

TRƯỜNG ĐẠI HỌC VINH
VIỆN KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ



TÀI LIỆU THỰC HÀNH
ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

TS. Dương Đình Tú

Nghệ An, 9/2022

MỤC LỤC

Bài 1: Bộ chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển	5
1.1. Cơ sở lý thuyết	5
1.1.1. Cấu trúc chung của bộ chỉnh lưu	5
1.1.2. Tải điện trở	5
1.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp.....	6
1.1.4. Tải điện trở-cuộn cảm-nguồn một chiều mắc nối tiếp.....	7
1.1.5. Sử dụng bộ lọc tụ điện	8
1.2. Các bước thực hành.....	9
1.3. Kết luận	12
Bài 2: Bộ chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển	13
2.1. Cơ sở lý thuyết	13
2.1.1. Tải điện trở	13
2.1.2. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp.....	14
2.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm-nguồn một chiều mắc nối tiếp.....	15
2.2. Các bước thực hành.....	15
2.3. Kết luận	16
Bài 3: Bộ chỉnh lưu một pha cả chu kỳ không điều khiển	17
3.1. Cơ sở lý thuyết	17
3.1.1. Chỉnh lưu một pha cả chu kỳ không điều khiển.....	17
3.1.2. Tải điện trở	18
3.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp.....	18
3.1.4. Tải điện trở-cuộn cảm-nguồn một chiều mắc nối tiếp.....	19
3.1.5. Mạch chỉnh lưu cả chu kỳ sử dụng bộ lọc cuộn cảm-tụ điện	20
3.2. Các bước thực hành.....	21
3.3. Kết luận	22
Bài 4: Bộ chỉnh lưu một pha cả chu kỳ có điều khiển.....	23
4.1. Cơ sở lý thuyết	23
4.1.1. Tải điện trở	23
4.1.2. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp.....	24
4.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm-nguồn một chiều mắc nối tiếp.....	26
4.2. Các bước thực hành.....	26

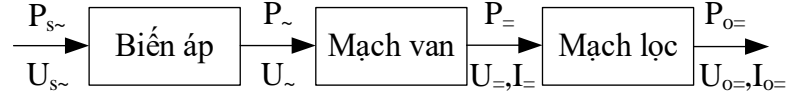
4.3. Kết luận	28
Bài 5: Bộ chỉnh lưu ba pha	29
5.1. Cơ sở lý thuyết	29
5.1.1. Mạch chỉnh lưu ba pha không điều khiển.....	29
5.1.2. Mạch chỉnh lưu ba pha có điều khiển.....	30
5.2. Các bước thực hành.....	31
5.3. Kết luận	32
Bài 6: Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha.....	33
6.1. Cơ sở lý thuyết	33
6.1.1. Tải điện trở	33
6.1.2. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp.....	34
6.2. Các bước thực hành.....	35
6.3. Kết luận	36
Bài 7: Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha	37
7.1. Cơ sở lý thuyết	37
7.1.1. Tải điện trở mắc theo sơ đồ hình sao	37
7.1.2. Tải điện trở mắc theo sơ đồ hình tam giác	38
7.2. Các bước thực hành.....	39
7.3. Kết luận	39
Bài 8: Bộ biến đổi điện áp một chiều loại giảm áp	40
8.1. Cơ sở lý thuyết	40
8.2. Các bước thực hành.....	41
8.3. Kết luận	41
Bài 9: Bộ biến đổi điện áp một chiều loại tăng áp	42
9.1. Cơ sở lý thuyết	42
9.2. Các bước thực hành.....	43
9.3. Kết luận	43
Bài 10: Bộ biến đổi điện áp một chiều loại tăng-giảm áp	44
10.1. Cơ sở lý thuyết	44
10.2. Các bước thực hành.....	45
10.3. Kết luận	46
Bài 11: Bộ biến tần một pha	47
11.1. Cơ sở lý thuyết	47
11.1.1. Bộ biến tần dạng cầu tạo điện áp xung vuông	47

11.1.2. Bộ biến tần dạng bán cầu	48
11.1.3. Phương pháp điều chế độ rộng xung	49
11.2. Các bước thực hành.....	50
11.3. Kết luận	52
Bài 12: Bộ biến tần ba pha	53
12.1. Cơ sở lý thuyết	53
12.1.1. Bộ biến tần ba pha sáu mức	53
12.1.2. Bộ biến tần ba pha điều chế độ rộng xung	54
12.1.3. Bộ biến tần ba pha nhiều mức	54
12.2. Các bước thực hành.....	55
12.3. Kết luận	55
HƯỚNG DẪN BÁO CÁO VÀ ĐÁNH GIÁ THỰC HÀNH.....	56
TÀI LIỆU THAM KHẢO	60

Bài 1: Bộ chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển

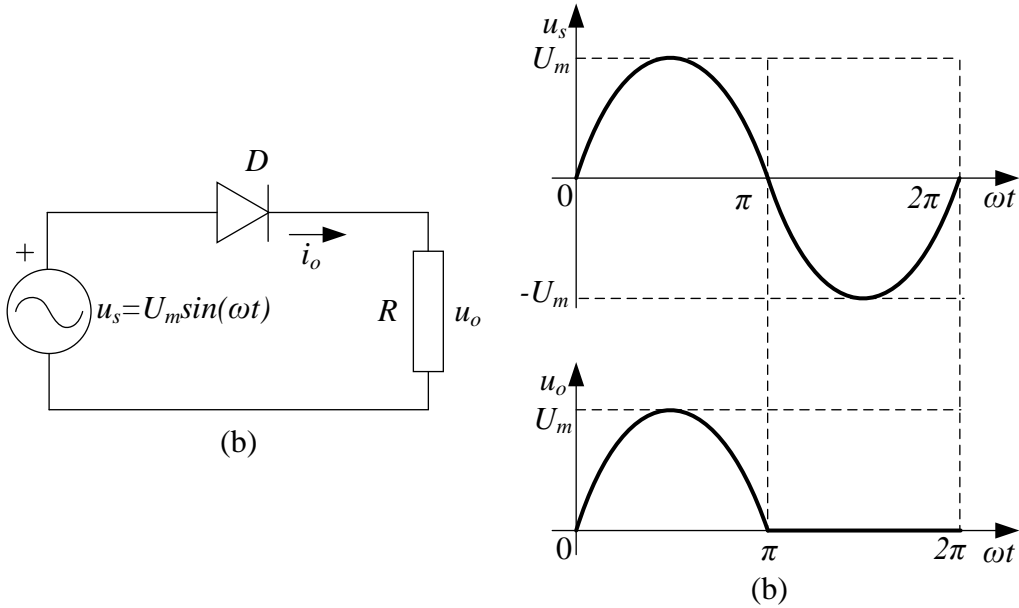
1.1. Cơ sở lý thuyết

1.1.1. Cấu trúc chung của bộ chỉnh lưu



Hình 4.1. Sơ đồ cấu trúc chung của bộ chỉnh lưu.

