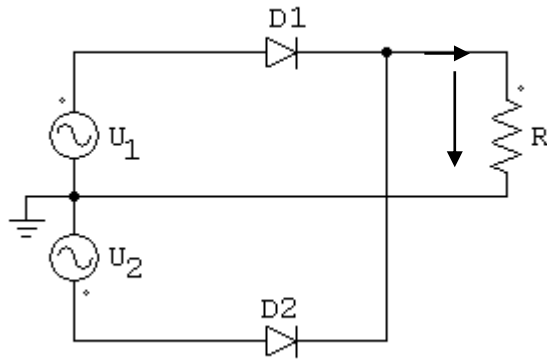
Trong nửa chu kỳ đầu, U_1 dương, U_2 âm nên D1 dẫn. Điện áp ở ngõ ra:

$$U_d = U_1$$

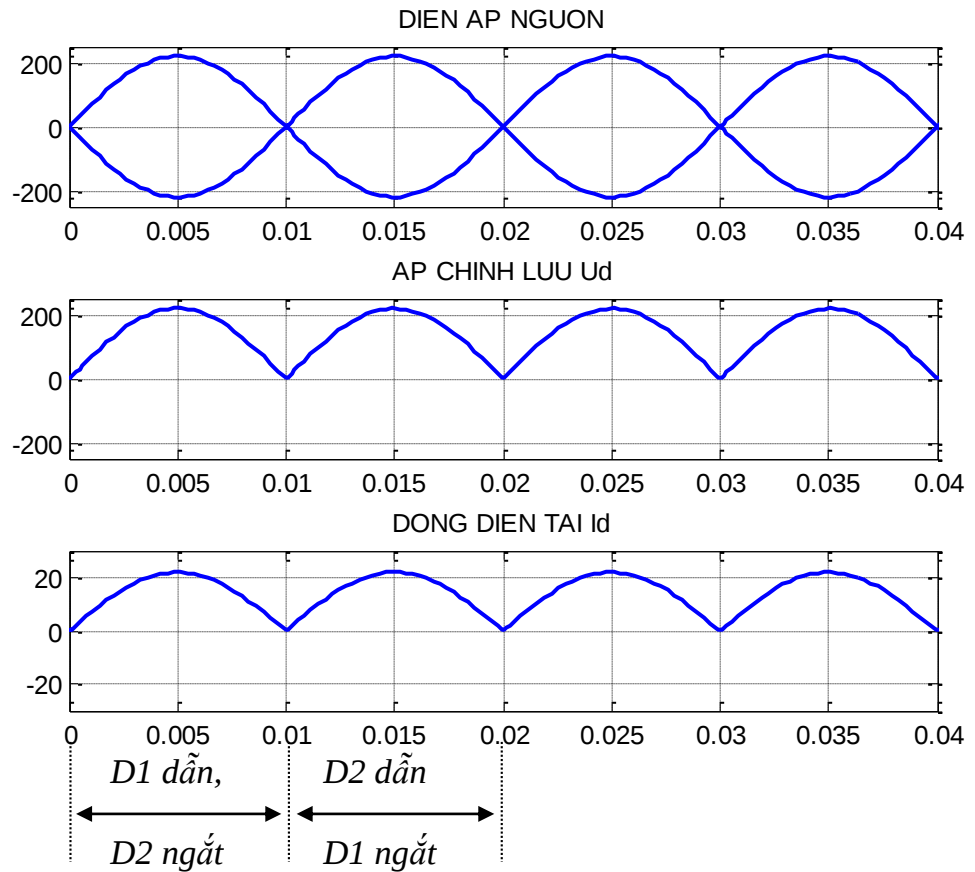
Ở nửa chu kỳ sau, U_1 âm, U_2 dương nên D2 dẫn. Điện áp ngõ ra:

$$U_d = U_2$$

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



Hình H2.2a: Sơ đồ mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ có điểm giữa



Hình H2.2b: Dạng sóng điện áp, dòng điện ở ngõ ra của bộ *chỉnh lưu*

Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u(t) dt = \frac{2}{2\pi} \int_0^{\pi} U_m \sin X dX = \frac{2U_m}{2\pi} [-\cos X]_0^{\pi} = \frac{2U_m}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U \quad (2.2a)$$

Dòng điện trung bình qua tải: $I_d = \frac{U_d}{R} \quad (2.2b)$

Do mỗi diode dẫn điện trong nửa chu kỳ nên dòng điện trung bình qua mỗi diode là:

$$I_{lk} = \frac{I_d}{2} \quad (2.2c)$$

Điện áp ngược lớn nhất đặt lên diode:

$$U_N = 2U_m = 2\sqrt{2}U \quad (2.2d)$$

Mạch chỉnh lưu này được sử dụng ở dải công suất lên đến vài KW, nó chỉ thích hợp với chỉnh lưu điện áp thấp.

Ví dụ 2.2: mạch chỉnh lưu tia hai pha như hình H2.2a. Nguồn xoay chiều có trị hiệu dụng $U_1 = U_2 = 30V$, tải $R = 5\Omega$. Hãy xác định trị trung bình của áp chỉnh lưu, dòng điện tải và công suất tiêu thụ trên tải.

Giải:

Trị trung bình của áp chỉnh lưu: $U_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot 30 = 27V$

Trị trung bình dòng điện tải: $I_d = \frac{U_d}{R} = \frac{27}{5} = 5,4A$

Công suất tiêu thụ của tải: $P = I_d^2 R = 5,4^2 \cdot 5 = 145,8W$

2.2.3 Chỉnh lưu toàn kỳ dùng cầu Diode

Bộ chỉnh lưu cầu một pha sử dụng 4 diode đấu thành 2 nhóm như trên hình H2.3a. 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 H2.3b.

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.

Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u(t) dt = \frac{2}{2\pi} \int_0^{\pi} U_m \sin X dX = \frac{2U_m}{2\pi} [-\cos X]_0^{\pi} = \frac{2U_m}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U \quad (2.3a)$$

Dòng điện trung bình qua tải:

$$I_d = \frac{U_d}{R} \quad (2.3b)$$

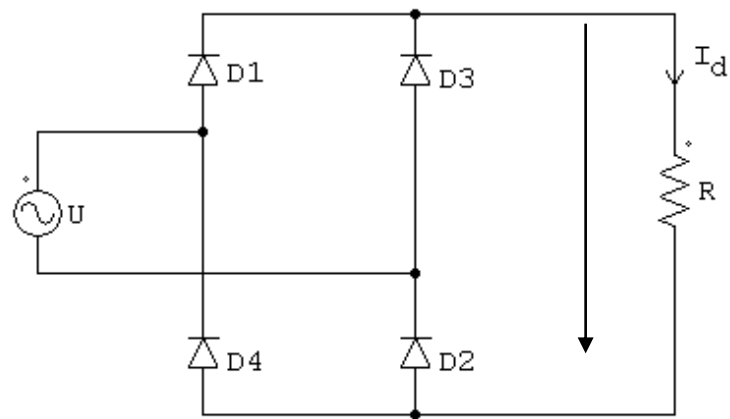
Do mỗi nhóm diode dẫn điện trong nửa chu kỳ nên dòng điện trung bình qua mỗi diode là:

$$I_{lk} = \frac{I_d}{2} \quad (2.3c)$$

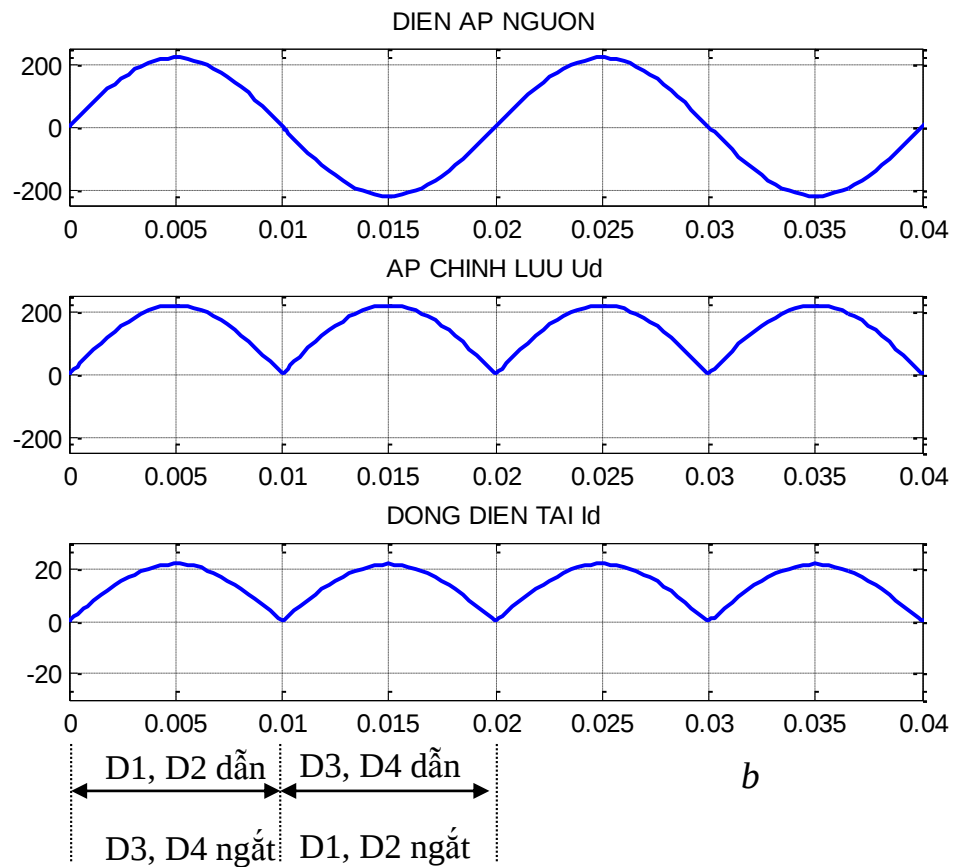
Điện áp ngược lớn nhất đặt lên diode:

$$U_N = U_m = \sqrt{2}U \quad (2.3d)$$

Chỉnh lưu cầu một pha được sử dụng khá phổ biến trên thực tế, nhất là với điện áp trên 10V, dòng điện tải có thể đạt đến vài trăm A.



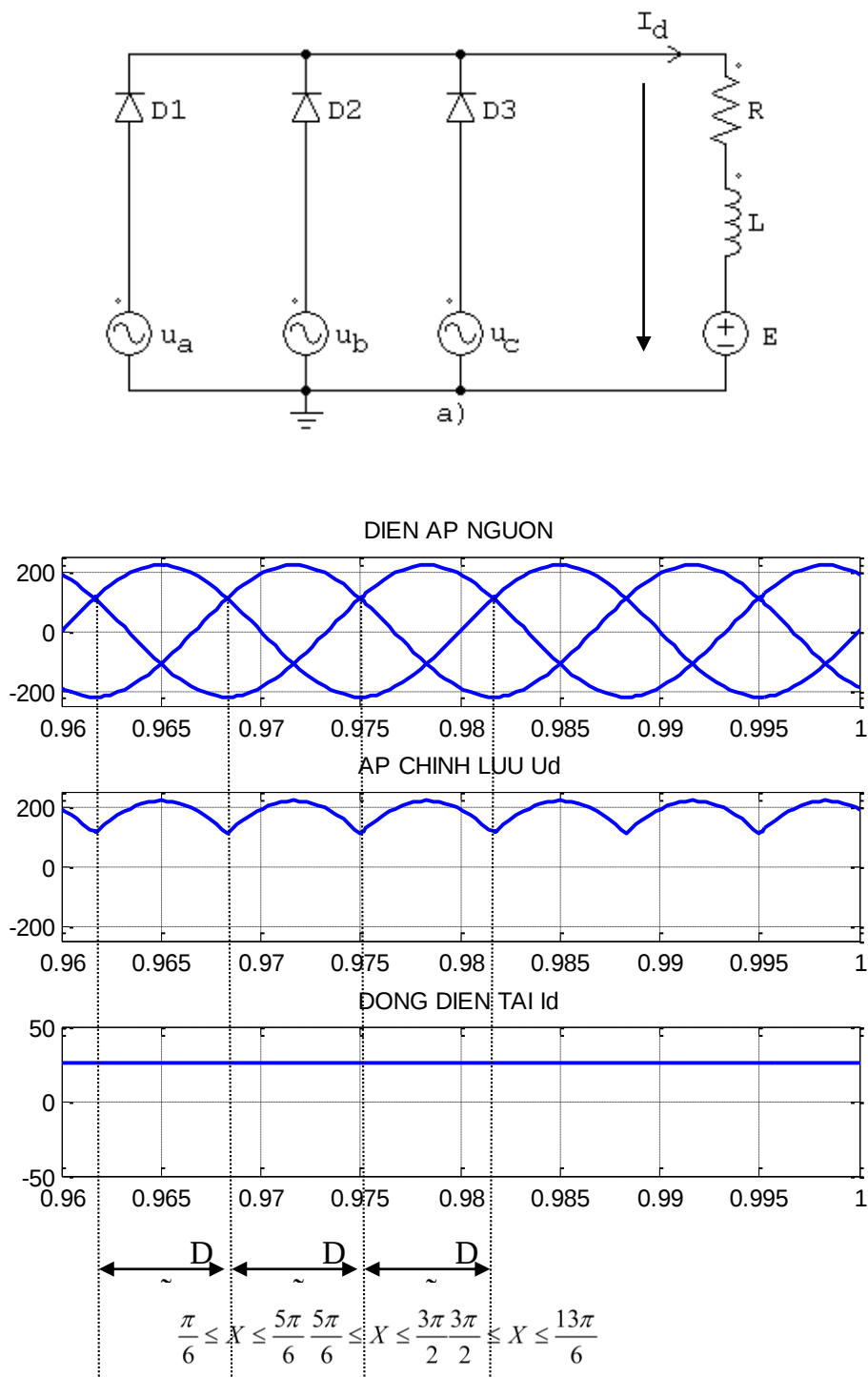
a)



Hình H2.3: Sơ đồ mạch chỉnh lưu cầu 1 pha và dạng sóng điện áp, dòng điện ngõ ra.

2.3 Mạch chỉnh lưu ba pha không điều khiển

2.3.1 Chỉnh lưu ba pha hình tia



Hình H2.4: Mạch chỉnh lưu hình tia và dạng sóng điện áp

Sơ đồ bộ chỉnh lưu như trên hình H2.4a. 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).

$$\begin{aligned}
u_a(t) &= U_m \sin X \\
u_b(t) &= U_m \sin(X - 120^\circ) \\
u_c(t) &= U_m \sin(X - 240^\circ)
\end{aligned}
\tag{2.4}$$

Qui tắc dẫn điện của các diode: diode nào mắc vào nguồn áp xoay chiều có giá trị tức thời lớn nhất trong các pha tại thời điểm đang xét thì diode đó sẽ dẫn điện, các diode còn lại không dẫn điện.

Trong khoảng thời gian $\frac{\pi}{6} \leq X \leq \frac{5\pi}{6}$: D1 dẫn, D2 và D3 ngắt, dòng điện dẫn qua mạch (u_a , D1, R, L, E); điện áp chỉnh lưu $U_d = u_a$.

Trong khoảng thời gian $\frac{5\pi}{6} \leq X \leq \frac{3\pi}{2}$: D2 dẫn, D1 và D3 ngắt, dòng điện dẫn qua mạch (u_b , D2, R, L, E); điện áp chỉnh lưu $U_d = u_b$.

Trong khoảng thời gian $\frac{3\pi}{2} \leq X \leq \frac{13\pi}{6}$: D3 dẫn, D1 và D2 ngắt, dòng điện dẫn qua mạch (u_c , D3, R, L, E); điện áp chỉnh lưu $U_d = u_c$.

Hệ quả:

Điện áp chỉnh lưu có ba xung, chu kỳ áp chỉnh lưu $T_p = \frac{1}{3}T$, với T là chu kỳ của điện áp nguồn.

Dòng tải liên tục, trị trung bình của áp chỉnh lưu:

$$U_d = \frac{1}{\frac{2\pi}{3}} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} U_m \sin X dX = \frac{3U_m}{2\pi} [-\cos X]_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} = \frac{3\sqrt{3}U_m}{2\pi} = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U
\tag{2.5a}$$

Với U là giá trị hiệu dụng của điện áp pha.

Trị trung bình dòng điện qua tải ở trạng thái xác lập:

$$I_d = \frac{U_d - E}{R}
\tag{2.5b}$$

Mỗi diode dẫn điện trong khoảng thời gian $\frac{1}{3}$ chu kỳ của điện áp nguồn. Do đó, trị trung bình dòng điện qua diode:

$$I_{lk} = \frac{I_d}{3}
\tag{2.5c}$$

Điện áp ngược lớn nhất đặt lên diode bằng biên độ của điện áp dây:

$$U_N = \sqrt{3}U_m = \sqrt{6}U
\tag{2.5d}$$

Ví dụ 2.4: cho bộ chỉnh lưu tia ba pha như trên hình H3.4a. Nguồn ba pha có điện áp dây $U_d = 380V$. Cho $R = 5\Omega$, $L = 120mH$, $E = 100V$. Hãy xác định trị trung bình của áp chỉnh lưu, dòng điện tải ở xác lập và dòng điện trung bình qua linh kiện.

Giải:

Trị trung bình của áp chỉnh lưu:
$$U_d = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot 220 = 257,4V$$

Dòng điện tải ở xác lập:
$$I_d = \frac{U_d - E}{R} = \frac{257,4 - 100}{5} = 31,5A$$

Dòng điện trung bình qua linh kiện:
$$I_{lk} = \frac{I_d}{3} = \frac{31,5}{3} = 10,5A$$

2.3.2 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 H2.5a. Nhóm linh kiện ở trên gọi là nhóm linh kiện lẻ, nhóm linh kiện ở dưới gọi là nhóm linh kiện chẵn.

Qui luật dẫn điện của các linh kiện:

Đối với các linh kiện thuộc nhóm trên: linh kiện nào mắc vào nguồn có giá trị tức thời của điện áp lớn nhất thì linh kiện đó dẫn, các linh kiện còn lại không dẫn.

Đối với các linh kiện thuộc nhóm dưới: linh kiện nào mắc vào nguồn có giá trị tức thời của điện áp bé nhất thì linh kiện đó dẫn, các linh kiện còn lại không dẫn.