1.1.2. Tải điện trở



Hình 1.1. (a) Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ tải điện trở; (b) dạng sóng điện áp nguồn và tải.

1. Điện áp tải

$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi u_s(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi U_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{U_m}{\pi}. \quad (1.1)$$

2. Dòng điện tải

$$I_o = \frac{U_o}{R} = \frac{U_m}{\pi R}. \quad (1.2)$$

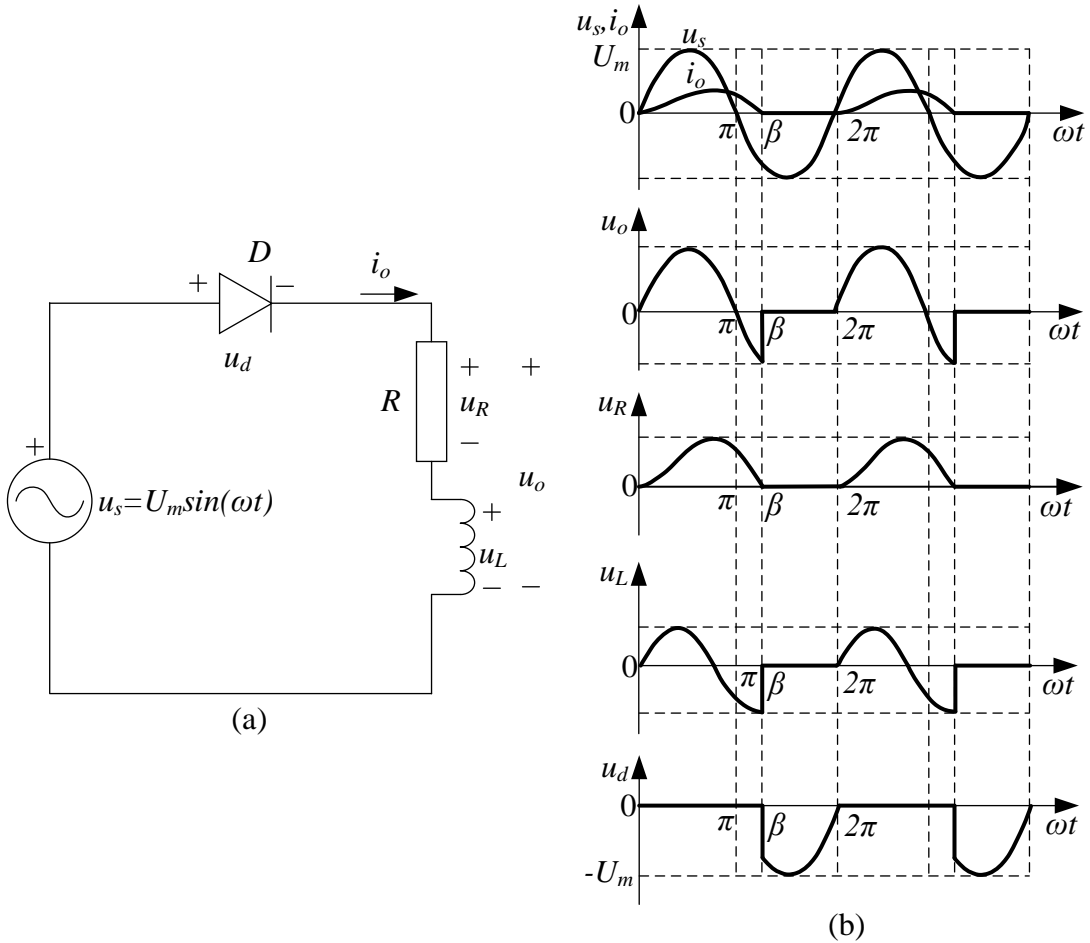
3. Công suất bị tiêu thụ trên tải

$P = I_{o,rms}^2 R = U_{o,rms}^2 / R$, trong đó $U_{o,rms}$, $I_{o,rms}$ là giá trị hiệu dụng của điện áp và dòng điện tải. Các giá trị này được tính:

$$U_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi [U_m \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)} = \frac{U_m}{2}, \quad (1.3)$$

$$I_{o,rms} = \frac{U_m}{2R}.$$

1.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp



Hình 1.2. (a) Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ tải điện trở-cuộn cảm; (b) các dạng sóng.

1. Dòng điện tải

$$i_o(\omega t) = \begin{cases} \frac{U_m}{Z} \left[\sin(\omega t - \theta) + \sin(\theta) e^{-\frac{\omega t}{\tau}} \right] & \text{nếu } 0 \leq \omega t \leq \beta, \\ 0 & \text{nếu } \beta \leq \omega t \leq T \end{cases}, \quad (1.4)$$

trong đó: $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$, $\theta = \tan^{-1}(\omega L/R)$ và $\tau = L/R$.

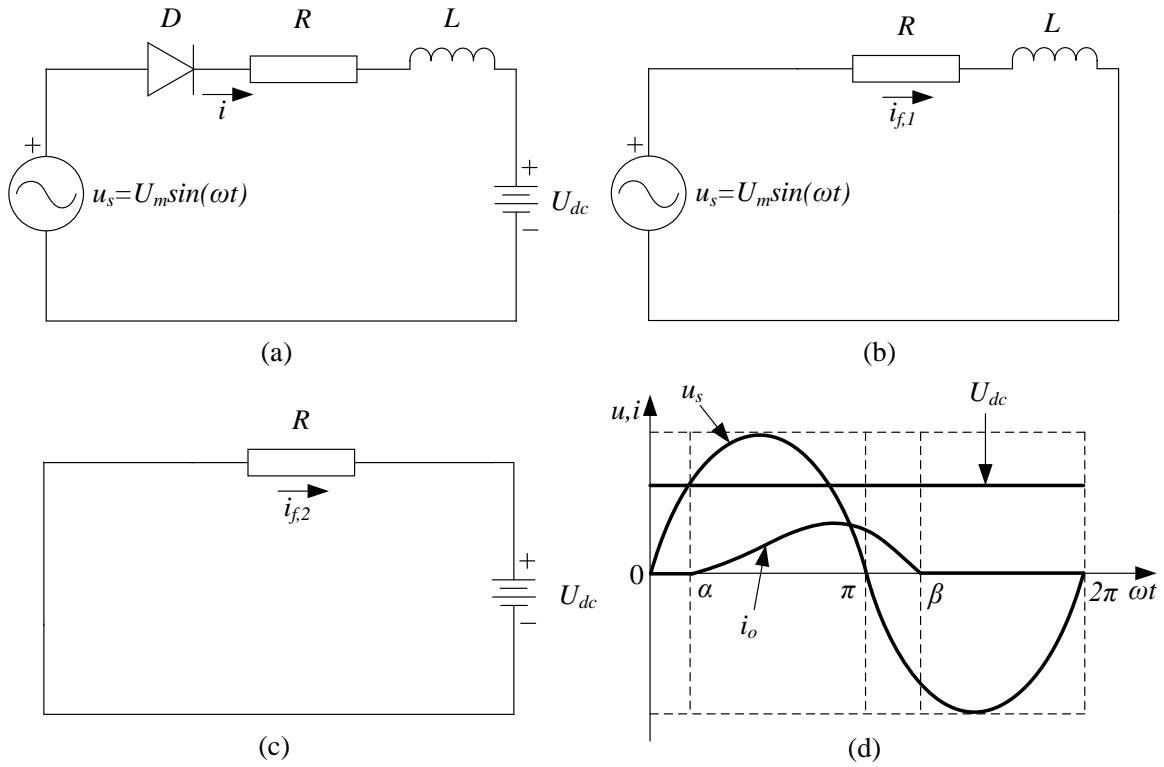
$$I_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^\beta i_o(\omega t) d(\omega t). \quad (1.5)$$