Từ qui tắc đóng ngắt của các linh kiện ở trên, ta có thể vẽ được dạng sóng điện áp ngõ ra như trên hình H2.5b. Các khoản dẫn của các linh kiện là $(\theta_1, \dots, \theta_6)$, sau đó lặp lại tuần hoàn. Mỗi khoản dẫn có một linh kiện ở nhóm trên và một linh kiện ở nhóm dưới cùng dẫn (như chú thích trên hình H2.5b).

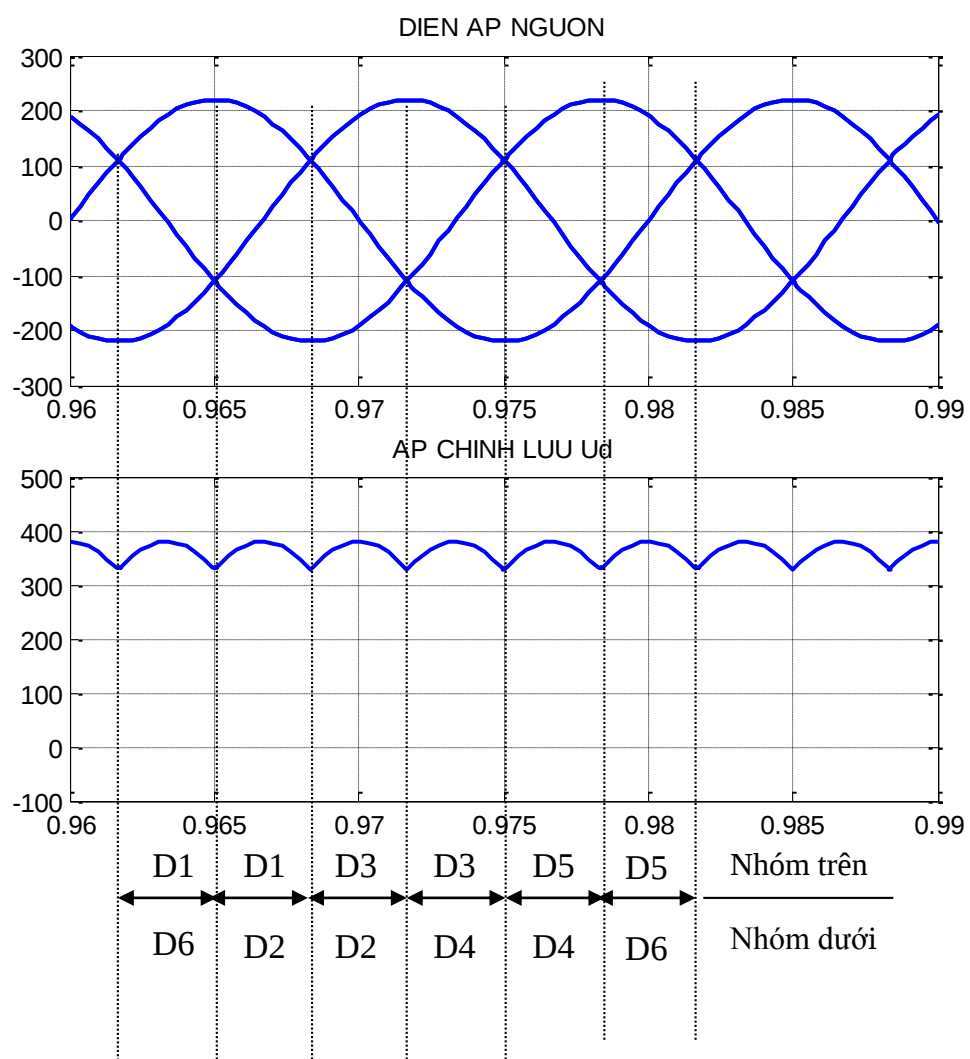
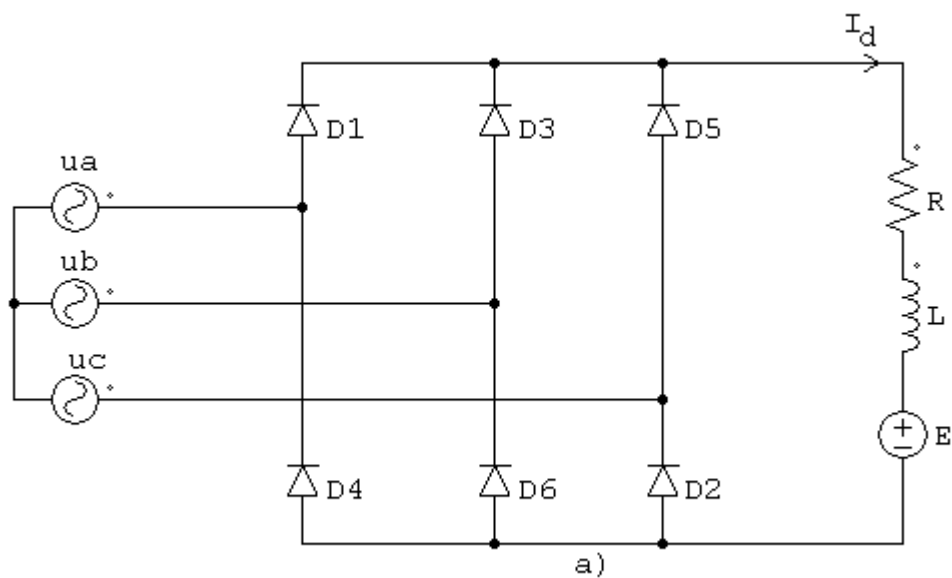
Giá trị của các khoản dẫn như sau:

Trong khoản $\frac{\pi}{6} \leq \theta_1 \leq \frac{\pi}{2}$ (hay $30^\circ \leq \theta_1 \leq 90^\circ$): diode D1 và D6 dẫn (sơ đồ tương đương như trên hình H2.6), dòng điện chạy qua mạch (u_a , D1, R, L, E, D6, u_b). Điện áp chỉnh lưu $U_d = u_a - u_b = u_{ab}$.

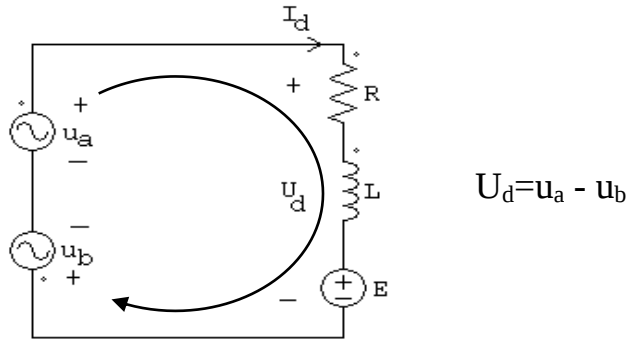
Tương tự, ta có thể phân tích quá trình dẫn điện của các linh kiện trong các khoảng dẫn còn lại (2.6).

$$\begin{aligned} \frac{\pi}{2} \leq \theta_2 \leq \frac{5\pi}{6} & \quad (90^\circ \leq \theta_2 \leq 150^\circ) \\ \frac{5\pi}{6} \leq \theta_3 \leq \frac{7\pi}{6} & \quad (150^\circ \leq \theta_3 \leq 210^\circ) \\ \frac{7\pi}{6} \leq \theta_4 \leq \frac{3\pi}{2} & \quad (210^\circ \leq \theta_4 \leq 270^\circ) \\ \frac{3\pi}{2} \leq \theta_5 \leq \frac{11\pi}{6} & \quad (270^\circ \leq \theta_5 \leq 330^\circ) \\ \frac{11\pi}{6} \leq \theta_6 \leq \frac{13\pi}{6} & \quad (330^\circ \leq \theta_6 \leq 390^\circ) \end{aligned} \quad (2.6)$$

Từ việc phân tích ở trên ta nhận thấy: điện áp chỉnh lưu là điện áp dây trong các khoản thời gian dẫn điện của các linh kiện (như trên hình H2.5b).



Hình H2.5: Mạch chỉnh lưu cầu và dạng sóng điện áp ở ngõ ra



Hình 2.6: Sơ đồ tương đương khi D1 và D6 dẫn

Hệ quả:

Điện áp chỉnh lưu có sáu xung, chu kỳ áp chỉnh lưu $T_p = \frac{1}{6}T$, với T là chu kỳ của điện áp nguồn.

Dòng tải liên tục, trị trung bình của áp chỉnh lưu:

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{6} + \frac{2\pi}{3}} U_m \sin X dX = \frac{3U_m}{\pi} [-\cos X]_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} = \frac{3\sqrt{3}U_m}{\pi} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U \quad (2.7a)$$

Với U là giá trị hiệu dụng của điện áp pha.

Trị trung bình dòng điện qua tải ở trạng thái xác lập:

$$I_d = \frac{U_d - E}{R} \quad (2.7b)$$

Mỗi diode dẫn điện trong khoảng thời gian $\frac{1}{3}$ chu kỳ của điện áp nguồn. Do đó, trị trung bình dòng điện qua diode:

$$I_{lk} = \frac{I_d}{3} \quad (2.7c)$$

Điện áp ngược lớn nhất đặt lên diode bằng biên độ của điện áp dây:

$$U_N = \sqrt{3}U_m = \sqrt{6}U \quad (2.7d)$$

Ví dụ 2.5: cho mạch chỉnh lưu cầu ba pha như trên hình H3.5a. nguồn ba pha có trị hiệu dụng điện áp dây $U_d = 220V$. Cho $R = 10\Omega$, L có giá trị rất lớn để dòng tải liên tục, $E = 0$. Hãy xác định trị trung bình áp chỉnh lưu, dòng điện tải ở xác lập, công suất tiêu thụ của tải và điện áp ngược lớn nhất đặt lên linh kiện.

Giải:

Trị trung bình áp chỉnh lưu: $U_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} .127 = 297,2V$

Dòng điện tải ở xác lập: $I_d = \frac{U_d - E}{R} = \frac{297,2}{10} = 29,72A$

Công suất tiêu thụ của tải: $P_t = U_d . I_d = 297,2 . 29,72 = 8832,8W$

Điện áp ngược lớn nhất đặt lên linh kiện: $U_N = \sqrt{6}U = \sqrt{6} . 127 = 311V$

Chương 3: Bộ Chỉnh Lưu Có Điều Khiển

3.1 Tổng quan về mạch điều khiển

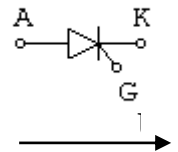
Diode là linh kiện tự dẫn điện (khi $U_{AK} > 0$) nên điện áp chỉnh lưu (điện áp một chiều) có giá trị không đổi. Đối với một số loại tải có yêu cầu về thay đổi điện áp (ví dụ như điều chỉnh tốc độ động cơ) thì bộ chỉnh lưu dùng diode không đáp ứng được. Do đó, người ta thay diode bằng thyristor (hay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



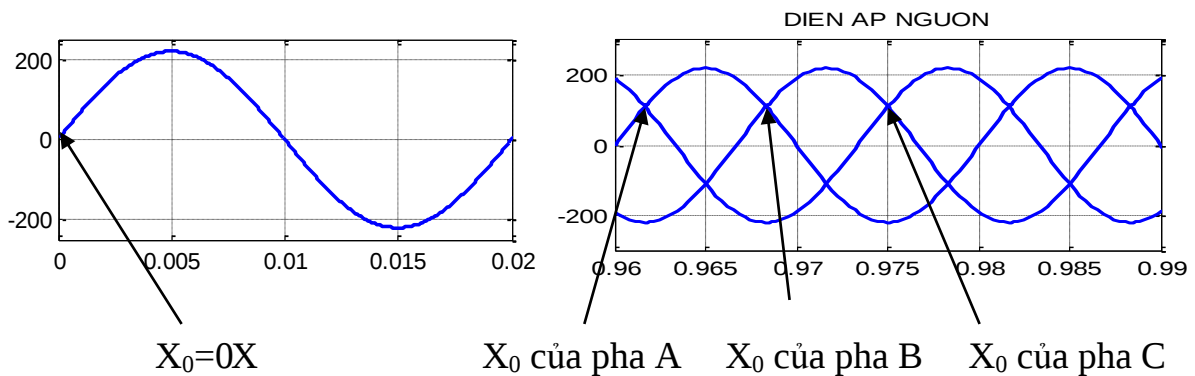
Góc điều khiển (hay còn gọi là góc kích, ký hiệu là α): là góc tính từ thời điểm mở tự nhiên đến thời điểm có xung kích đưa vào cực G của SCR.

Thời điểm mở tự nhiên là thời điểm mà ở đó diode bắt đầu dẫn điện.

Gọi X_0 là thời điểm mở tự nhiên. Ta có:

+ Đối với chỉnh lưu 1 pha: $X_0 = 0$ (hình H3.1a)

+ Đối với chỉnh lưu ba pha: $X_0 = \frac{\pi}{6}$ hay $X_0 = 30^\circ$ (hình H3.7b)



Hình H3.1: Vị trí X_0 của diode

Gọi X_α là vị trí đưa xung kích vào cực G của SCR.

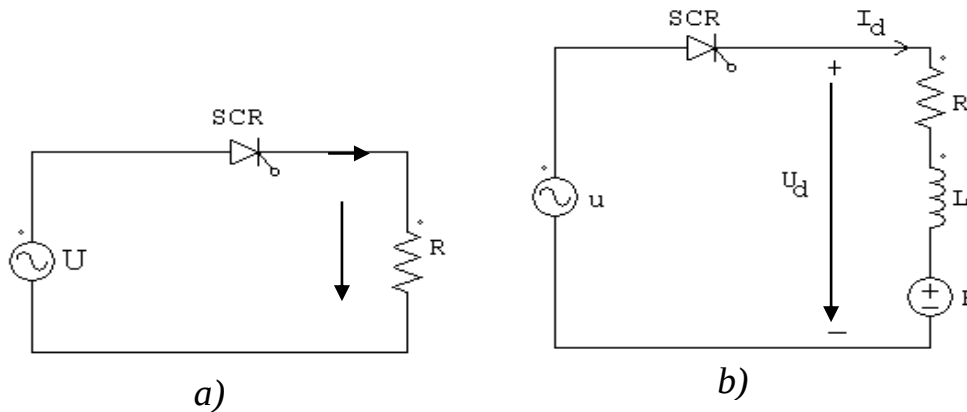
Ta xác định được góc kích α như sau:

$$\alpha = X_\alpha - X_0 \quad (3.1)$$

3.2 Chỉnh lưu một pha có điều khiển

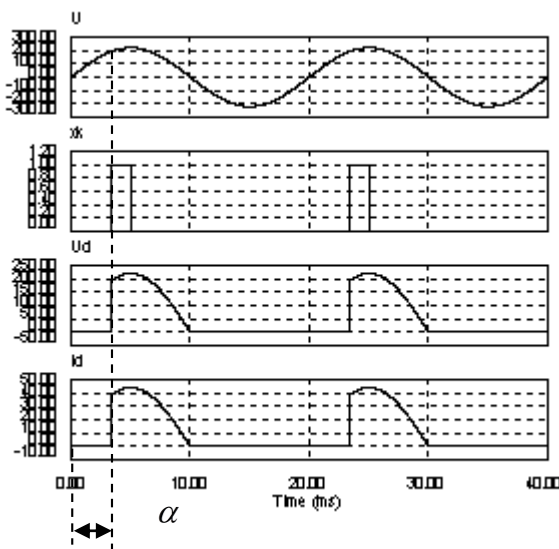
3.2.1 Chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển

Sơ đồ mạch chỉnh lưu điều khiển bán kỳ một pha tải thuần trở như trên hình H3.1a và với tải R – L – E như trên hình H3.1b. Tải một chiều R – L – E thường là động cơ điện một chiều.

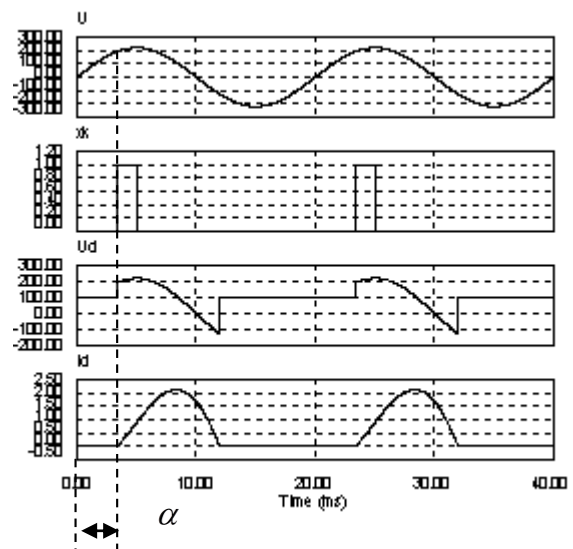


Hình H3.2: Sơ đồ chỉnh lưu bán kỳ một pha có điều khiển

Đồ thị dạng sóng ở ngõ ra của bộ chỉnh lưu như trên hình H3.2.



Hình H3.2a: Dạng sóng ứng với hình 3.2a



Hình H3.2b: Dạng sóng ứng với hình H3.2b

Điện áp chỉnh lưu có một xung, chu kỳ áp chỉnh lưu bằng với chu kỳ của nguồn áp xoay chiều. Ở hình H3.2a, do tải thuần trở nên khi điện áp nguồn U bằng không thì điện áp chỉnh lưu U_d bằng không và dòng điện qua tải I_d cũng bằng không.

Ngược lại, hình H3.2b, do tải có khả năng lưu trữ năng lượng (tải R-L-E) nên khi điện áp nguồn bằng không, linh kiện không ngắt mà tiếp tục dẫn do dòng điện tải $I_d > 0$. Khi $I_d = 0$ thì linh kiện ngưng dẫn và điện áp chỉnh lưu $U_d = E$.

Trong hai trường hợp trên, dòng điện tải luôn có đoạn bằng không nên được gọi là dòng tải gián đoạn.

Giả sử điện áp nguồn xoay chiều có dạng: $u(t) = U_m \sin(\omega t)$

Trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:

$$U_{d\alpha} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_d(\theta) d\theta = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} U_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{U_m}{\pi} [-\cos(\omega t)]_{\alpha}^{\pi} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right) \quad (3.2)$$

Với: U là trị hiệu dụng của điện áp nguồn.

α là góc kích.