2. Công suất tiêu thụ trên tải

$$P = I_{o,rms}^2 R,$$

$$I_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i(\omega t) d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{\beta} i(\omega t) d(\omega t)}. \quad (1.6)$$

1.1.4. Tải điện trở-cuộn cảm-nguồn một chiều mắc nối tiếp



Hình 1.3. (a) Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ với tải $R-L-U_{dc}$; (b) mạch tương đương khi năng lượng được cung cấp từ nguồn tới tải; (c) mạch tương đương khi năng lượng được đưa từ tải về nguồn; (d) dạng sóng điện áp và dòng điện.

Diode chỉ bật bắt đầu từ thời điểm α :

$$\alpha = \sin^{-1} \left(\frac{U_{dc}}{U_m} \right). \quad (1.7)$$

1. Dòng điện tải

$$i_o(\omega t) = \begin{cases} \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t - \theta) - \frac{U_{dc}}{R} + Ae^{-\frac{\omega t}{\omega \tau}} & \text{nếu } \alpha \leq \omega t \leq \beta \\ 0 & \text{nếu } \omega t < \alpha \text{ hoặc } \omega t > \beta \end{cases}, \quad (1.8)$$

Giá trị β được xác định:

$$\sin(\beta - \theta) + \sin(\theta) e^{-\frac{\beta}{\omega\tau}} = 0.$$

Hệ số A được xác định:

$$A = \left[-\frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \beta) + \frac{U_{dc}}{R} \right] e^{\alpha/\omega\tau}. \quad (1.9)$$

2. Công suất tiêu thụ trên tải

Giá trị trung bình của công suất tiêu thụ trên điện trở là $P_R = I_{R,rms}^2 R = I_{o,rms}^2 R$, trong đó:

$$I_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o^2(\omega t) d(\omega t)}. \quad (1.10)$$

Giá trị trung bình của công suất tiêu thụ của nguồn một chiều trên tải là:

$$P_{dc} = I_o U_{dc}, \quad (1.11)$$

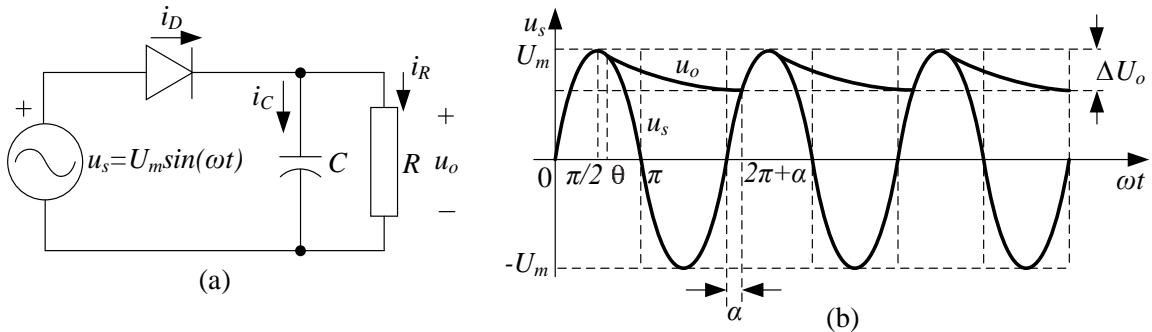
trong đó I_o là giá trị trung bình của dòng điện tải:

$$I_o = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o(\omega t) d(\omega t). \quad (1.12)$$

Giả thiết diode và cuộn cảm là lý tưởng, công suất cung cấp bởi nguồn xoay chiều sẽ bằng tổng công suất bị tiêu thụ bởi điện trở và nguồn một chiều:

$$\begin{aligned} P_o &= P_R + P_{dc} = I_{o,rms}^2 R + I_o U_{dc} \\ P_s &= P_o = I_{o,rms}^2 R + I_o U_{dc} \end{aligned} \quad (1.13)$$

1.1.5. Sử dụng bộ lọc tụ điện



Hình 1.4. (a) Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ tải điện trở với bộ lọc tụ điện; (b) dạng sóng điện áp đầu vào và đầu ra.

1. Điện áp tải

$$u_o(\omega t) = \begin{cases} U_m \sin \omega t & \text{nếu diode bật} \\ U_\theta e^{-\frac{\omega t - \theta}{\omega RC}} & \text{nếu diode tắt} \end{cases}, \quad (1.14)$$

2. Thời điểm θ khi diode tắt ở nửa chu kỳ dương đầu tiên

$$\theta = \tan^{-1}(-\omega RC) = -\tan^{-1}(\omega RC) + \pi. \quad (1.15)$$

Trong các mạch thực tế, khi mà hằng số thời gian là lớn hơn nhiều lần so với chu kỳ của điện áp nguồn T , chúng ta có thể lấy gần đúng giá trị của θ :

$$\theta = \tan^{-1}\left(2\pi \cdot \frac{RC}{T}\right) \approx \frac{\pi}{2} \text{ và } U_m \sin \theta \approx U_m. \quad (1.16)$$

3. Góc α mà tại đó diode bật trong nửa chu kỳ dương thứ hai

$$\sin \alpha - \sin \theta \cdot e^{-\frac{(2\pi + \alpha - \theta)}{\omega RC}} = 0. \quad (1.17)$$