SCR dẫn điện trong khoảng thời gian nửa chu kỳ điện áp nguồn. Do đó, trị trung bình dòng điện qua linh kiện:

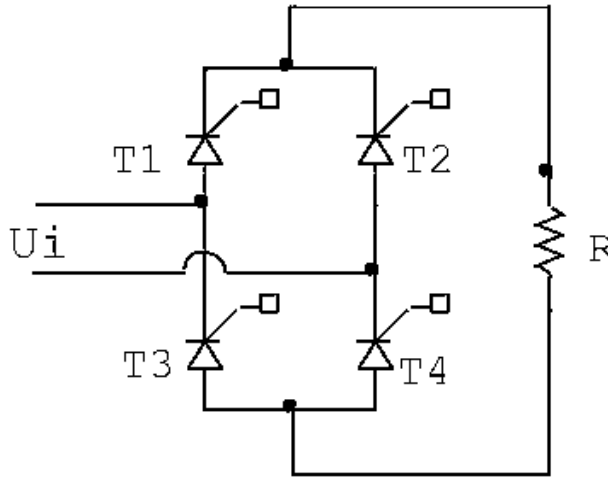
$$I_{SCR} = \frac{I_d}{2} \quad (3.3)$$

Điện áp ngược lớn nhất đặt lên linh kiện:

$$U_{n-\max} = U_m \quad (3.4)$$

Phạm vi góc điều khiển: $0 \leq \alpha \leq 180^\circ$

3.2.2 Chỉnh lưu toàn kỳ có điều khiển



Hình 3.3: Sơ đồ chỉnh lưu cầu dùng SCR

Dạng điện áp ra cũng giống trường hợp chỉnh lưu hình tia nhưng biên độ gấp đôi.

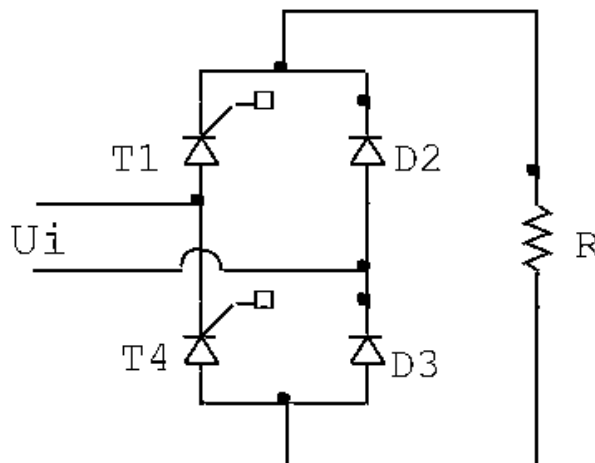
Điện áp trung bình tải ra: $U_{th} = 0.9U_{in} \frac{1+\cos\alpha}{2}$ (3.5)

Ngoài sơ đồ chỉnh lưu cầu như ở trên, còn có các mạch chỉnh lưu gọi là không đối xứng với việc thay hai SCR bằng hai diod.

Giá trị điện áp trung bình trong chỉnh lưu không đối xứng cũng như trường hợp đối xứng đối

$$U_{TB} = 0.9U_{in} \frac{1+\cos\alpha}{2} \quad (3.6)$$

Tuy nhiên mạch điều khiển đơn giản, dễ sử dụng và giá thành hạ.

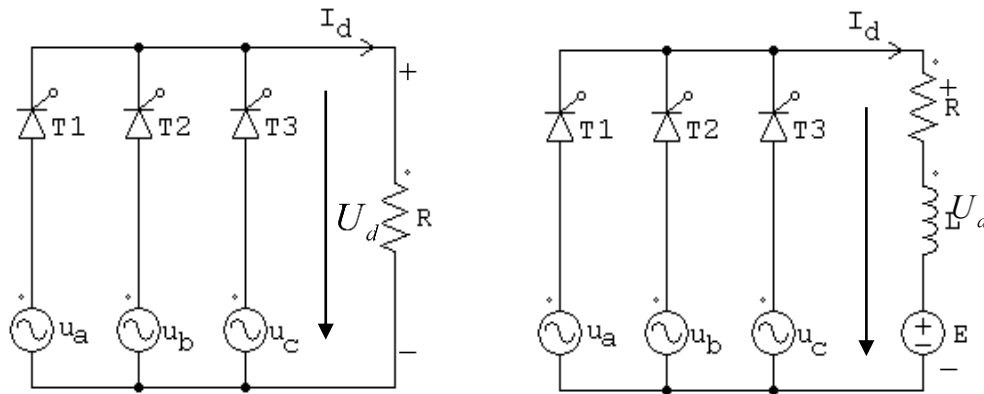


Hình 3.4: Mạch chỉnh lưu cầu không đối xứng

3.3 Chỉnh lưu ba pha có điều khiển

3.3.1 Chỉnh lưu ba pha hình tia có điều khiển

Ta xét tải của bộ chỉnh lưu là tải thuần trở (hình H3.5a) và tải R-L-E (hình H3.5b).

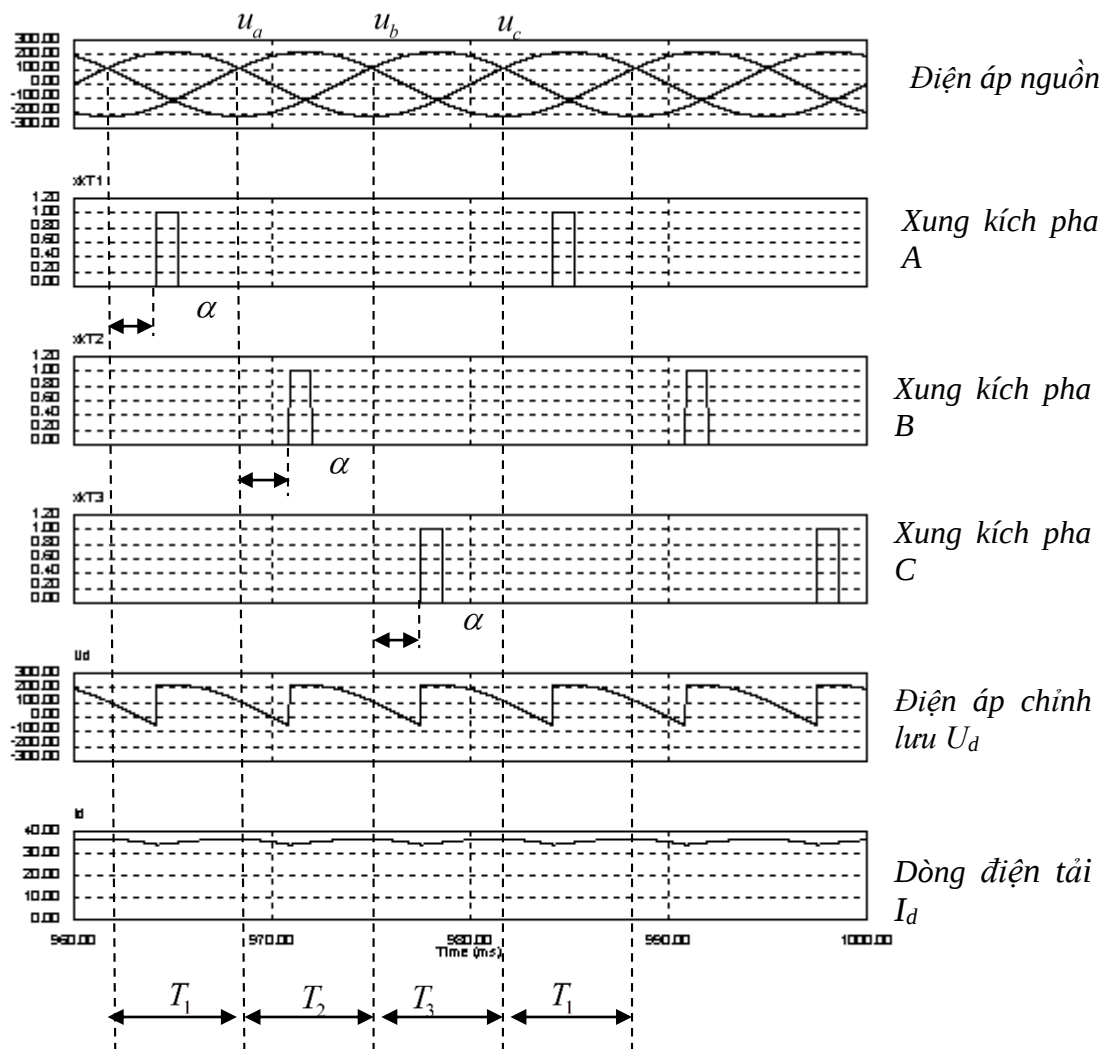


Hình H3.5: Sơ đồ chỉnh lưu tia ba pha

Giả sử dòng tải liên tục. Do đó, tại mỗi thời điểm, dòng điện tải sẽ kép kín qua một nhánh chứa nguồn và SCR dẫn điện.

Do tính chất đối xứng của nguồn nên các SCR sẽ được kích đóng đối xứng theo trật tự $T_1, T_2, T_3, T_1, \dots$. Giản đồ xung kích đóng, dạng sóng điện áp và dòng điện chỉnh lưu như trên hình H3.11. Khi linh kiện nào dẫn điện thì điện áp ngõ ra của bộ chỉnh lưu bằng với điện áp của nguồn nối với linh kiện đó.

Khi T_1 dẫn, dòng điện tải khép kín qua mạch (u_a, T_1, RLE) , T_2 và T_3 ngắt. Ta có thể rút ra qui tắc dẫn của các linh kiện như sau: *điện áp pha nào lớn nhất thì linh kiện nằm trên pha đó sẽ dẫn điện (nếu có xung kích)*.



Hình H3.6: Giải đồ xung kích và dạng sóng ngõ ra của bộ chỉnh lưu

Các hệ quả khi dòng tải liên tục:

Điện áp tải chỉ phụ thuộc vào điện áp nguồn và góc điều khiển α . Điện áp tải có ba xung trong một chu kỳ của điện áp nguồn. Chu kỳ điện áp tải $T_p = \frac{T}{3}$ (với T là chu kỳ điện áp nguồn).

Trị trung bình điện áp chỉnh lưu:

$$U_{da} = \frac{1}{\frac{3}{2\pi}} \int_{\alpha+\frac{\pi}{6}}^{\alpha+\frac{5\pi}{6}} U_m \sin X dX = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} U_m \cos \alpha = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U \cos \alpha \quad (3.7)$$

Khi mạch ở chế độ xác lập, dòng điện qua tải:

$$I_d = \frac{U_d - E}{R} \quad (3.8)$$

Phạm vi góc điều khiển: do điện áp khóa trên SCR chỉ tồn tại trong khoảng $0 < \alpha < \pi$ nên phạm vi góc điều khiển là $(0, \pi)$. Từ đó, điện áp chỉnh lưu trung bình U_d sẽ có độ lớn nằm trong khoảng :

$$-\frac{3\sqrt{6}}{2\pi}U < U_d < \frac{3\sqrt{6}}{2\pi}U \quad (3.9)$$

Khi điện áp trên tải có trị trung bình dương có nghĩa là tải nhận năng lượng từ nguồn và bộ chỉnh lưu làm việc ở chế độ chỉnh lưu. Khi điện áp trên tải có trị trung bình âm, do dòng tải chỉ dương nên tải phát ra năng lượng và ta gọi bộ chỉnh lưu làm việc ở chế độ nghịch lưu.

Mỗi SCR dẫn điện trong $\frac{1}{3}$ chu kỳ áp nguồn, do đó trị trung bình qua nó:

$$I_{SCR} = \frac{I_d}{3} \quad (3.10)$$

Điện áp khóa và điện áp ngược lớn nhất đặt lên thyristor:

$$U_{K-\max} = U_{n-\max} = \sqrt{6}U \quad (3.11)$$

Ghi chú: đối với tải thuần trở, dòng điện tải chỉ liên tục trong phạm vi góc kích $\alpha < 30^\circ$. Khi $\alpha \geq 30^\circ$ thì điện áp có đoạn bằng không nên dòng tải bị gián đoạn và trị trung bình điện áp chỉnh lưu trong trường hợp này là:

$$U_{da} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha+\frac{\pi}{6}}^{\pi} U_d(\theta) d\theta = \frac{3}{2\pi} \int_{\alpha+\frac{\pi}{6}}^{\pi} \sqrt{2}U \sin(\theta) d\theta = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U \frac{1+\cos(\alpha+\frac{\pi}{6})}{\sqrt{3}} \quad (3.12)$$

Ví dụ 1: Bộ chỉnh lưu tia ba pha điều khiển mắc vào tải chứa $R = 10\Omega$, $E=50V$ và L rất lớn làm cho dòng tải liên tục và phẳng. Áp nguồn xoay chiều ba pha có trị hiệu dụng $U = 220V$. Mạch ở trạng thái xác lập.

a. Tính trị trung bình điện áp chỉnh lưu và dòng chỉnh lưu khi góc điều khiển $\alpha = \frac{\pi}{3} (rad)$.

b. Tính công suất trung bình của tải

c. Tính trị trung bình dòng qua mỗi linh kiện

Giải:

a. Dòng tải liên tục nên ta có:

$$U_d = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U \cdot \cos \alpha = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot 220 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3}\right) = 128,7V$$

Mạch ở chế độ xác lập, trị trung bình dòng điện tải:

$$I_d = \frac{U_d - E}{R} = \frac{128,7 - 50}{10} = 7,9A$$

b. Công suất trung bình trên tải:

$$P_d = U_d I_d = 128,7 \cdot 7,9 = 1016,7W$$

c. Trị trung bình dòng điện qua linh kiện:

$$I_{SCR} = \frac{I_d}{3} = \frac{7,9}{3} = 2,6A$$

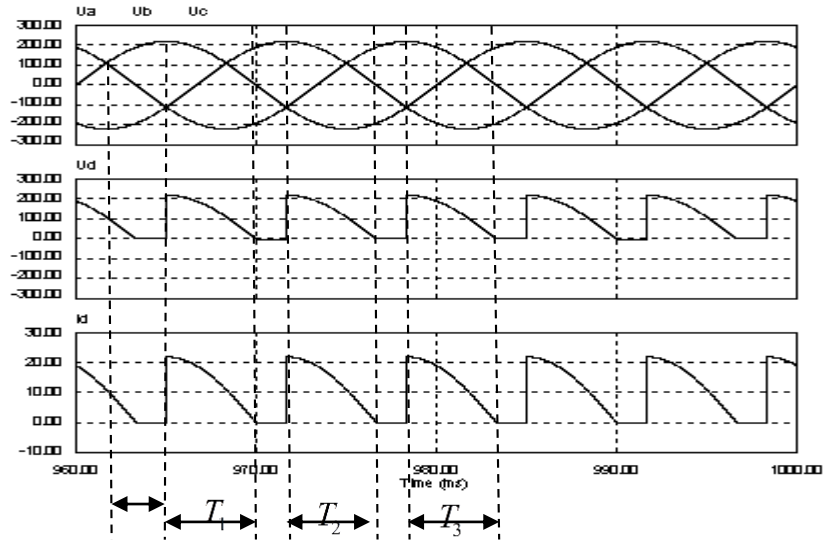
Ví dụ 2: Cho bộ chỉnh lưu tia ba pha với tải $R = 10\Omega$, $E = 0$, $L = 0$. Nguồn áp ba pha có trị hiệu dụng điện áp pha $U = 220V$. Cho góc điều khiển $\alpha = 60^\circ$.

a. Vẽ dạng sóng điện áp chỉnh lưu và dòng điện tải. Nhận xét về dòng điện tải.

b. Tính trị trung bình áp chỉnh lưu, dòng điện tải và công suất trung bình trên tải.

Giải:

a. Dạng sóng áp chỉnh lưu và dòng điện tải như trên hình H3.7.



Hình H3.7

Nhận xét: dòng điện tải bị gián đoạn.

a. Trị trung bình điện áp tải:

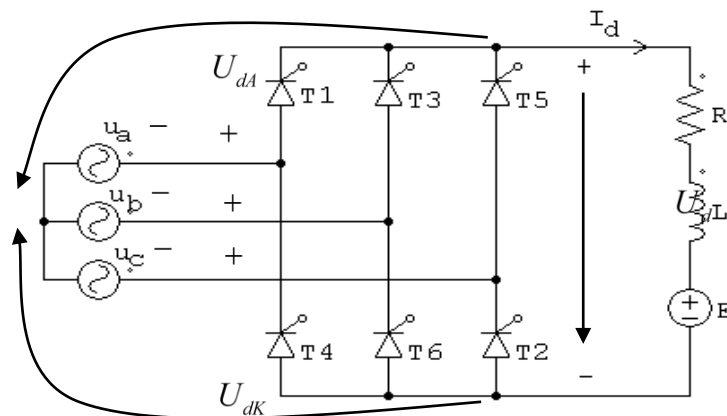
$$U_d = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U \cdot \frac{1 + \cos(\alpha + \frac{\pi}{6})}{\sqrt{3}} = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot 220 \cdot \frac{1 + \cos(\frac{\pi}{2})}{\sqrt{3}} = 148,6V$$

b. Trị trung bình dòng điện tải:

$$I_d = \frac{U_d}{R} = \frac{148,6}{10} = 14,86A$$

Công suất trung bình trên tải: $P_d = U_d I_d = 148,6 \cdot 14,86 = 2208,2W$

3.3.2 Chỉnh lưu ba pha hình cầu có điều khiển

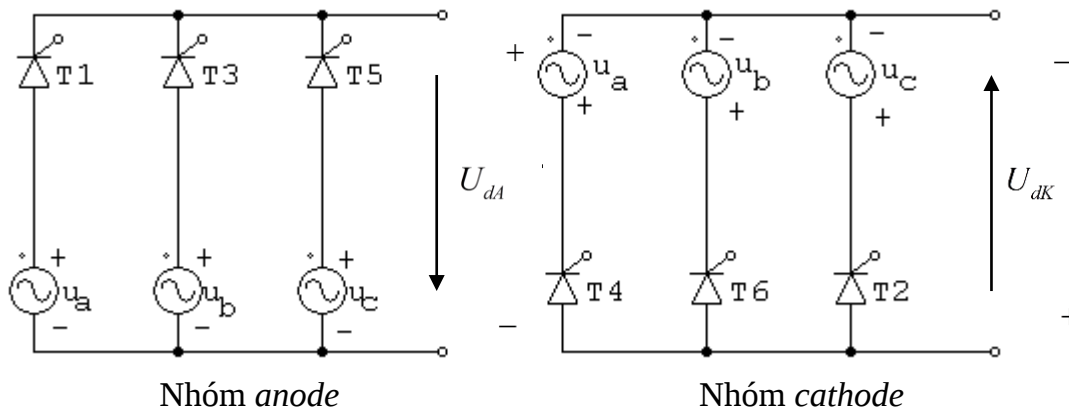


Hình H3.8

Nguồn xoay chiều ba pha lý tưởng mắc vào bộ chỉnh lưu cầu gồm 6 SCR như hình H3.8. Các điện áp U_{dA} và U_{dK} là điện áp từ điểm nút chung của các nhóm linh kiện (nhóm Anode và nhóm Cathode) đến điểm trung tính của nguồn áp ba pha.