4. Các dòng điện trong mạch

$$i_R = \frac{u_o}{R}.$$

$$i_C(\omega t) = \begin{cases} -\left(\frac{U_m \sin \theta}{R}\right) e^{-\frac{(\omega t - \theta)}{\omega RC}} & \text{nếu } \theta \leq \omega t \leq (2\pi + \alpha) \\ \omega C U_m \cos(\omega t) & \text{nếu } (2\pi + \alpha) \leq \omega t \leq (2\pi + \theta) \end{cases}. \quad (1.18)$$

$$i_S = i_D = i_R + i_C. \quad (1.19)$$

$$I_{C,peak} = \omega C U_m \cos(2\pi + \alpha) = \omega C U_m \cos \alpha. \quad (1.20)$$

$$I_{D,peak} = \omega C U_m \cos \alpha + \frac{U_m \sin \alpha}{R} = U_m \left(\omega C \cos \alpha + \frac{\sin \alpha}{R} \right). \quad (1.21)$$

5. Độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra

$$\Delta U_o = U_m - U_m \sin \alpha = U_m (1 - \sin \alpha). \quad (1.42)$$

Trong điều kiện đang xét $RC \gg T$, hay $\frac{T}{RC} \rightarrow 0$, độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra xấp xỉ gần đúng là:

$$\Delta U_o \approx \frac{U_m}{fRC}. \quad (1.23)$$

1.2. Các bước thực hành

Bài 1.1. Cho mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển tải R có các tham số như sau: Nguồn xoay chiều đầu vào có $U_{s,rms} = 120 \text{ V}$ và $f = 60 \text{ Hz}$, $R = 5 \Omega$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ bởi tải.

5. Xác định hệ số công suất của mạch.

Bài 1.2. Cho mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển tải R - L có các tham số: Nguồn xoay chiều đầu vào có $U_{s,rms} = 100$ V và $f = 60$ Hz, $R = 100$ Ω , $L = 0,1$ H.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ bởi tải.

5. Xác định hệ số công suất của mạch.

Bài 1.3. Cho mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển tải R - L - U_{dc} có các tham số như sau: Nguồn xoay chiều đầu vào có $U_{s,rms} = 120$ V và $f = 60$ Hz, $R = 2$ Ω , $L = 20$ mH, $U_{dc} = 100$ V.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ bởi điện trở.

5. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ bởi nguồn 1 chiều trên tải.

6. Xác định hệ số công suất của mạch.

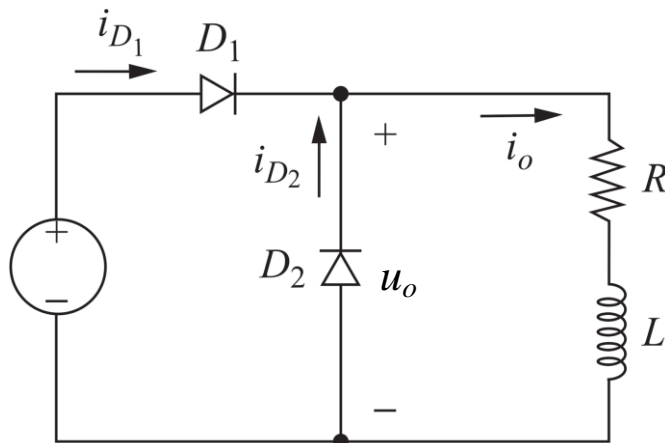
Bài 1.4. Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển có tụ lọc có các tham số: Điện áp xoay chiều đầu vào có $U_{s,rms} = 120$ V và $f = 60$ Hz, $R = 500$ Ω và $C = 100$ μ F.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra.
5. Xác định giá trị cực đại của dòng điện trong diode.
6. Tăng/ giảm giá trị tụ điện lên/ xuống là $20\ \mu\text{F}$ và $400\ \mu\text{F}$. Cho biết kết quả dạng sóng điện áp và dòng điện tải thay đổi như thế nào? Xác định độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra trong 2 trường hợp trên.

Bài 1.5. Cho mạch chỉnh lưu nửa chu kì không điều khiển tải L - U_{dc} có các tham số như sau: Nguồn xoay chiều đầu vào có $U_{s,rms} = 120\ \text{V}$ và $f = 60\ \text{Hz}$, $L = 50\ \text{mH}$, $U_{dc} = 72\ \text{V}$.

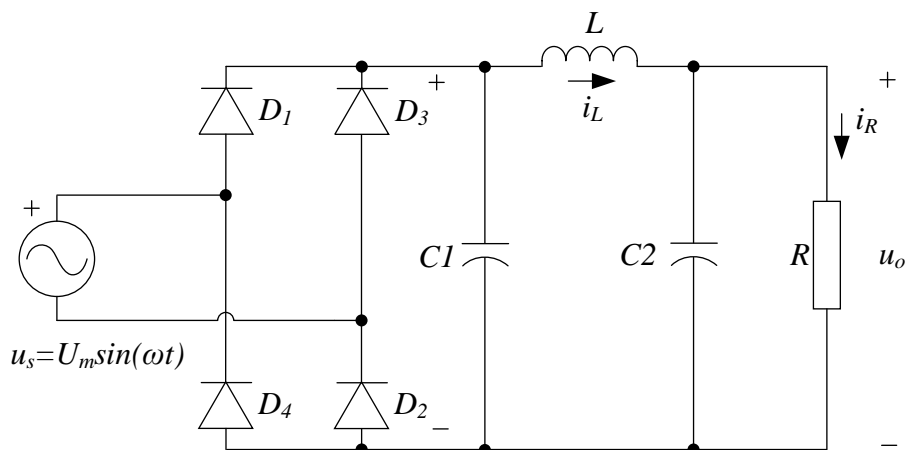
1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.
5. Xác định hệ số công suất của mạch.

Bài 1.6. Cho mạch chỉnh lưu nửa chu kì không điều khiển với diode tự do (như hình dưới) có các tham số như sau: Nguồn xoay chiều đầu vào có $U_{s,m} = 100\ \text{V}$ và $f = 60\ \text{Hz}$, $L = 25\ \text{mH}$, $R = 2\ \Omega$.



1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định giá trị hiệu dụng của dòng điện tải.
5. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.
6. Nhận xét mối quan hệ giữa điện áp trung bình đầu ra với điện áp cực đại đầu vào?
7. Tăng giá trị L đến một giá trị rất lớn ($L \gg R$). Nhận xét về dạng sóng của dòng điện đầu ra?

Bài 1.7. Thiết kế mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ không điều khiển với đầy đủ 3 khối: Khối biến áp, khối mạch van và khối mạch lọc. Mạch lọc lần lượt sử dụng 3 loại bộ lọc như sau: bộ lọc tụ điện C , bộ lọc cuộn cảm L , bộ lọc $L-C$, bộ lọc $C-L-C$. Đối với mỗi bộ lọc, hãy đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy? Lưu ý rằng bộ lọc L được mắc nối tiếp với tải, bộ lọc C được mắc song song với tải. Bộ lọc $C-L-C$ được thiết kế như hình dưới đây.



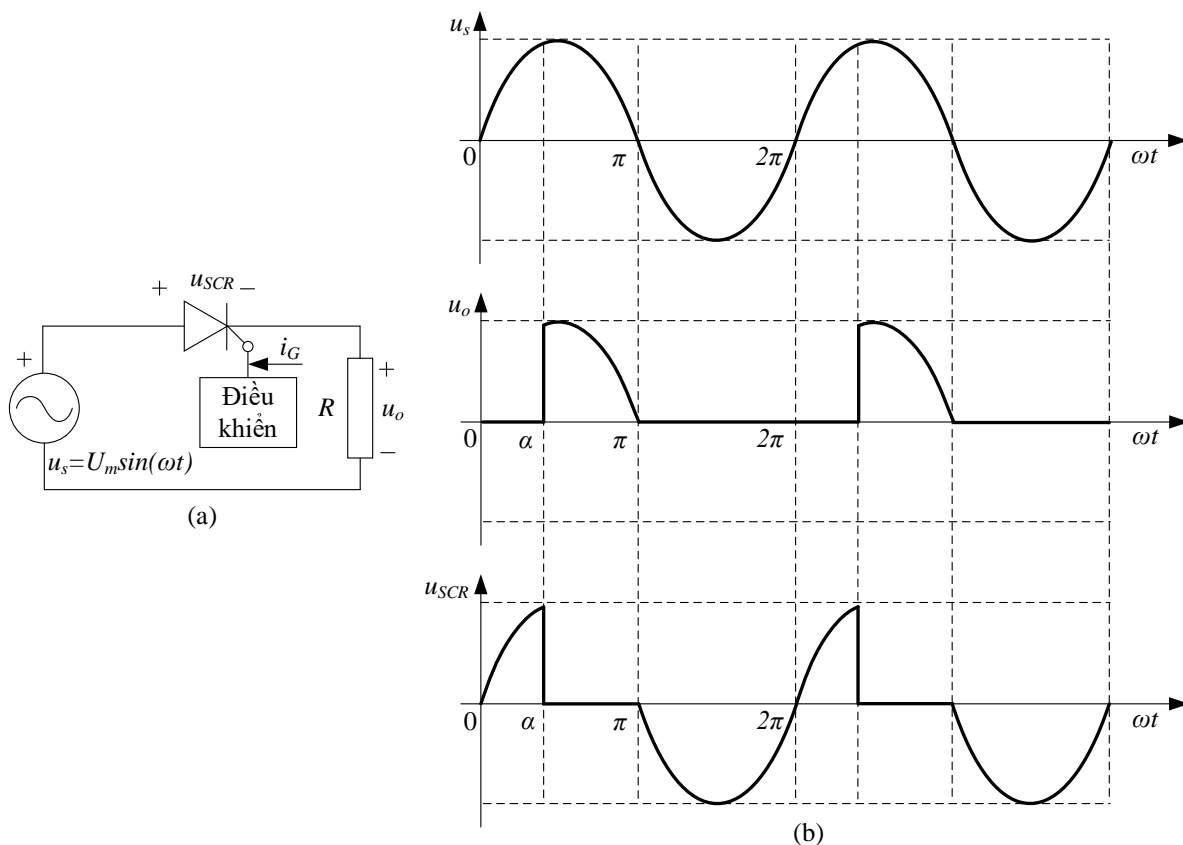
1.3. Kết luận

Bài 2: Bộ chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển

2.1. Cơ sở lý thuyết

Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển sử dụng van chuyển mạch SCR thay thế cho van chuyển mạch diode.

2.1.1. Tải điện trở



Hình 2.1. (a) Mạch chỉnh lưu có điều khiển cơ bản; (b) các dạng sóng của điện áp.

1. Điện áp tải

$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_o(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} u_s(\omega t) d(\omega t) = \frac{U_m}{2\pi} (1 + \cos \alpha). \quad (2.1)$$

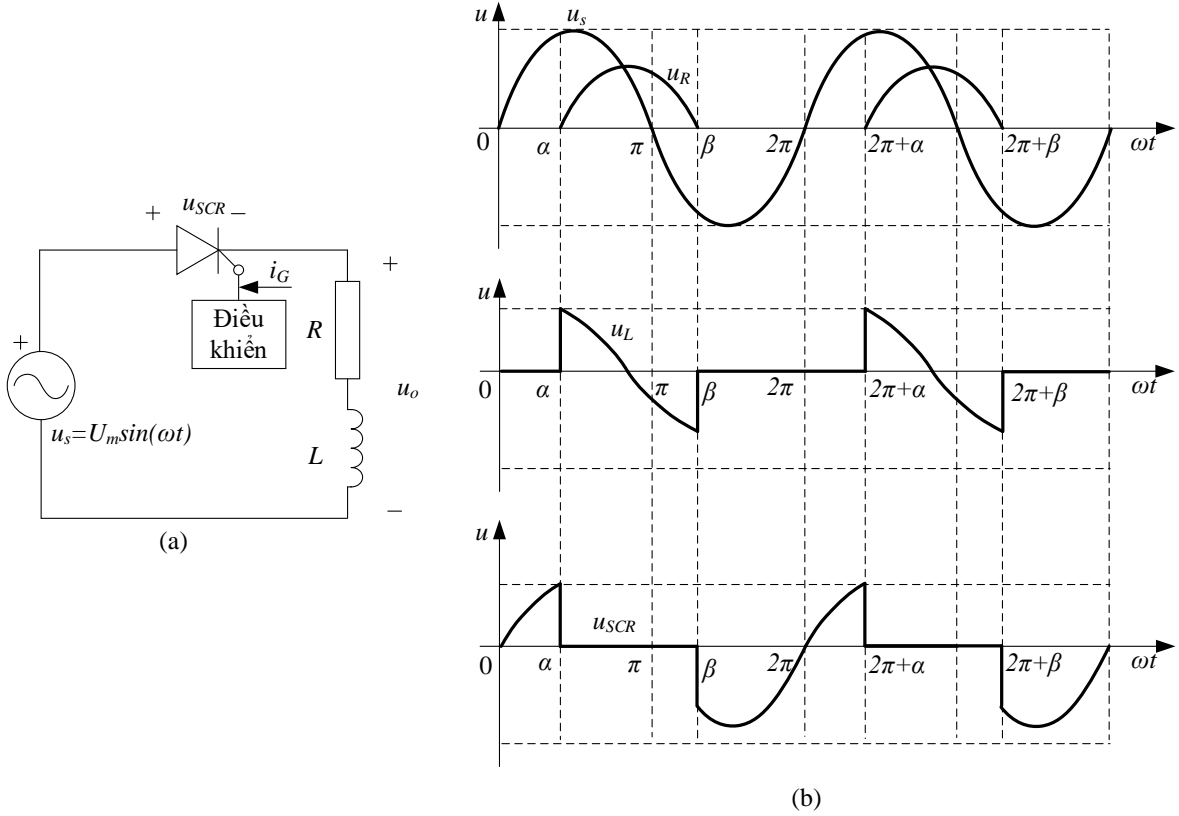
2. Công suất tiêu thụ trên tải

$P = U_{o,rms}^2 / R$, trong đó:

$$U_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_o^2(\omega t) d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} [U_m \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)}$$

$$= \frac{U_m}{2} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}. \quad (2.2)$$

2.1.2. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp



Hình 2.2. (a) Mạch chỉnh lưu có điều khiển tải R - L ; (b) Các dạng sóng của điện áp.