Giả sử dòng điện qua tải liên tục. Theo định luật Kirchhoff 2 ta có:

$$U_d = U_{dA} - U_{dK} \quad (3.13)$$



Hình H3.9

Ta phân tích mạch chỉnh lưu hình H3.8 thành tổng của hai nhóm mạch chỉnh lưu tia như hình H3.9. Thứ tự dẫn điện của các linh kiện cũng giống như mạch chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển $(T_1, T_6) \rightarrow (T_1, T_2) \rightarrow (T_3, T_2) \rightarrow (T_3, T_4) \rightarrow (T_5, T_4) \rightarrow (T_5, T_6)$.

Xét nhóm anode: giả sử T_1 đóng, T_3 và T_5 ngắt. Ta có:

$$U_{dA} = u_a$$

Xét nhóm cathode: giả sử T_6 đóng, T_2 và T_4 ngắt. Ta có:

$$U_{dK} = u_b$$

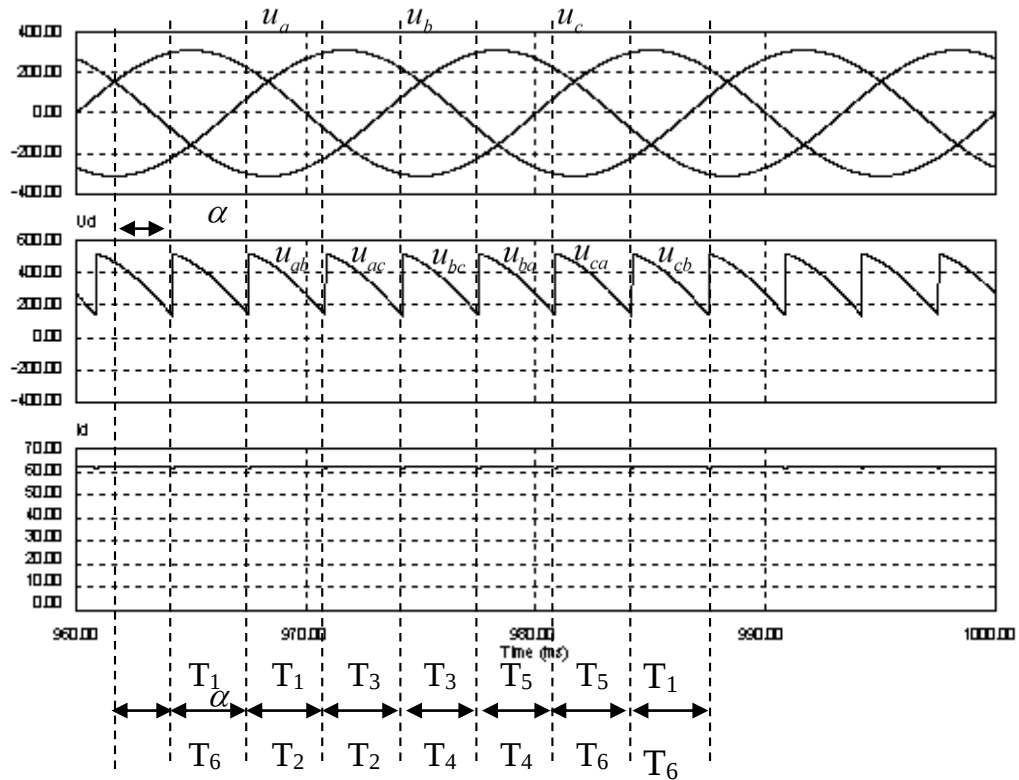
Điện áp ở ngõ ra của bộ chỉnh lưu khi T_1 và T_6 dẫn:

$$U_d = U_{dA} - U_{dK} = u_a - u_b = u_{ab} \quad (3.14)$$

Tương tự đối với các cặp linh kiện dẫn điện còn lại:

- $(T_1, T_2): U_d = u_a - u_c = u_{ac}$
- $(T_3, T_2): U_d = u_b - u_c = u_{bc}$
- $(T_3, T_4): U_d = u_b - u_a = u_{ba}$
- $(T_5, T_4): U_d = u_c - u_a = u_{ca}$
- $(T_5, T_6): U_d = u_c - u_b = u_{cb}$

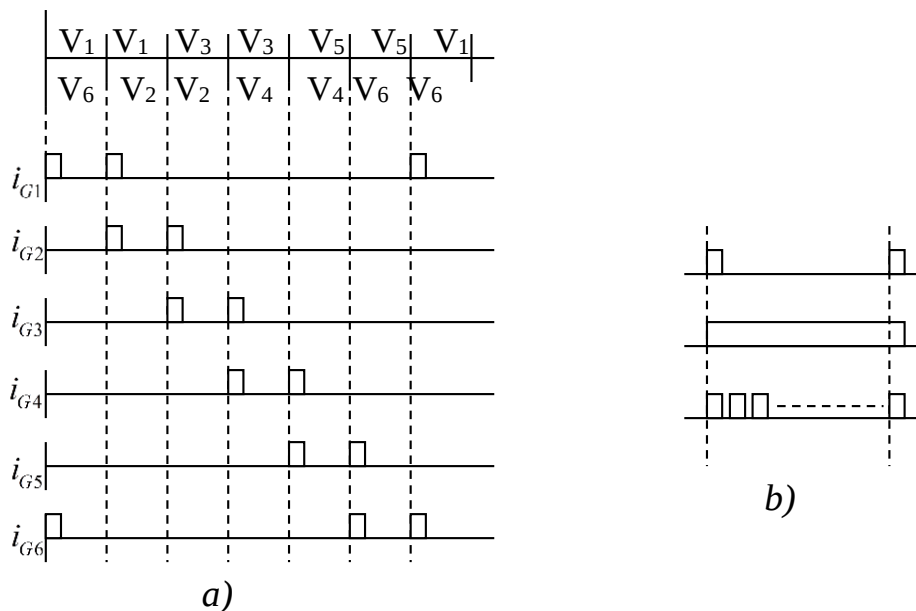
Đồ thị điện áp và dòng điện chỉnh lưu như trên hình H3.10.



Hình H3.10

Xung kích cho các linh kiện: để kích dẫn thành công cho các linh kiện, xung kích phải được kích lặp lại trong mỗi khoảng dẫn. Trình tự kích các linh kiện từ $T_1, T_2, \dots, T_6$ như trên hình H3.11a. Khoảng cách giữa các xung kích đồng thời đến xung kích lặp lại bằng 120° điện.

Ngoài dạng xung kích đơn lặp lại trên linh kiện vừa nêu (kỹ thuật kích đôi), xung kích có thể ở dạng chuỗi xung hoặc xung kích liên tục (hình H3.11b).



Hình H3.11: Giải đồ xung kích cho các linh kiện

Hệ quả: khi dòng tải liên tục:

Dạng điện áp tải có 6 xung, chỉ phụ thuộc vào góc điều khiển và điện áp của nguồn xoay chiều. Chu kỳ điện áp chỉnh lưu bằng $\frac{1}{6}$ chu kỳ điện áp nguồn:

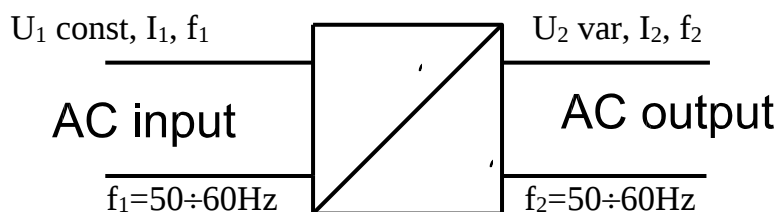
$$T_p = \frac{1}{6}T$$

Chương 4: Bộ Biến Đổi Điện Áp Xoay Chiều

4.1 Giới thiệu chung

Chức năng: thay đổi trị hiệu dụng của điện áp ở ngõ ra khi trị hiệu dụng và tần số của điện áp ở ngõ vào không thay đổi.

Cấu trúc bộ biến đổi điện áp một chiều:



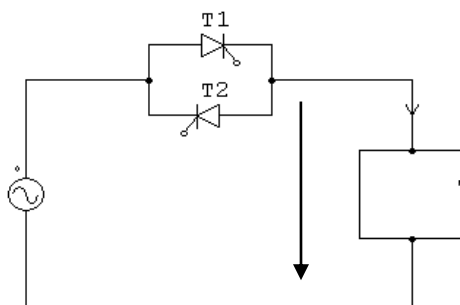
Hình H4.1: Cấu trúc bộ biến đổi điện áp xoay chiều

Ứng dụng:

- + Điều khiển công suất tiêu thụ của tải như lò nướng điện trở, bếp điện, điều khiển đèn sân khấu, quảng cáo;
- + Điều khiển vận tốc động cơ không đồng bộ công suất vừa và nhỏ như máy quạt, máy bơm, máy xay ...;
- + Điều khiển động cơ vạn năng như máy điện cầm tay, máy trộn, máy sấy...

4.2 Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha

Sơ đồ nguyên lý



Hình H4.2: Sơ đồ nguyên lý

Trong trường hợp tải công suất nhỏ, có thể thay thế 2 SCR bằng 1 TRIAC.

4.2.1 Trường hợp tải thuần trở

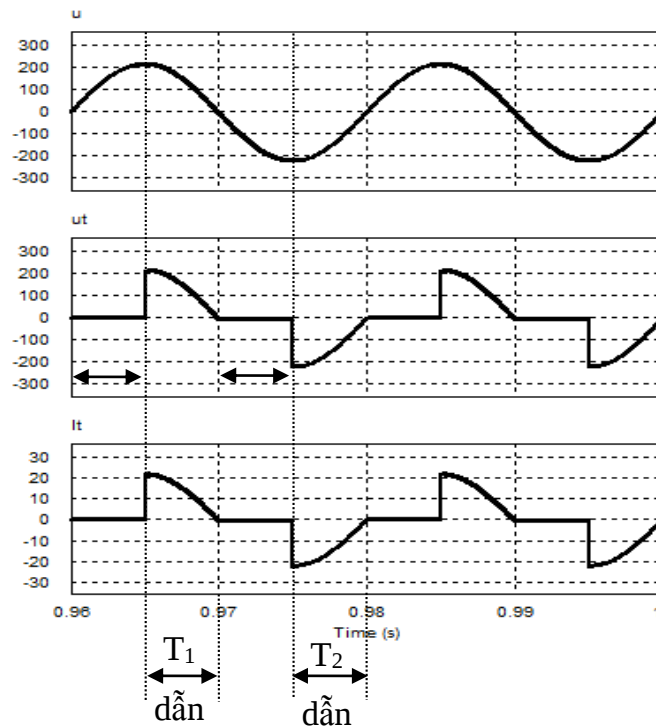
Đồ thị dạng sóng điện áp ngõ vào, ngõ ra và dạng sóng dòng điện tải như trên hình H4.3.

Ở bán kỳ dương của điện áp nguồn:

- + Trong khoảng góc $(0, \alpha)$ các SCR ngắt nên dòng điện qua tải bằng 0 ($u_t = 0; i_t = 0$).
- + Tại thời điểm ứng với góc $X = \alpha$, đưa xung kích vào T_1 làm cho T_1 dẫn điện trong khoảng $(\alpha \leq X < \pi)$, dòng điện khép kín qua (u, T_1, R) – trạng thái T_1 .

$$u_t = u = U_m \sin \omega t; \quad i_t = \frac{u_t}{R} \quad (4.1)$$

+ Tại thời điểm $X = \pi, u_t = 0$ nên $i_t = 0$, dòng điện qua T_1 bị triệt tiêu nên T_1 ngắt – trạng thái 0.



Hình H4.3: Đồ thị dạng sóng điện áp ngõ vào, ngõ ra và dòng điện trên tải thuần trở

Ở bán kỳ âm của điện áp nguồn:

+ Trong khoảng góc (π, α) các SCR ngắt nên dòng điện qua tải bằng 0 ($u_t = 0, i_t = 0$).

+ Tại thời điểm ứng với góc $X = \pi + \alpha$, đưa xung kích vào T_2 làm cho T_2 dẫn điện trong khoảng $(\pi + \alpha \leq X < 2\pi)$, dòng điện khép kín qua (u, R, T_2) – trạng thái T_2 .

$$u_t = u = U_m \sin \omega t; \quad i_t = \frac{u_t}{R} \quad (4.2)$$

+ Tại thời điểm $X = 2\pi, u_t = 0$ nên $i_t = 0$, dòng điện qua T_2 bị triệt tiêu nên T_2 ngắt – trạng thái 0.

Hệ quả:

- Trị hiệu dụng điện áp tải:

$$U_t = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{2\pi} u_t^2 dx} = U \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} = U \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.3)$$

Khi góc điều khiển α thay đổi trong phạm vi $(0, \pi)$, điện áp trên tải có trị hiệu dụng biến thiên trong khoảng $(0, U)$.

- Trị hiệu dụng dòng điện tải:

$$I_t = \frac{U_t}{R} \quad (4.4)$$

- Công suất trên tải:

$$P_t = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} U_m \sin x \cdot \frac{U_m \sin x}{R} dx = \frac{U_m^2}{\pi R} \left[\frac{\pi - \alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{4} \right] \quad (4.5)$$

- Hệ số công suất:

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{\frac{U_t^2}{R}}{U \cdot I_t} = \frac{U_t}{U} = \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.6)$$

- Trị hiệu dụng dòng điện qua SCR :

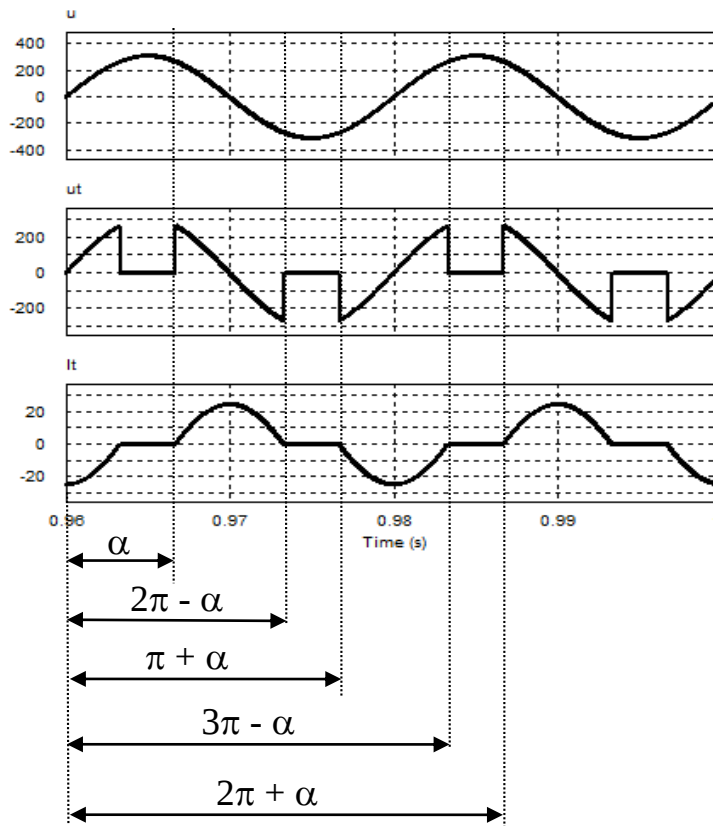
$$I_{SCR} = \frac{I_t}{\sqrt{2}} \quad (4.7)$$

- Dòng điện trung bình qua SCR :

$$I_{AV_SCR} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \frac{U_m}{R} \sin x \cdot dx = \frac{U_m}{2\pi R} (1 + \cos \alpha) \quad (4.8)$$

4.2.2 Trường hợp tải L

a. Góc điều khiển $\alpha > \frac{\pi}{2}$



Hình H4.4: Đồ thị dạng sóng điện áp ngõ vào, ngõ ra và dòng điện trên tải thuần cảm

- Trong khoảng góc $X < \alpha$, dòng điện tải bị gián đoạn ($i_t = 0, u_t = 0$) - trạng thái 0.

- Trong khoảng góc $\alpha < X < 2\pi - \alpha$, T_1 được kích trong lúc có điện áp khóa nên T_1 dẫn điện. Dòng điện khép kín qua mạch (u- T_1 -L) - trạng thái T_1 .

$$u_t = u = U_m \sin \omega t$$

- Trong khoảng góc $2\pi - \alpha < X < \pi + \alpha$, dòng điện tải bị triệt tiêu nên T_1 ngắt ($i_t = 0, u_t = 0$) - trạng thái 0.

- Trong khoảng góc $\pi + \alpha < X < 3\pi - \alpha$, T_2 được kích trong lúc có điện áp khóa nên T_2 dẫn điện. Dòng điện khép kín qua mạch (u- T_2 -L) - trạng thái T_2 .

$$u_t = u = U_m \sin \omega t$$

- Trong khoảng góc $3\pi - \alpha < X < 2\pi + \alpha$, dòng điện tải bị triệt tiêu nên T_2 ngắt ($i_t = 0, u_t = 0$) - trạng thái 0.

Hệ quả:

+ Dòng qua tải bị gián đoạn.

+ Trị hiệu dụng điện áp trên tải:

$$U_t = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{2\pi-\alpha} (U_m \sin x)^2 dx} = U_m \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} = U_m \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.9)$$

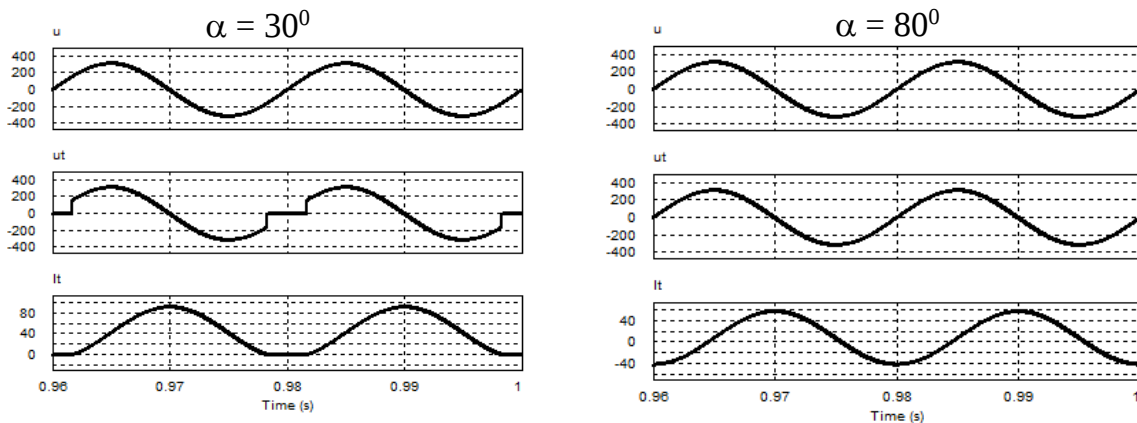
+ Trị hiệu dụng dòng điện qua tải:

$$I_t = \left[\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{2\pi-\alpha} (U_m \sin X)^2 dX \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{U_m}{\omega L} \left[2\left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right) \cdot (1 + \cos^2 \alpha) + \frac{3}{\pi} \sin \alpha \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.10)$$

b. Góc điều khiển $\alpha < \frac{\pi}{2}$

- Đồ thị dạng sóng điện áp và dòng điện ở ngõ ra như trên hình H4.5.

- Điện áp trên tải không thể điều khiển được, bộ biến đổi điện áp hoạt động như công tắc ở trạng thái đóng. Điện áp trên tải bằng điện áp nguồn xoay chiều.



Hình 4.5: Đồ thị dạng sóng điện áp và dòng điện ở ngõ ra với góc kích $\alpha < \frac{\pi}{2}$

4.2.3 Trường hợp tải RL

Góc tới hạn φ : là góc điều khiển mà dòng điện tải ở ranh giới giữa chế độ dòng điện gián đoạn và liên tục. Góc tới hạn được xác định bằng công thức sau:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{\omega L}{R}\right); \quad \omega = 2\pi f \quad (4.11)$$

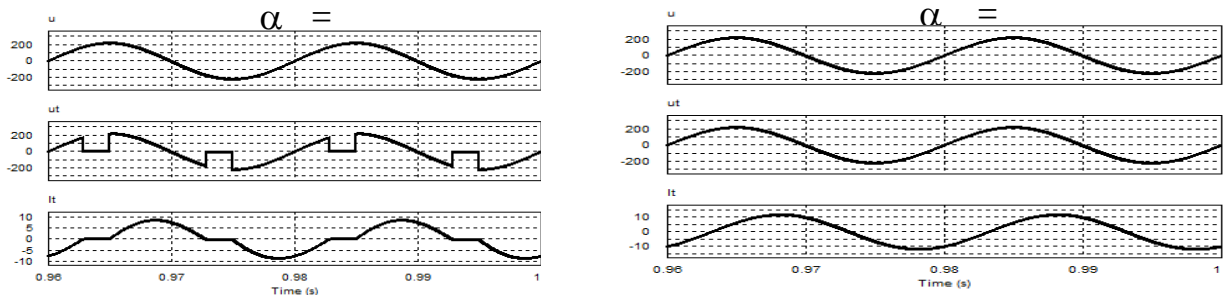
- Khi $0 < \alpha < \varphi$: dòng tải liên tục. Điện áp trên tải không điều khiển được, bộ biến đổi hoạt động như một công tắc ở trạng thái luôn đóng. Trị hiệu dụng điện áp trên tải bằng trị hiệu dụng áp nguồn ($U_t = U$).

- Khi $\alpha > \varphi$: dòng điện tải bị gián đoạn, trị hiệu dụng của điện áp trên tải thay đổi trong khoảng $0 \leq U_t \leq U$ (với U là trị hiệu dụng của điện áp nguồn xoay chiều).

Đồ thị dạng sóng điện áp và dòng điện tải trong một số trường hợp của góc điều khiển như trên hình H5.6.

Ví dụ: cho $R = 10\Omega, L = 0,05H, \omega = 314 \text{ rad/s}$. Góc tới hạn trong trường hợp này là:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{\omega L}{R}\right) = \arctg\left(\frac{314 \cdot 0,05}{10}\right) = 57,5^\circ$$



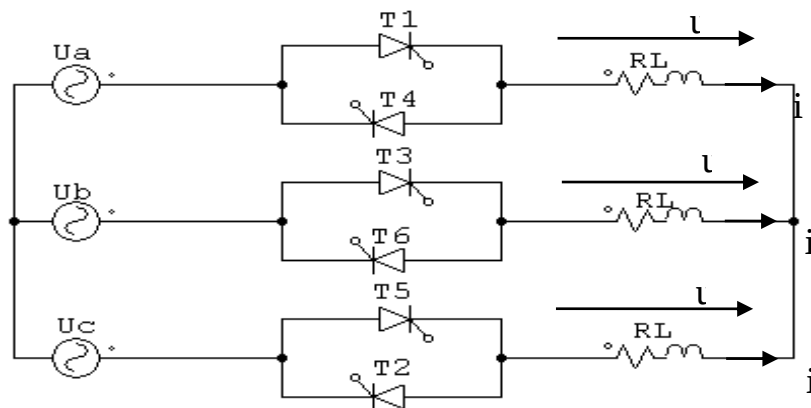
Hình H4.6: Đồ thị dạng sóng điện áp dòng điện với tải R-L

4.3 Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha

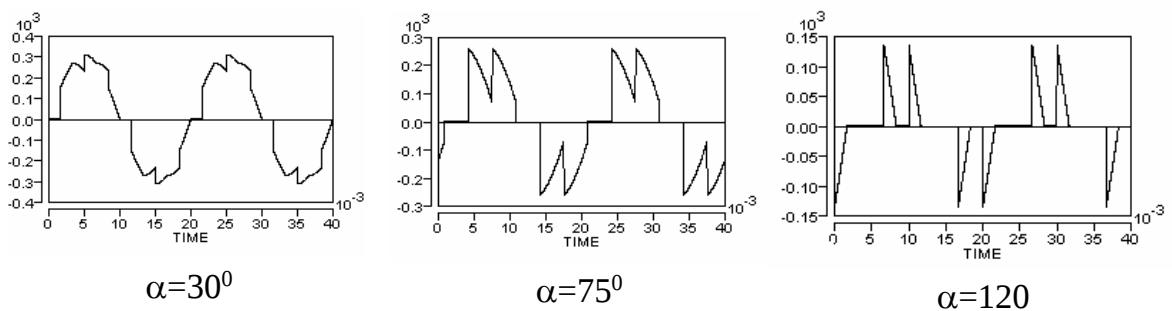
Sơ đồ bộ biến đổi điện áp xoay chiều 3 pha dạng đầy đủ như trên hình H4.7.

Cấu tạo: gồm 3 công tắc bán dẫn đầu vào nguồn xoay chiều 3 pha. Khi công suất tải nhỏ, các cặp công tắc có thể thay thế bằng TRIAC.

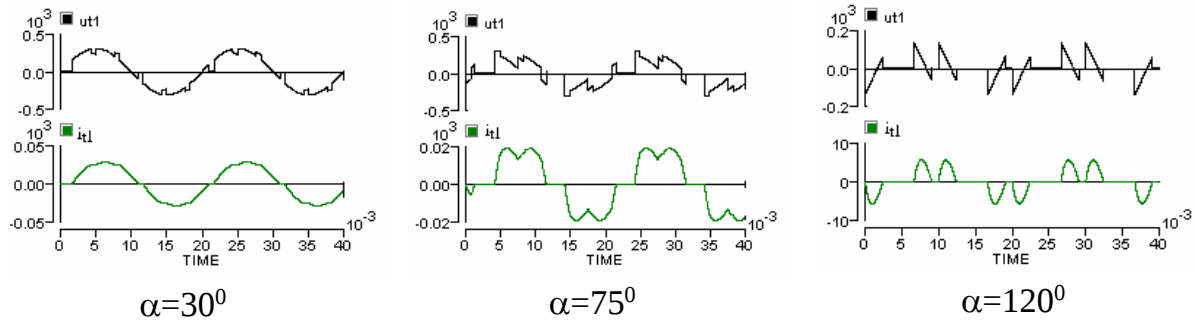
Dạng sóng điện áp và dòng điện tải phụ thuộc vào độ lớn góc điều khiển và các thông số R, R-L của tải (hình H4.8, H4.9).



Hình H4.7: Sơ đồ nguyên lý bộ biến đổi điện áp xoay chiều 3 pha



Hình H4.8: Dạng sóng điện áp trên 1 pha của bộ biến đổi điện áp xoay chiều 3 pha tải thuần trở

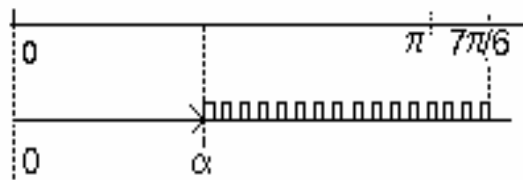


Hình H4.9: Dạng sóng điện áp trên 1 pha của bộ biến đổi điện áp xoay chiều 3 pha tải $R=10\Omega$, $L=10mH$

Đặc tính điều khiển:

- Với tải R: $0 < \alpha < \frac{5\pi}{6}$
- Với tải L: $\frac{\pi}{2} < \alpha < \frac{5\pi}{6}$
- Với tải RL: $\arctg\left(\frac{\omega L}{R}\right) < \alpha < \frac{5\pi}{6}$

Xung kích: để bảo đảm quá trình kích dẫn thyristor, xung kích được thực hiện dưới dạng chuỗi xung bắt đầu từ vị trí ứng với góc kích cho đến khi vượt khỏi nửa chu kỳ tương ứng một góc $\frac{\pi}{6}$ (hình H4.10).



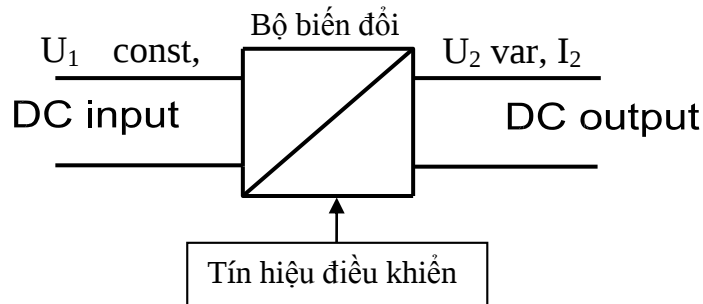
Hình H4.10: Xung kích dạng chuỗi cho bộ biến đổi điện áp xoay chiều 3 pha

Chương 5: Bộ Biến Đổi Điện Áp Một Chiều

5.1 Giới thiệu chung

Chức năng: Dùng để điều khiển trị trung bình điện áp một chiều ở ngõ ra từ nguồn điện áp một chiều ngõ vào không đổi.

Cấu trúc bộ biến đổi điện áp một chiều:



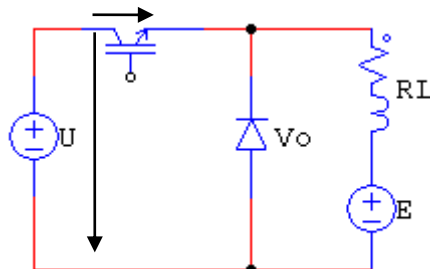
Hình H5.1: Cấu trúc bộ biến đổi điện áp một chiều

5.2 Bộ giảm áp

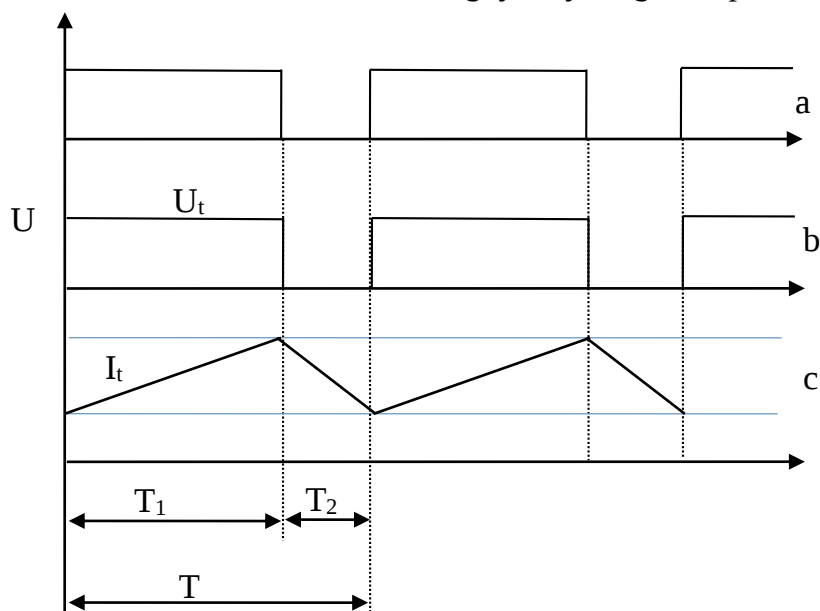
Chức năng

Dùng để điều khiển điện áp trên tải U_t với trị trung bình nhỏ hơn trị trung bình điện áp nguồn.

5.2.1 Sơ đồ nguyên lý



Hình H5.2: Sơ đồ nguyên lý bộ giảm áp



Hình H5.3: giản đồ xung kích (a), điện áp ngõ ra (b) và dòng điện tải (c)

Mạch bao gồm:

- Nguồn một chiều có giá trị không đổi U , có thể lấy từ acquy, pin hoặc từ nguồn xoay chiều qua bộ chỉnh lưu không điều khiển và mạch lọc.

- Công tắc S : có chức năng đóng và ngắt dòng điện đi qua nó. Công tắc S có thể sử dụng các linh kiện như: BJT, MOSFET, IGBT, GTO hoặc kết hợp SCR với bộ chuyển mạch

- Tải một chiều tổng quát gồm R, L, E (ví dụ như động cơ điện một chiều).

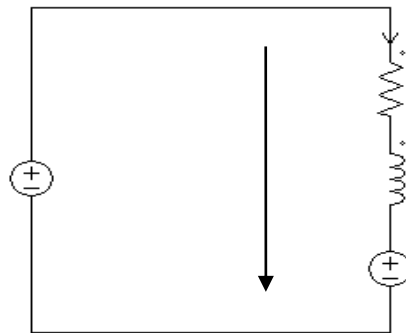
- Diode không V_0 mắc đối song với tải (giữ cho dòng điện chạy qua tải luôn được liên tục).

5.2.2 Nguyên lý hoạt động

Giả thiết: dòng điện qua tải liên tục.

Trạng thái đóng công tắc S : thời gian đóng là T_1

- Dòng điện khép kín qua mạch gồm $(U-S-RLE)$. Sơ đồ mạch điện ở trạng thái này như hình H5.4.



Hình H5.4: Sơ đồ bộ giảm áp ở trạng thái công tắc S đóng

- Điện áp trên tải: $U_t = U$.

- Dòng điện có dạng tăng theo hàm mũ như sau:

$$i_t(t) = \frac{U - E}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) + i_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (5.1)$$

Với: $\tau = \frac{L}{R}$: hằng số thời gian mạch tải

i_0 : dòng điện ban đầu của mạch tải.

Trạng thái ngắt công tắc S : thời gian ngắt là T_2

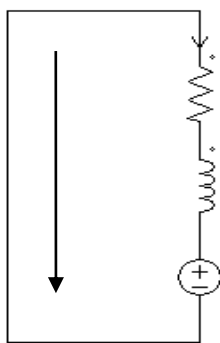
- Dòng điện qua S bị triệt tiêu.

- Do mạch tải có chứa L nên dòng điện tải không thay đổi đột ngột được mà tiếp tục đi theo chiều cũ và khép kín qua diode V_0 . Sơ đồ mạch điện ở trạng thái này như hình H4.5.

Dòng điện tải giảm theo hàm mũ như sau:

$$i_t(t) = \frac{-E}{R} \left(1 - e^{-\frac{t-T_1}{\tau}} \right) + i_1 e^{-\frac{t-T_1}{\tau}} \quad (5.2)$$

- Điện áp trên tải $U_t = 0$.



Hình H5.5: Sơ đồ bộ giảm áp ở trạng thái *công tắc S ngắt*

Chế độ dòng điện tải gián đoạn:

- Khi $E = 0$, dòng điện tải luôn liên tục.
- Khi $E > 0$, dòng điện tải có thể liên tục hoặc gián đoạn. Khoảng thời gian dòng điện tải gián đoạn phụ thuộc vào thời gian đóng T_1 , thời gian ngắt T_2 và các thông số R, L, E của tải. Đồ thị dạng sóng như trên hình H4.6.
- Dòng điện tải bị gián đoạn trong khoảng thời gian ngắt công tắc S . Theo đồ thị hình H4.6, trong khoảng thời gian ($T_1 < t < t_2$), dòng điện tải liên tục giảm và bằng 0 tại thời điểm t_2 . Thời điểm t_2 được xác định theo biểu thức:

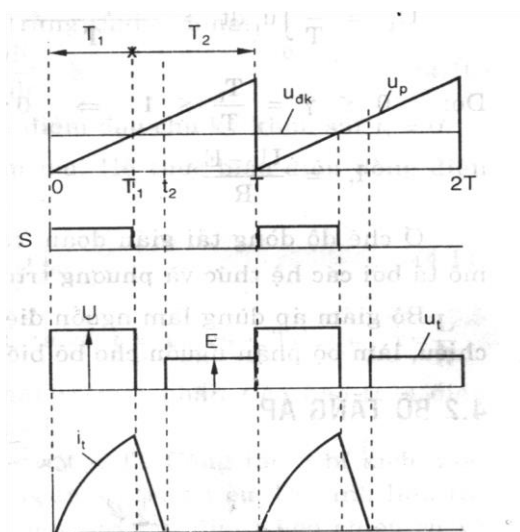
$$t_2 = \tau \cdot \ln \left[\frac{U}{E} (e^{\frac{T_1}{\tau}} - 1) + 1 \right] \quad (5.3)$$

- Trong giai đoạn dòng điện tải gián đoạn ($t_2 < t < T$): điện áp trên tải bằng E . Trị trung bình điện áp trên tải được xác định theo biểu thức:

$$U_t = U \cdot \frac{T_1}{T} + E \cdot \frac{T - t_2}{T} = \gamma \cdot U + E(1 - \frac{t_2}{T}) \quad (5.4)$$

Với: $\gamma = \frac{T_1}{T}$

$T = T_1 + T_2$: chu kỳ đóng ngắt của công tắc S .