1. Dòng điện tải

$$i_o(\omega t) = \begin{cases} \frac{U_m}{Z} \left[\sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{\frac{\alpha - \omega t}{\omega \tau}} \right] & \text{nếu } \alpha \leq \omega t \leq \beta \\ 0 & \text{nếu } \omega t < \alpha \text{ hoặc } \omega t > \beta \end{cases} \quad (2.3)$$

Với β :

$$i_o(\beta) = \frac{U_m}{Z} [\sin(\beta - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{(\alpha - \beta)/\omega \tau}] = 0. \quad (2.4)$$

Góc $\gamma = \beta - \alpha$: góc dẫn.

2. Điện áp và dòng điện tải

$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} U_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{U_m}{2\pi} (\cos \alpha - \cos \beta). \quad (2.5)$$

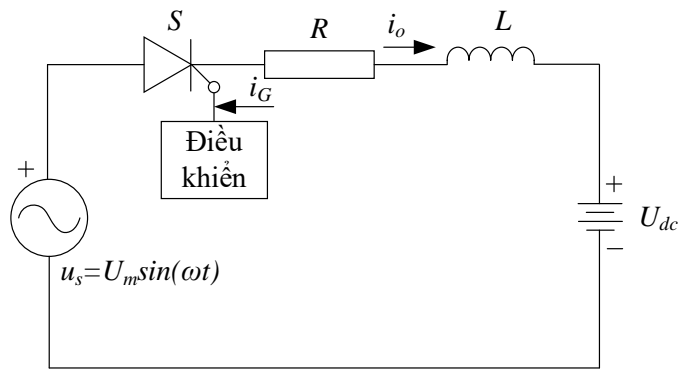
$$I_o = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o(\omega t) d(\omega t). \quad (2.6)$$

3. Công suất tiêu thụ trên tải

$P = I_{o,rms}^2 R$, trong đó $I_{o,rms}$ được xác định:

$$I_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o^2(\omega t) d(\omega t)}. \quad (2.7)$$

2.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm-nguồn một chiều mắc nối tiếp



Hình 2.3. Mạch chỉnh lưu có điều khiển với tải $R-L-U_{dc}$.

1. Điều kiện của góc bật SCR

$$\alpha > \alpha_{min} = \sin^{-1} \left(\frac{U_{dc}}{U_m} \right). \quad (2.8)$$

2. Dòng điện tải

$$i_o(\omega t) = \begin{cases} \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t - \theta) - \frac{U_{dc}}{R} + Ae^{-\frac{\omega t}{\tau}} & \text{nếu } \alpha \leq \omega t \leq \beta, \\ 0 & \text{nếu } \omega t < \alpha \text{ hoặc } \omega t > \beta \end{cases}, \quad (2.9)$$

hệ số A được xác định:

$$A = \left[-\frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \theta) + \frac{U_{dc}}{R} \right] e^{\frac{\alpha}{\omega\tau}}.$$

2.2. Các bước thực hành

Bài 2.1. Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển tải điện trở có các thông số: $R = 200 \, \Omega$, điện áp nguồn cung cấp có $U_{s,rms} = 120 \, \text{V}$ và $f = 60 \, \text{Hz}$. anpha =30

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ bởi điện trở.

5. Xác định hệ số công suất của mạch.

Bài 2.2. Cho mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển tải $R-L$ với các tham số: Nguồn xoay chiều có giá trị hiệu dụng là 120 V tại tần số 60 Hz, $R = 20 \Omega$, $L = 0,04 \text{ H}$, góc bật của SCR $\alpha = 45^\circ$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.

5. Xác định hệ số công suất của mạch.

Bài 2.3. Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ có điều khiển với tải $R-L-U_{dc}$ có các tham số: Nguồn xoay chiều đầu vào có $U_{s,rms} = 120 \text{ V}$ và $f = 60 \text{ Hz}$, $R = 2 \Omega$, $L = 20 \text{ mH}$, $U_{dc} = 100 \text{ V}$, $\alpha = 45^\circ$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên điện trở.

5. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên nguồn một chiều ở tải.