Hình H5.6: *giản đồ dạng sóng ở chế độ dòng điện tải gián đoạn*

❖ Hệ quả

Với chế độ dòng điện tải liên tục, ta có:

- Điện áp trên tải có dạng xung, có giá trị thay đổi trong khoảng 0 và U.

- Điện áp trên tải được thay đổi bằng cách thay đổi thời gian đóng (T_1), thời gian ngắt (T_2) của công tắc S và được xác định theo biểu thức:

$$U_t = U \cdot \frac{T_1}{T} \quad (5.5)$$

- Dòng điện tải ở chế độ xác lập:

$$I_t = \frac{U_t - E}{R} \quad (5.6)$$

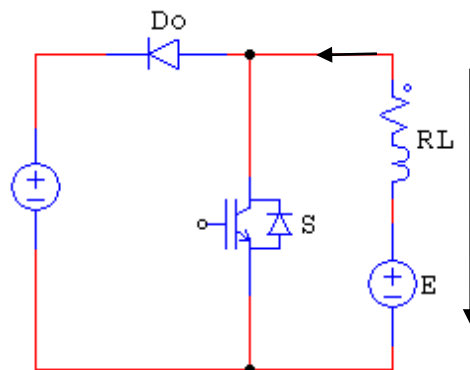
5.2 Bộ tăng áp

5.2.1 Chức năng

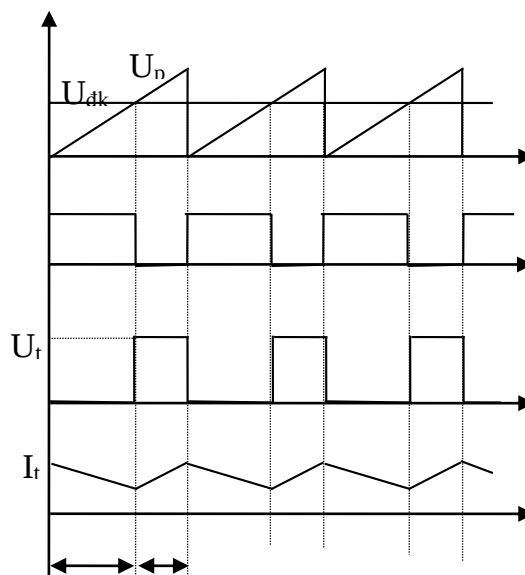
Dùng để chuyển năng lượng từ nguồn có điện áp thấp sang nguồn có điện áp cao.

Ví dụ: khi hãm tái sinh động cơ điện một chiều, năng lượng từ nguồn điện áp thấp (sức điện động E) được trả trở lại nguồn một chiều U.

5.2.2 Sơ đồ nguyên lý



Hình 5.7: Sơ đồ nguyên lý bộ tăng áp



Hình H5.8: giản đồ xung kích và dạng sóng điện áp ở ngõ ra của bộ tăng áp

- Nguồn một chiều có trị trung bình không đổi U , có khả năng tiếp nhận năng lượng từ tải trả về.
- Linh kiện đóng ngắt S có thể là: BJT, MOSFET, IGBT, GTO hoặc SCR với bộ chuyển mạch.
- Tải một chiều dạng tổng quát RLE với $E < U$.
- Diode D_0 cho phép dẫn dòng điện theo chiều từ tải về nguồn.

5.2.3 Nguyên lý hoạt động

Giả sử: dòng điện tải liên tục và mạch ở chế độ xác lập.

a. Trạng thái S đóng: trong khoảng thời gian T_1 , dòng điện khép kín qua mạch E-R-L-S. Điện áp trên tải $U_t = 0$.

b. Trạng thái D_0 : công tắc S ngắt trong thời gian T_2 . Dòng điện khép kín qua mạch chiều E-R-L- D_0 -U. Điện áp trên tải $U_t = U$.

Cuộn kháng giải phóng năng lượng dự trữ. Sức điện động E ở chế độ phát năng lượng. Một phần năng lượng trả về nguồn, một phần tiêu hao trên tải.

❖ Hệ quả

- Điện áp trên tải có dạng xung, có giá trị thay đổi trong khoảng 0 và U .
- Điều khiển công suất phát của nguồn E và công suất nạp vào nguồn U bằng cách thay đổi tỷ số γ .
- Trị trung bình điện áp trên tải:

$$U_t = U \frac{T_2}{T} = U(1 - \gamma) \quad (5.7)$$

Với: $\gamma = \frac{T_1}{T}$

$T = T_1 + T_2$: chu kỳ đóng ngắt của công tắc S .

- Trị trung bình dòng điện qua tải:

$$U_t = U \cdot \frac{T_1}{T} + E \cdot \frac{T - t_2}{T} = \gamma \cdot U + E(1 - \frac{t_2}{T}) \quad (5.8)$$

- Nếu thay đổi vai trò giữa U và U_t (U là tải nhận, U_t là nguồn cung cấp) thì điện áp nguồn nhỏ hơn điện áp tải nên ta gọi là bộ tăng áp.

$$U = \frac{U_t}{1 - \lambda} > U_t \quad (5.9)$$

5.3 Các phương pháp điều khiển bộ biến đổi điện áp một chiều

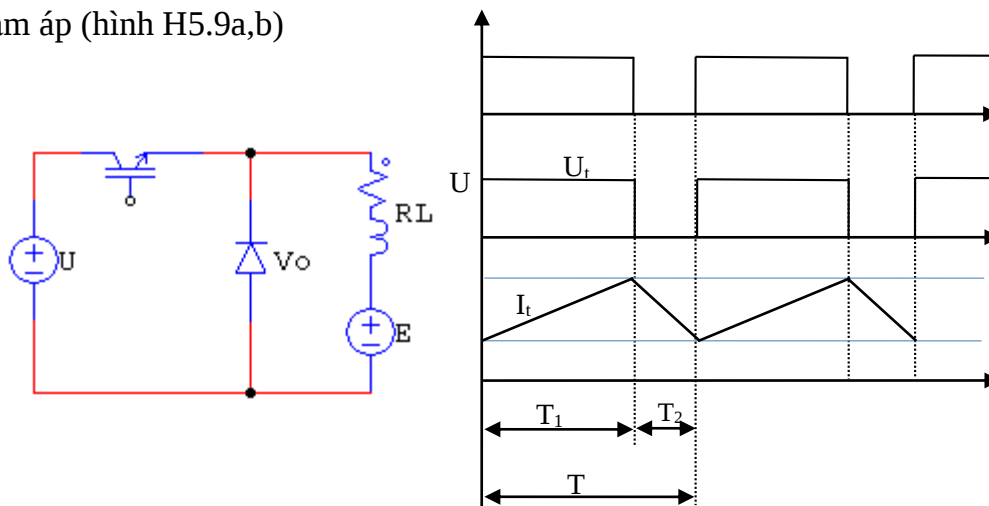
Chu kỳ đóng ngắt $T = T_1 + T_2$ không thay đổi. Điện áp trung bình của tải được điều khiển thông qua sự phân bố khoảng thời gian đóng T_1 và ngắt công tắc T_2 trong chu kỳ T . Đại lượng đặc trưng khả năng phân bố chính là tỉ số $\gamma = T_1 / T$

Kỹ thuật điều khiển tỉ số γ có thể thực hiện dựa vào hai tín hiệu cơ bản: sóng mang dạng răng cưa và sóng điều khiển một chiều u_{dk} .

Hai dạng sóng này được đưa vào bộ so sánh và tín hiệu ngõ ra được dùng để kích đóng công tắc S .

Sóng mang có tần số không đổi và bằng tần số đóng ngắt công tắc S. Tần số thành phần xoay chiều hài cơ bản của điện áp tải bằng tần số cố định này. Do đó, sóng điện áp tạo thành dễ lọc.

Sóng điều khiển một chiều có độ lớn tỉ lệ với điện áp trung bình trên tải. Xét bộ giảm áp (hình H5.9a,b)



Hình H5.9

Gọi U_{pM} là biên độ sóng mang dạng răng cưa, u_{dk} là độ lớn sóng điều khiển một chiều; U là điện áp nguồn một chiều không đổi. Từ giản đồ kích đóng S và các quá trình điện áp ở chế độ dòng liên tục, ta dễ dàng xác định hệ thức tính áp tải trung bình theo áp điều khiển:

Chương 6: Bộ Nghịch Lưu Và Biến Tần

6.1 Khái niệm:

Nghịch lưu là một dạng mạch phát sinh nguồn xoay chiều sang nguồn một chiều. Sự phát sinh này có thể khách quan do mạch điện gây ra hay chủ quan do thiết kế tạo nên. Để phân biệt cũng như ứng dụng hiệu quả trong kỹ thuật người ta chia mạch nghịch lưu thành hai loại: nghịch lưu phụ thuộc và nghịch lưu độc lập.

6.2 Bộ nghịch lưu áp một pha

6.2.1 Nghịch lưu phụ thuộc:

Nghịch lưu phụ thuộc là một chế độ làm việc của các sơ đồ chỉnh lưu, trong đó năng lượng từ phía một chiều được đưa trả về lưới điện xoay chiều. Đây là chế độ làm việc rất phổ biến của các bộ chỉnh lưu, đặc biệt đối với các hệ thống truyền động điện một chiều. Khi một máy điện một chiều được điều khiển bằng một bộ chỉnh lưu, máy điện có thể là động cơ tiêu thụ năng lượng điện từ lưới điện đồng thời cũng có thể đóng vai trò là nguồn phát năng lượng, ví dụ trong chế độ hãm tái sinh. Trong chế độ hãm tái sinh động năng tích lũy trong phần quay của động cơ được đưa trở về lưới điện. Tuy nhiên vấn đề trả năng lượng từ phía một chiều về xoay chiều và cung cấp năng lượng từ phía xoay chiều đến một chiều xảy ra luân phiên là chế độ làm việc bình thường trong hệ thống truyền tải điện.

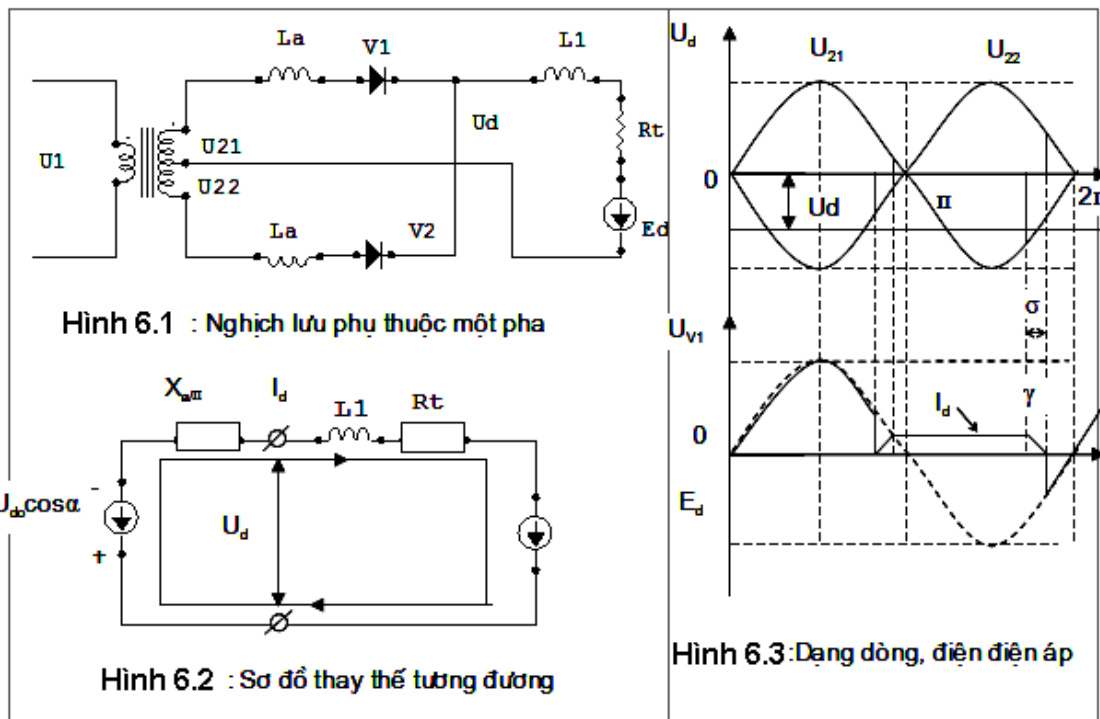
Trước hết, các yêu cầu để có thể thực hiện được chế độ nghịch lưu phụ thuộc, trong đó năng lượng từ phía một chiều được đưa trả về phía xoay chiều, là:

a. Trong mạch một chiều phải có sức điện động một chiều E_d có cực tính tăng cường dòng I_d , nghĩa là dòng điện một chiều của bộ biến đổi phải đi vào cực âm và đi ra cực dương của sức điện động một chiều E_d .

b. Góc điều khiển α phải lớn hơn 90° . Điều này dẫn đến $U_{d\alpha} = U_{d0} \cdot \cos\alpha < 0$. Như vậy, đầu ra của bộ chỉnh lưu không thể là nguồn cấp năng lượng vì dòng một chiều I_d sẽ đi ra ở cực âm và đi vào cực dương của $U_{d\alpha}$.

c. Điều kiện thứ ba rất quan trọng vì liên quan đến bản chất quá trình khoá của các Điốt nắn điện trong sơ đồ, đó là phải đảm bảo góc khoá phải lớn hơn, trong đó t_r là thời gian phục hồi tính chất khoá của van.

Sơ đồ mạch nghịch lưu một pha được trình bày ở Hình 6.1 .



Hình 6.1 : Nghịch lưu phụ thuộc một pha

Hình 6.2 : Sơ đồ thay thế tương đương

Hình 6.3: Dạng dòng, điện điện áp

Trong sơ đồ nếu tăng dần góc điều khiển α cho đến khi $\alpha \geq \frac{\pi}{2}$ thì $U_{d\alpha} = U_{do} \cos \alpha \leq 0$, có nghĩa là không thể duy trì được dòng I_d theo chiều cũ. Tuy nhiên nếu như trong mạch một chiều có sức điện động E_d sao cho $E_d \geq |U_{d\alpha}|$ thì dòng I_d có thể được duy trì.

Nếu thay thế sơ đồ chỉnh lưu bằng nguồn sức điện động $U_{d\alpha}$ ở sơ đồ Hình H6.1, có thể thấy chiều dòng điện I_d đi ra ở cực âm và đi vào ở cực dương. Như vậy $U_{d\alpha}$ đóng vai trò là phụ tải.

Đối với E_d dòng I_d đi ra ở cực dương và đi vào ở cực âm. Như vậy E_d là máy phát.

Về bản chất ở đây phụ tải chính là phía xoay chiều vì trong phần lớn thời gian nửa chu kỳ của điện áp lưới thì dòng điện đi vào đầu có cực tính âm và đi ra ở đầu có cực tính dương.

6.2.2 Nghịch lưu độc lập

a. Định nghĩa: Nghịch lưu độc lập là những bộ biến đổi nguồn điện một chiều thành nguồn điện xoay chiều, cung cấp cho phụ tải xoay chiều, làm việc độc lập. Làm việc độc lập có nghĩa là phụ tải không có liên hệ trực tiếp với lưới điện. Như vậy, bộ nghịch lưu có chức năng ngược lại với chỉnh lưu. Khái niệm độc lập nhằm để phân biệt với các bộ biến đổi phụ thuộc như chỉnh lưu hoặc các bộ biến đổi xung áp xoay chiều, trong đó các van chuyển mạch dưới tác dụng của điện áp lưới xoay chiều.

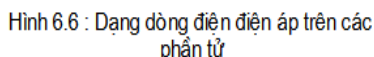
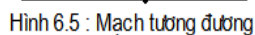
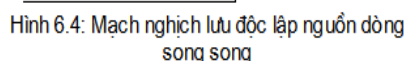
b. Phân loại: Tùy vào chế độ làm việc của nguồn một chiều cung cấp mà nghịch lưu độc lập được phân loại là nghịch lưu độc lập nguồn áp, nghịch lưu độc lập nguồn dòng.

Phụ tải của nghịch lưu độc lập có thể là một tải xoay chiều bất kỳ. Tuy nhiên có một dạng phụ tải đặc biệt cấu tạo từ một vòng dao động, trong đó điện áp hoặc dòng

c. Nguồn áp, nguồn dòng: Một nguồn điện có thể là nguồn áp hay nguồn dòng. Chế độ làm việc của các bộ nghịch lưu phụ thuộc rất nhiều vào chế độ làm việc của nguồn một chiều cung cấp, vì vậy cần phân biệt các đặc tính riêng của hai loại nguồn này.

Nguồn dòng lý tưởng là một nguồn điện có nội trở trong vô cùng lớn như vậy dòng điện ra là không đổi, không phụ thuộc vào giá trị cũng như tính chất của phụ tải. Điện áp ra sẽ phụ thuộc tải. Nguồn dòng sẽ làm việc được ở chế độ ngắn mạch vì khi đó dòng điện vẫn không đổi nhưng sẽ không làm việc được ở chế độ không tải. Chế độ không tải hoặc gần chế độ không tải tương đương với trở kháng tải rất lớn, với dòng điện không đổi làm cho trên mạch xảy ra hiện tượng quá áp rất lớn không thể chấp nhận được. Trong thực tế, nguồn dòng được tạo ra bằng cách mắc ở đầu ra một nguồn một chiều có điện cảm giá trị đủ lớn. Tuy nhiên, điện cảm đầu vào sẽ chịu toàn bộ dòng điện yêu cầu của nghịch lưu, vì vậy có thể phải chịu có công suất rất lớn. Trong thực tế để tạo ra nguồn dòng, người ta dùng một mạch chỉnh lưu điều khiển có mạch phản hồi dòng điện. Mạch vòng điều khiển đảm bảo một dòng điện ra không đổi, điện cảm lúc này có giá trị nhỏ hơn và chỉ có chức năng san bằng dòng điện.

Nghịch lưu độc lập nguồn dòng song song:

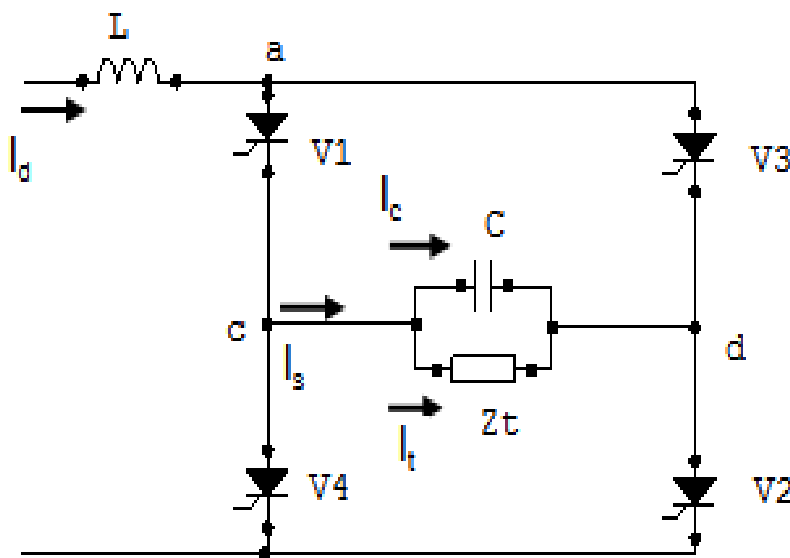


Trên sơ đồ mỗi SCR được điều khiển mở trong một nửa chu kỳ, như vậy điện áp được luân phiên đặt lên mỗi nửa cuộn dây của máy biến áp. Kết quả là bên phía thứ cấp xuất hiện điện áp xoay chiều. Tụ C mắc song song với tải ở bên sơ cấp máy biến áp, đóng vai trò là tụ chuyển mạch. Điện cảm L có trị số lớn mắc nối tiếp với nguồn đầu vào làm cho dòng điện đầu vào hầu như bằng phẳng và ngăn tụ phóng ngược trở về nguồn khi các SCR chuyển mạch. Do dòng điện đầu vào hầu như không thay đổi nên tụ chỉ có thể phóng năng lượng ra tải. Điều này được thấy rõ trên sơ đồ tương đương Hình 6.5.

Khi SCR V_1 dẫn điện áp E đặt lên một nửa cuộn dây sơ cấp biến áp, như vậy tụ C sẽ được nạp điện trên toàn bộ phần sơ cấp có giá trị $= 2E$. Khi V_2 nhận được xung điều khiển để dẫn điện, lúc đó thyristor sẽ dẫn điện được vì $U_A > U_K$ (do điện áp trên tụ đang dương hơn). Khi V_2 dẫn dòng điện i_d sẽ chạy qua V_2 . Điện áp nạp trên tụ C đặt ngược cực tính trên SCR V_1 làm V_1 ngưng dẫn. Tụ C được nạp điện ngược chiều để chuẩn bị cho chu kỳ làm việc kế tiếp khi V_1 nhận được xung tín hiệu điều khiển.

Trên mạch điện tương đương, tụ tương đương là $4C$ phản ánh cuộn sơ cấp là 2:1. Phân tích sơ đồ tương đương có thể vẽ được dạng điện áp, dòng điện trên các phần tử như trên Hình 6.5.

Trong thực tế mạch nghịch lưu độc lập song song có thể dùng sơ đồ cầu như Hình 6.7.



Hình 6.7 : Nghịch lưu độc lập song song dùng sơ đồ cầu

Nghịch lưu độc lập song song, sơ đồ cầu gồm 4 SCR V_1, V_2, V_3, V_4 được đóng mở theo từng cặp, V_1 cùng V_2 , V_3 cùng V_4 . Tụ C đóng vai trò là tụ chuyển mạch, mắc song song với tải đầu vào một chiều có cuộn cảm L có trị số đủ lớn để tạo nên nguồn dòng.

Khi các SCR được điều khiển theo từng cặp dòng đầu ra nghịch lưu i_s có dạng Hình chữ nhật với biên độ bằng đầu vào I_d . Điện áp trên tải bằng điện áp trên tụ U_c . Giả sử V_1, V_2 đang dẫn tụ C được nạp điện từ trái sang phải như sơ đồ. Tới nửa chu kỳ sau V_3, V_4 được điều khiển dẫn điện, điện áp trên tụ C đặt ngược trên V_1, V_2 để ngắt V_1, V_2

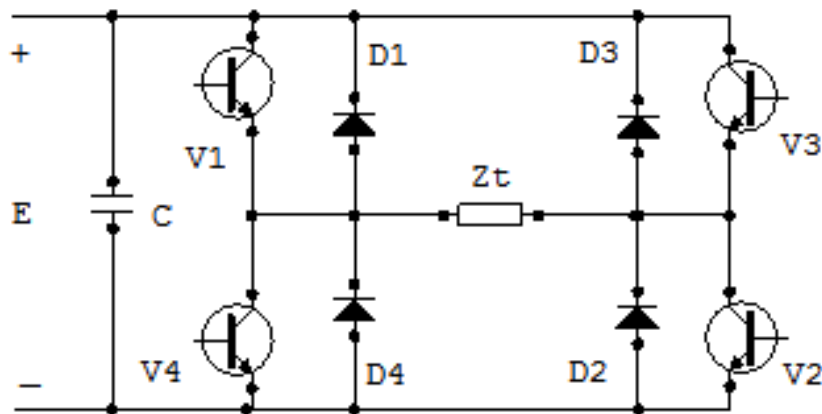
Nếu bỏ qua tổn thất trên sơ đồ thì giá trị trung bình điện áp trên cuộn cảm bằng không, nghĩa là:

$$u_L = E - u_{ab}$$

$$\int_0^{T/2} u_L dt = 0$$

Nghịch lưu độc lập nguồn áp:

Nếu như nghịch lưu độc lập nguồn dòng đều sử dụng SCR thì nghịch lưu nguồn áp lại phải sử dụng các van bán dẫn điều khiển hoàn toàn như IGBT, GTO, MOSFET hoặc Tranzito. Trước đây người ta dùng SCR trong các nghịch lưu nguồn áp, nhưng phải có các hệ thống chuyển mạch cưỡng bức phức tạp. Ngày nay do công nghệ chế tạo các linh kiện bán dẫn đã hoàn chỉnh nên hầu như chỉ còn các van bán dẫn điều khiển hoàn toàn được sử dụng trong các nghịch lưu nguồn áp. Sơ đồ mạch Hình 6.8 là một dạng của mạch nghịch lưu độc lập nguồn áp một pha.



Hình 6.8 : Mạch nghịch lưu độc lập nguồn áp một pha.

Trên sơ đồ mạch điện 4 van điều khiển hoàn toàn V_1, V_2, V_3, V_4 , và các diốt ngược D_1, D_2, D_3, D_4 . Các diốt ngược là các phần tử bắt buộc trong các sơ đồ nghịch lưu áp, giúp cho quá trình trao đổi công suất phản kháng giữa tải với nguồn. Đầu vào một chiều là một nguồn áp với đặc trưng có tụ C với giá trị đủ lớn. Tụ C có vai trò lọc nguồn ngõ vào vừa có vai trò chứa công suất phản kháng trao đổi với tải qua các diốt ngược. Nếu không có tụ C hoặc tụ C quá nhỏ dòng phản kháng sẽ chạy qua không hết, tồn tại trên mạch gây hiện tượng quá áp trên các phần tử trên mạch điện dễ dẫn đến hiện tượng linh kiện bị đánh thủng do quá áp.

Các van trong sơ đồ mạch điện được điều khiển mở trong mỗi chu kỳ theo từng cặp, V_1, V_2 và V_3, V_4 . Kết quả là điện áp ngõ ra có dạng xoay chiều xung chữ nhật với biên độ bằng điện áp nguồn đầu vào, không phụ thuộc vào tải.

Điện áp ra dạng xung chữ nhật nếu phân tích ra các thành phần của chuỗi Fourier sẽ gồm các thành phần sóng hài với biên độ bằng:

$$U^n = -2 \frac{E(-1 + \cos \pi n)}{\pi n}$$

Như vậy trong các điện áp ra tồn tại các thành phần sóng hài bậc lẻ 1, 3, 5, 7.... với biên độ bằng $\frac{4E}{\pi}, \frac{4e}{3\pi}, \frac{4E}{5\pi}, \dots$. Với một số phụ tải yêu cầu điện áp ra phải có dạng sin có thể dùng các bộ lọc để lọc bỏ các thành phần sóng hài bậc cao. Một số phương pháp điều chế độ rộng xung khác có thể sử dụng để giảm thành phần sóng hài bậc cao.

6.3 Phân tích bộ nghịch lưu áp ba pha

6.2.1 Nghịch lưu 3 pha phụ thuộc

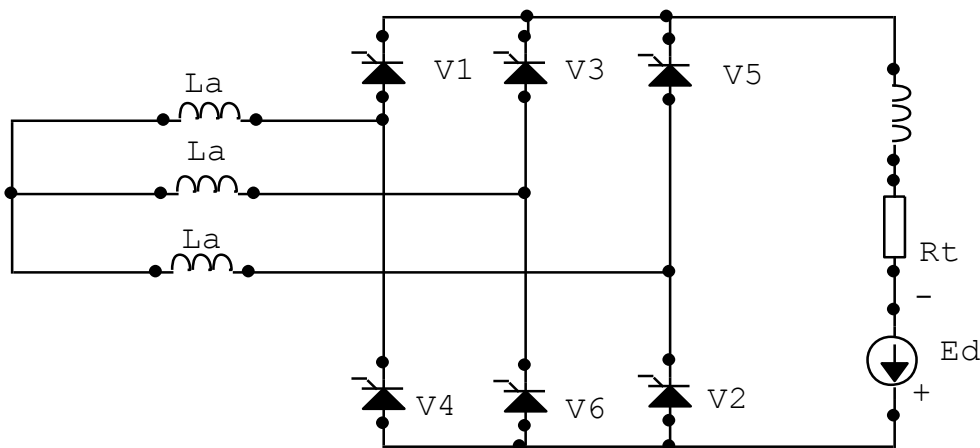
Tương tự như nghịch lưu một pha, nghịch lưu phụ thuộc ba pha cũng được phát sinh trong quá trình làm việc của mạch điện có tải dùng nguồn dòng một chiều trả về nguồn và chúng cũng có các điều kiện tương tự như các mạch điện một pha. Để tính toán các quá trình năng lượng, cần chú ý các biểu thức sau đây:

$$\Delta U_{\gamma} = \frac{3X_a \cdot I_d}{2\pi}$$

$$U_{d\beta} = -U_{do} \cdot \cos \beta - \Delta U_{\gamma} = U_{do} \cdot \cos \alpha - \frac{3X_a \cdot I_d}{2\pi}$$

$$I_d = \frac{E_d + U_{d\alpha}}{2\pi}$$

Sơ đồ nghịch lưu phụ thuộc sơ đồ cầu ba pha được trình bày ở Hình 6.9

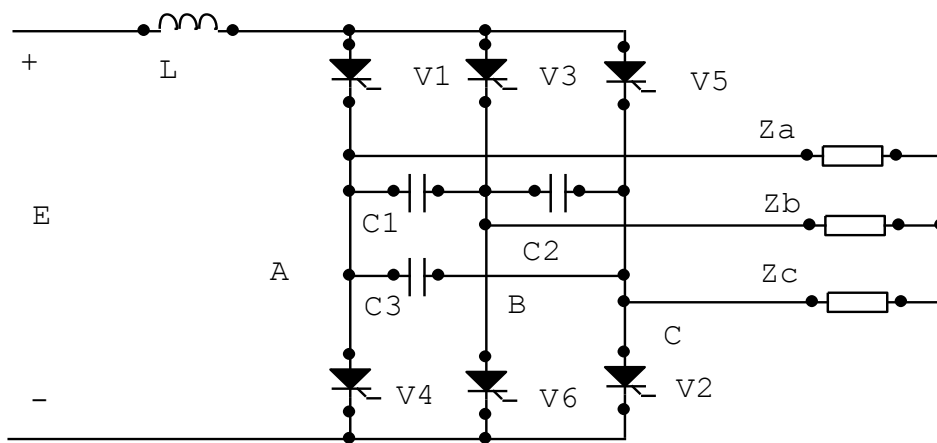


Hình 6.9: Mạch nghịch lưu phụ thuộc ba pha

6.2.2 Nghịch lưu độc lập ba pha:

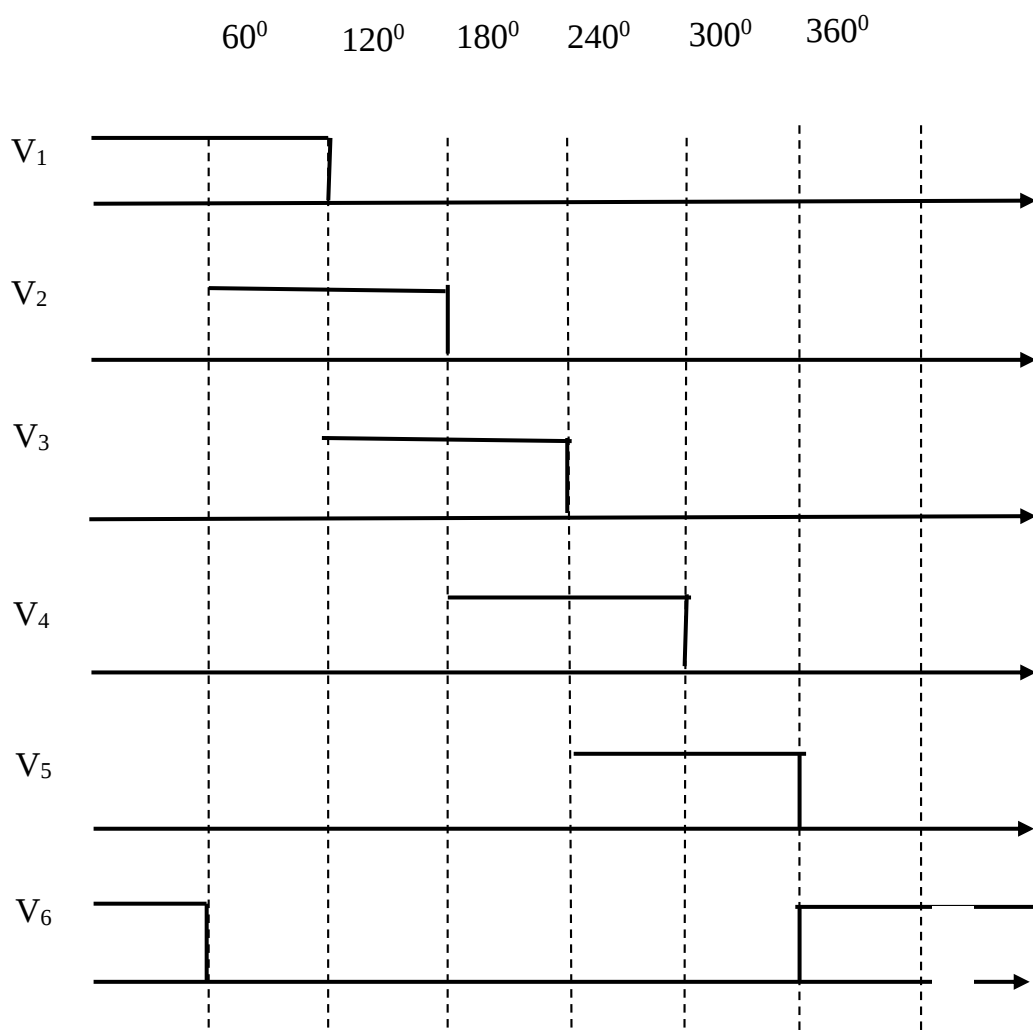
Cũng giống như nghịch lưu phụ thuộc, nghịch lưu độc lập ba pha có hai loại đó là nghịch lưu độc lập ba pha nguồn dòng và nghịch lưu độc lập ba pha nguồn áp.

Mạch nghịch lưu độc lập nguồn dòng ba pha: (hình 6.10)



Hình6.10: Mạch nghịch lưu nguồn dòng ba pha

Dạng cơ bản của nghịch lưu nguồn dòng ba pha được thể hiện ở sơ đồ Hình 6.10. Trên sơ đồ các SCR từ V_1 đến V_6 được điều khiển để dẫn dòng trong khoảng 120° , mỗi van cách nhau 60° như trên Hình 6.11.

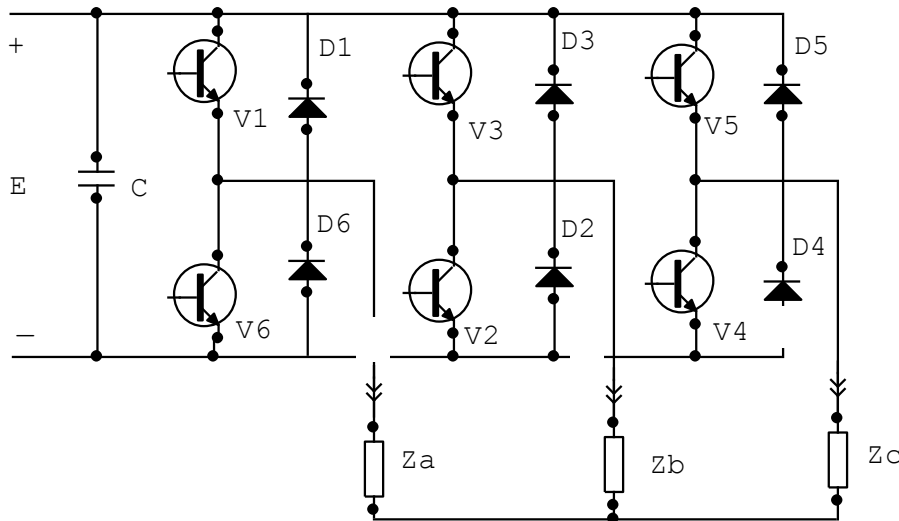


Hình 6.11: Dạng tín hiệu điều khiển

Mạch nghịch lưu độc lập nguồn áp ba pha:

Sơ đồ mạch nghịch lưu độc lập nguồn áp ba pha được trình bày ở Hình 6.12. Sơ đồ gồm 06 van điều khiển hoàn toàn gồm $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$ và các diốt ngược $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6$. Các diốt ngược giúp cho quá trình trao đổi công suất phản kháng

giữa tải với nguồn. Đầu vào một chiều là một nguồn áp đặc trưng với tụ C có giá trị đủ lớn. Phụ tải ba pha đối xứng $Z_a = Z_b = Z_c$. có thể đấu hình sao hay tam giác.