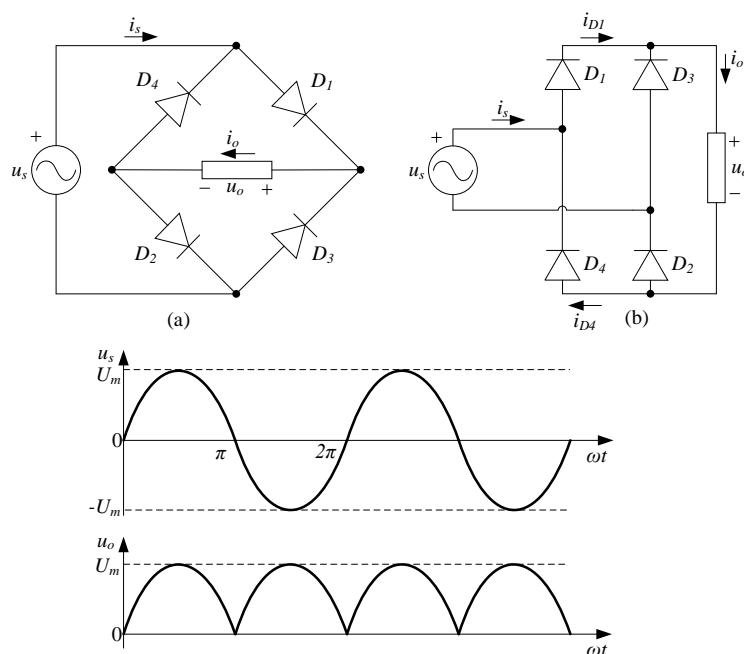
2.3. Kết luận

Bài 3: Bộ chỉnh lưu một pha cả chu kỳ không điều khiển

3.1. Cơ sở lý thuyết

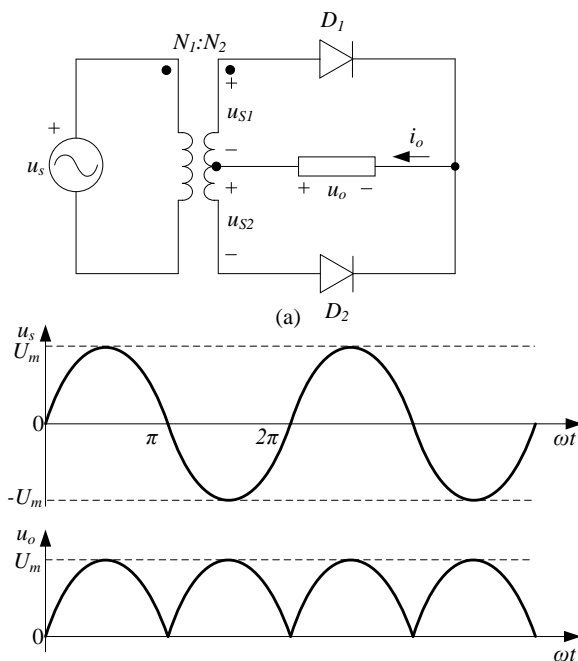
3.1.1. Chỉnh lưu một pha cả chu kỳ không điều khiển

1. Mạch chỉnh lưu cầu



Hình 3.1. Mạch chỉnh lưu cầu: (a) Sơ đồ mạch điện; (b) sơ đồ tương đương; (c) các dạng sóng.

2. Mạch chỉnh lưu với biến áp có điểm giữa



Hình 3.2. Mạch chỉnh lưu với biến áp có điểm giữa: (a) Sơ đồ mạch điện; (b) các dạng sóng.

3.1.2. Tải điện trở

1. Điện áp tải

$$u_o(\omega t) = \begin{cases} U_m \sin \omega t & \text{nếu } 0 \leq \omega t \leq \pi \\ -U_m \sin \omega t & \text{nếu } \pi \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases} \quad (3.1)$$

$$U_o = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} U_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{2U_m}{\pi}. \quad (3.2)$$

2. Dòng điện tải

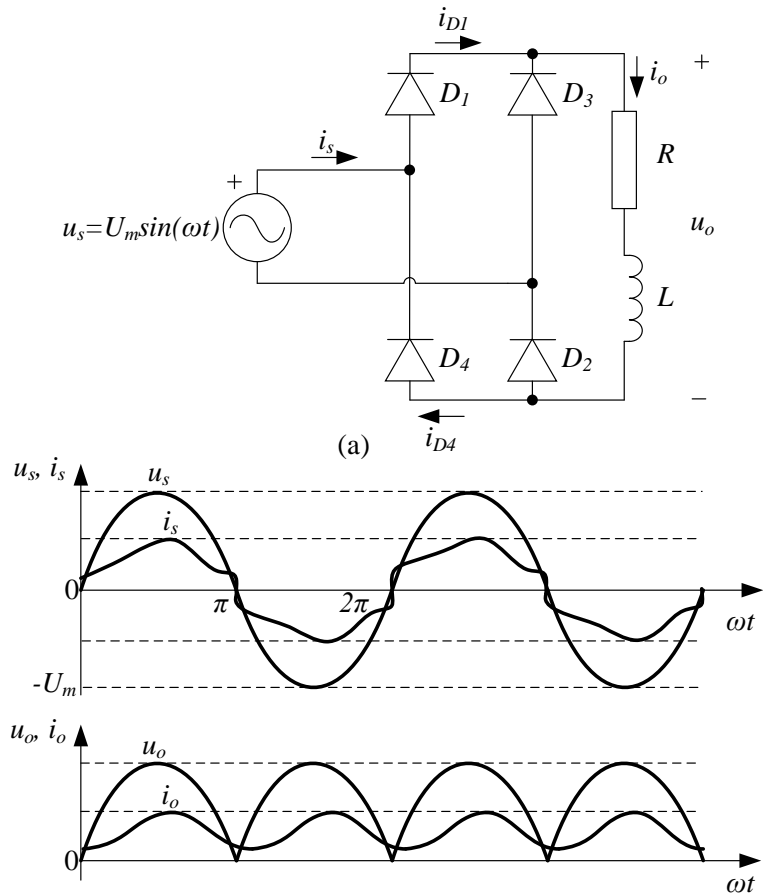
$$I_o = \frac{U_o}{R} = \frac{2U_m}{\pi R}. \quad (3.3)$$

3. Công suất tiêu thụ trên tải

$P = I_{o,rms}^2 R$, trong đó $I_{o,rms}$ được xác định:

$$I_{o,rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}. \quad (3.4)$$

3.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp



Hình 3.3. (a) Mạch chỉnh lưu cầu tải R - L ; (b) các dạng sóng.

1. Điện áp tải

$$u_o(t) = U_0 + \sum_{n=2,4,\dots}^{\infty} U_n \cos(n\omega_0 t + \pi), \quad (3.5)$$

với $U_0 = \frac{2U_m}{\pi}, U_n = \frac{2U_m}{\pi} \left(\frac{1}{n-1} - \frac{1}{n+1} \right), n = 2, 4, 6, \dots$

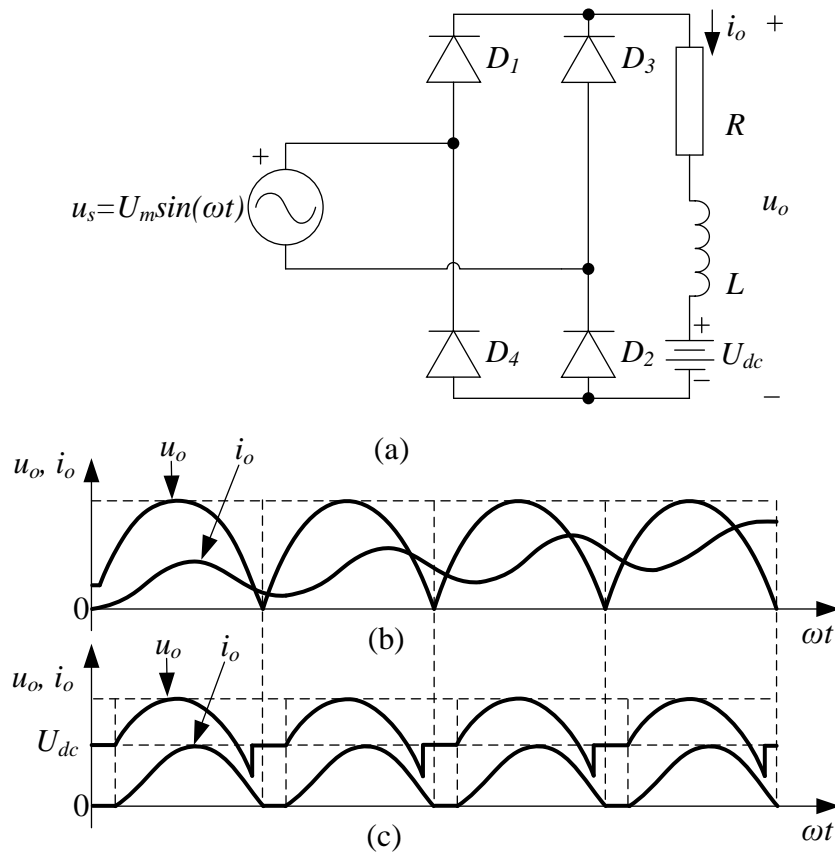
Giá trị trung bình của điện áp tải chính là giá trị của số hạng một chiều trong chuỗi Fourier: $U_o = U_0 = \frac{2U_m}{\pi}$.