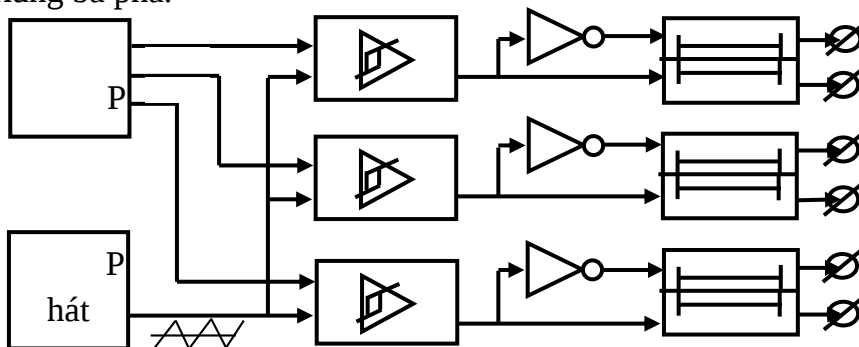


Hình 6.12 : Sơ đồ nguyên lý mạch nghịch lưu ba pha độc lập

Để tạo ra hệ thống điện áp xoay chiều ba pha có cùng biên độ nhưng lệch nhau một góc 120° về pha, các van được điều khiển theo thứ tự cách nhau 60° . Khoảng điều khiển dẫn của mỗi van có thể trong khoảng 120° đến 180° . Để thuận tiện cho việc xây dựng hệ thống điều khiển góc điều khiển thường được chọn các giá trị 120° , 150° , hay 180° .

Ngày nay, nghịch lưu áp ba pha thường được dùng chủ yếu với phương pháp biến điệu độ rộng xung, đảm bảo điện áp ra có dạng hình sin. Để dạng điện áp ra không phụ thuộc tải người ta thường dùng biến điệu bề rộng xung hai cực tính, như vậy mỗi pha của mạch điện ba pha có thể điều khiển độc lập nhau.

Vấn đề chính của biến điệu bề rộng xung ba pha là phải có ba sóng sin chủ đạo có biên độ bằng nhau chính xác và lệch pha nhau chính xác 120° trong toàn bộ giải điều chỉnh. Điều này rất khó thực hiện bằng các mạch tương tự. Ngày nay người ta đã chế tạo các mạch biến điệu bề rộng xung ba pha dùng mạch số bởi các bộ vi xử lý. đặc biệt nhờ đó dạng xung điều khiển ra sẽ tuyệt đối đối xứng và khoảng dẫn của mỗi van sẽ được xác định chính xác, kể cả thời gian trễ của các van trong cùng một pha để tránh dòng xuyên giao giữa hai van. Hình 6.13 mô tả cấu trúc của một hệ thống biến điệu bề rộng xung ba pha.



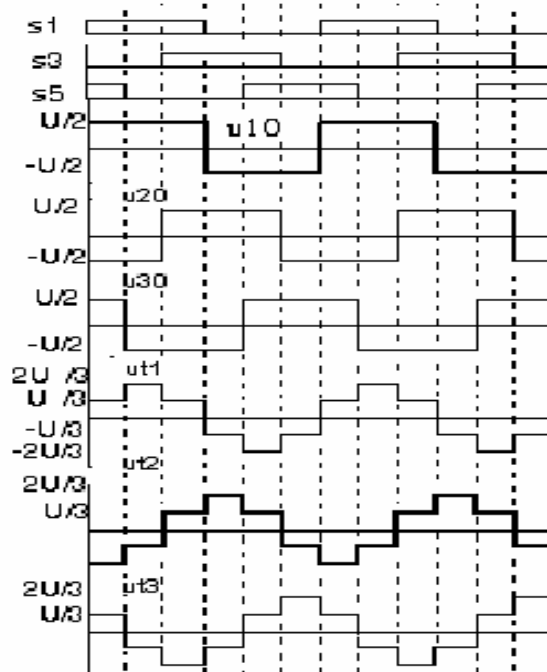
Hình 6.13: Hệ thống biến điệu bề rộng xung ba pha

6.4 Các phương pháp điều khiển bộ nghịch lưu áp

6.4.1 Phương pháp điều biên

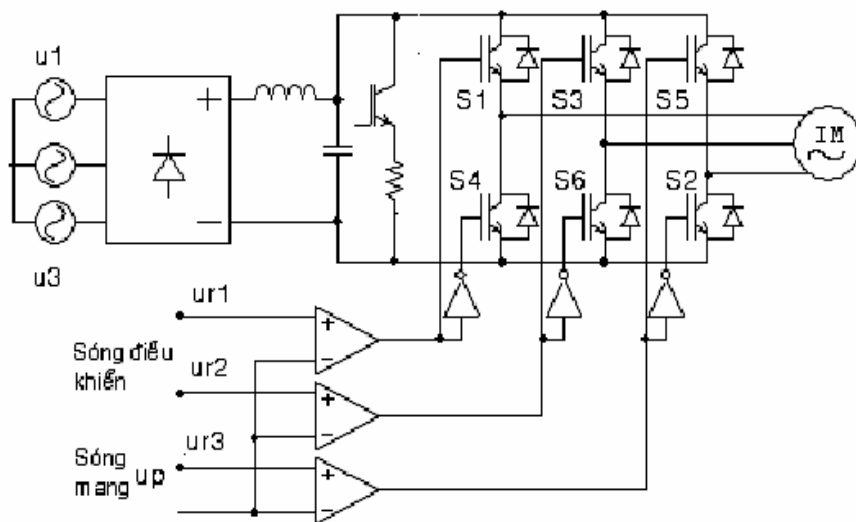
- Độ lớn điện áp ra được điều khiển bằng cách điều khiển điện áp nguồn DC.
- Bộ nghịch lưu áp thực hiện chức năng điều khiển tần số điện áp ở ngõ ra.
- Các cặp công tắc trên cùng một pha (S_1 và S_4 ; S_3 và S_6 ; S_5 và S_2) được kích đóng với thời gian bằng nhau và bằng một nửa chu kỳ áp ra.

Tần số áp ra bằng tần số đóng ngắt của các linh kiện.



Hình H6.14 Giải đồ xung kích và điện áp ra của bộ nghịch lưu áp theo phương pháp điều khiển theo biên độ

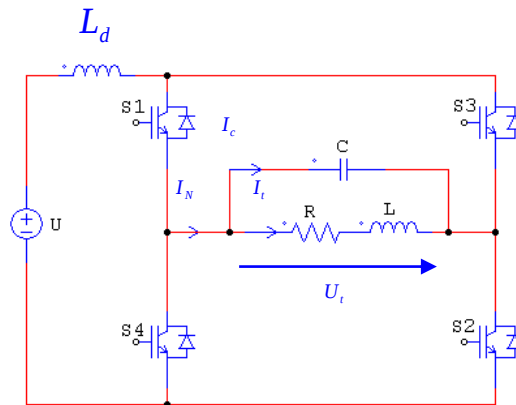
6.3.2 Phương pháp điều chế độ rộng xung



Sơ đồ nguyên lý phương pháp điều chế xung

6.4 Bộ nghịch lưu dòng điện

6.4.1 Bộ nghịch lưu dòng một pha

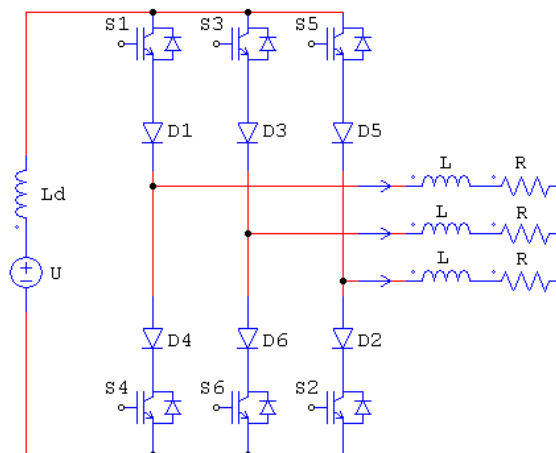


Linh kiện phải có khả năng điều khiển ngắt dòng điện.

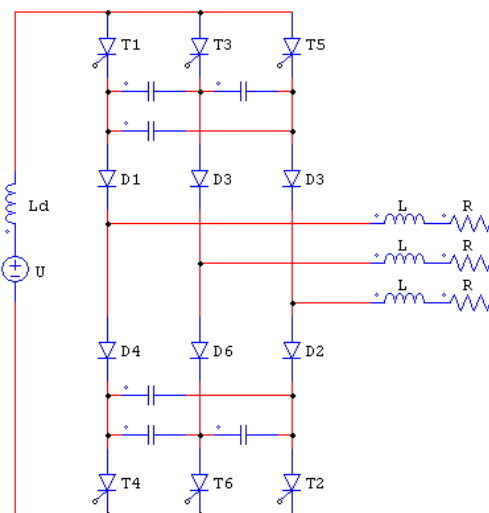
Có thể sử dụng IGBT mắc nối tiếp với diode cao áp hoặc sử dụng linh kiện GTO

L_d có giá trị rất lớn ($L_d = \infty$) làm cho dòng điện đầu vào luôn phẳng

6.4.2 Bộ nghịch lưu dòng ba pha

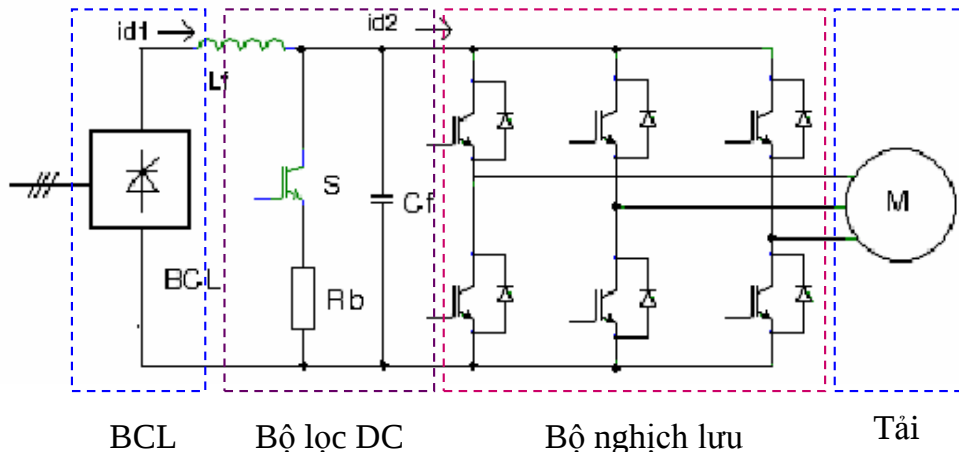


Dạng mạch chứa diode cao áp bảo vệ



Dạng mạch chứa tụ chuyển mạch

6.5 Bộ biến tần gián tiếp



Bộ lọc DC:

- + Chứa tụ lọc với điện dung khá lớn C_f (khoảng vài ngàn μF) mắc vào ngõ vào của bộ nghịch lưu. Điều này giúp cho mạch lọc DC hoạt động như nguồn điện áp.
- + Tụ điện cùng với cuộn cảm L_f của mạch lọc DC tạo thành mạch lọc nắn điện áp chỉnh lưu.
- + Cuộn kháng L_f có tác dụng nắn dòng điện chỉnh lưu (có thể không cần cuộn L_f).

Bộ chỉnh lưu:

- + Dạng một pha hoặc ba pha.
- + Quá trình chuyển mạch của bộ nghịch lưu áp thường là quá trình chuyển đổi cưỡng bức.

Bộ chỉnh lưu:

- + Chỉnh lưu điện áp xoay chiều với tần số cố định ở ngõ vào thành điện áp một chiều.
- + Chỉnh lưu có thể điều khiển được hoặc không điều khiển (thường là không điều khiển).

Khi trên tụ C_f bị quá điện áp thì điện áp được xả qua nhánh $S-R_b$.

Ta có thể sử dụng bộ chỉnh lưu kép để đưa năng lượng quá áp trên tụ C_f về nguồn lưới điện xoay chiều.

Bộ chỉnh lưu kép cho phép thực hiện đảo chiều dòng điện qua bộ chỉnh lưu và trong điều kiện chiều điện áp tụ lọc không đổi dấu, năng lượng được trả về lưới điện xoay chiều qua bộ chỉnh lưu.

6.6 Bộ biến tần trực tiếp

Tạo nên điện áp xoay chiều ở ngõ ra với trị hiệu dụng và tần số điều khiển được khi nguồn điện áp xoay chiều ở ngõ vào có tần số và biên độ không đổi

Phân loại

Theo quá trình chuyển mạch, bộ biến tần trực tiếp được phân biệt làm hai loại:

- + Bộ biến tần có quá trình chuyển mạch phụ thuộc
- + Bộ biến tần có quá trình chuyển mạch cưỡng bức.

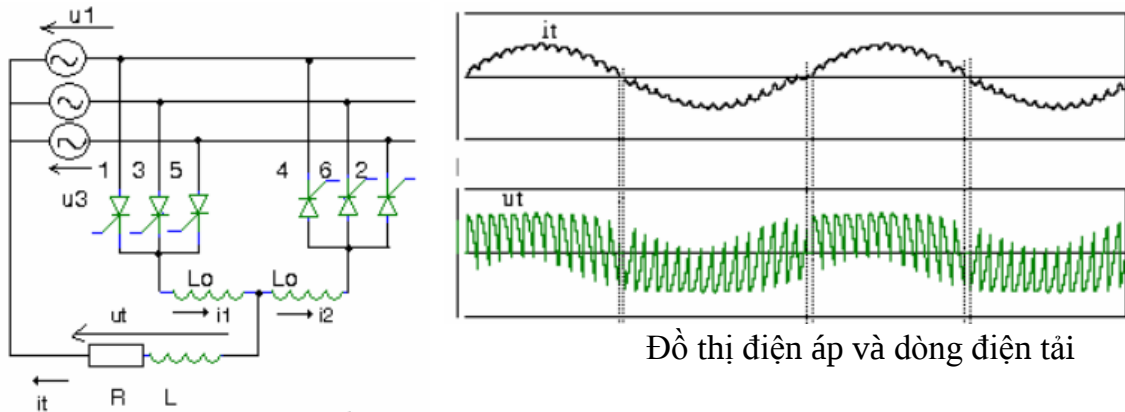
Bộ biến tần trực tiếp với quá trình chuyển mạch cường bức chứa các linh kiện tự chuyển mạch như GTO, transistor.

Theo quá trình chuyển mạch, bộ biến tần trực tiếp được phân biệt làm hai loại:

- + Bộ biến tần có quá trình chuyển mạch phụ thuộc
- + Bộ biến tần có quá trình chuyển mạch cường bức.

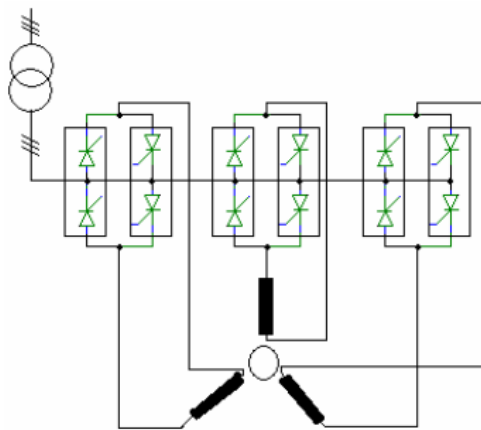
Bộ biến tần trực tiếp với quá trình chuyển mạch cường bức chứa các linh kiện tự chuyển mạch như GTO, transistor.

6.6.1 Bộ biến tần trực tiếp 1 pha



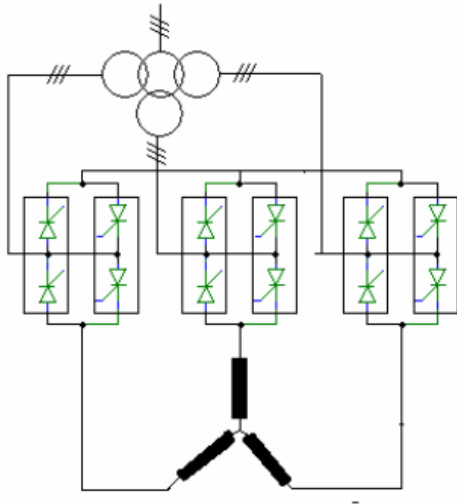
Bộ biến tần trực tiếp với quá trình chuyển mạch phụ thuộc điện áp nguồn xoay chiều

6.6.2. Bộ biến tần trực tiếp 3 pha



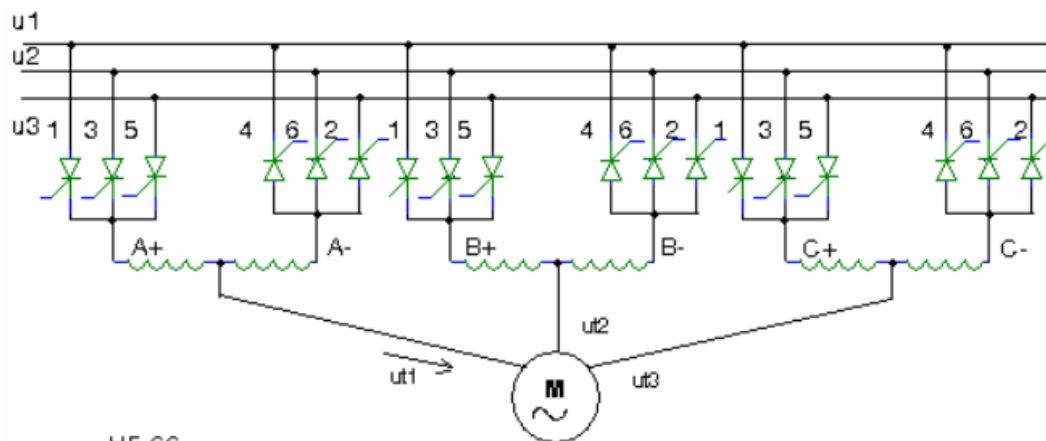
Cấu trúc bộ biến tần trực tiếp mắc chung nguồn thứ cấp MBA

Cấu trúc có chung cuộn thứ cấp máy biến áp đòi hỏi mạch tải ba pha có điểm trung tính để hồ



Sử dụng cho các tải 3 pha có các pha tải không thể phân cách độc lập

Cấu trúc bộ biến tần trực tiếp mắc riêng nguồn thứ cấp MBA



H5.66

Sơ đồ mạch công suất bộ biến tần trực tiếp gồm các bộ chỉnh lưu tia ba pha