2. Dòng điện tải

$$I_0 = \frac{U_0}{R}, I_n = \frac{U_n}{Z_n} = \frac{U_n}{|R + jn\omega L|}. \quad (3.6)$$

Giá trị trung bình của dòng điện tải chính là giá trị của số hạng một chiều trong chuỗi Fourier: $I_o = I_0$.

3.1.4. Tải điện trở-cuộn cảm-nguồn một chiều mắc nối tiếp



Hình 3.4. (a) Mạch chỉnh lưu cầu với tải $R-L-U_{dc}$; (b) chế độ dòng điện liên tục; (c) chế độ dòng điện gián đoạn.

1. Chế độ dòng điện liên tục

$$U_o = U_0 = \frac{2U_m}{\pi}, I_o = \frac{U_o - U_{dc}}{R} = \frac{\frac{2U_m}{\pi} - U_{dc}}{R}. \quad (3.7)$$

2. Chế độ dòng điện gián đoạn

Đối với chế độ dòng điện gián đoạn, dòng điện trong mạch được phân tích giống như mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ tải $R-L-U_{dc}$ mắc nối tiếp.

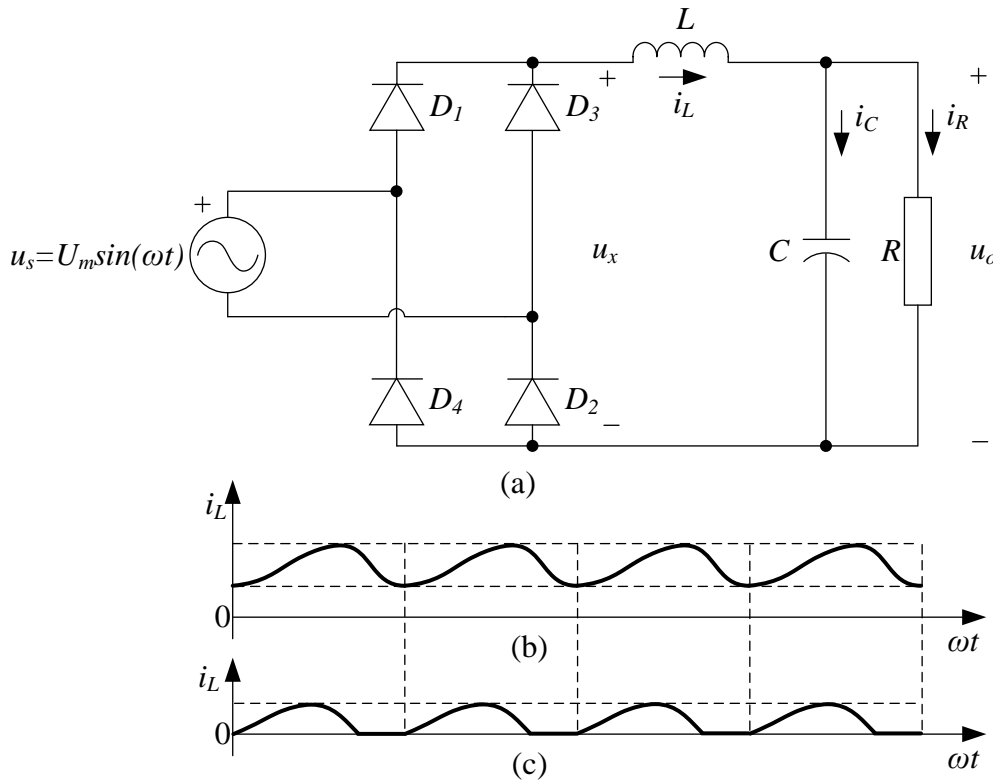
3.1.5. Mạch chỉnh lưu cả chu kỳ sử dụng bộ lọc cuộn cảm-tụ điện

1. Chế độ dòng điện liên tục

$$U_o = \frac{2U_m}{\pi}. \quad (3.8)$$

Điều kiện để dòng điện cuộn cảm là liên tục.

$$\frac{3\omega L}{R} > 1. \quad (3.9)$$



Hình 3.5. (a) Mạch chỉnh lưu cả chu kỳ với bộ lọc $L-C$ ở đầu ra; (b) dòng điện cuộn cảm liên tục; (c) dòng điện cuộn cảm gián đoạn.

2. Chế độ dòng điện gián đoạn

Dòng điện sẽ nhận giá trị dương tại thời điểm $\omega t = \alpha$:

$$\alpha = \sin^{-1} \left(\frac{U_o}{U_m} \right). \quad (3.10)$$

3.2. Các bước thực hành

Bài 3.1. Mạch chỉnh lưu cầu tải R - L có các tham số như sau: Nguồn xoay chiều đầu vào có $U_m = 100$ V và $f = 60$ Hz, $R = 10 \Omega$ và $L = 10$ mH.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định độ biến thiên đỉnh-đỉnh của dòng điện tải.
5. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.
6. Xác định hệ số công suất.

Bài 3.2. Mạch chỉnh lưu cầu với tải R - L - U_{dc} có các tham số: Nguồn xoay chiều đầu vào có $U_{s,rms} = 120$ V và $f = 60$ Hz, $R = 2 \Omega$, $L = 10$ mH, $U_{dc} = 80$ V.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên điện trở.
5. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên nguồn một chiều.

Bài 3.3. Mạch chỉnh lưu cầu với bộ lọc L - C có các tham số: Nguồn đầu vào có $U_m = 100$ V và $f = 60$ Hz, $L = 5$ mH, $C = 10000 \mu\text{F}$. Điện trở tải nhận các giá trị: (a) $R = 5 \Omega$; (b) $R = 50 \Omega$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Nhận xét về dạng sóng của dòng điện tải trong mỗi trường hợp.

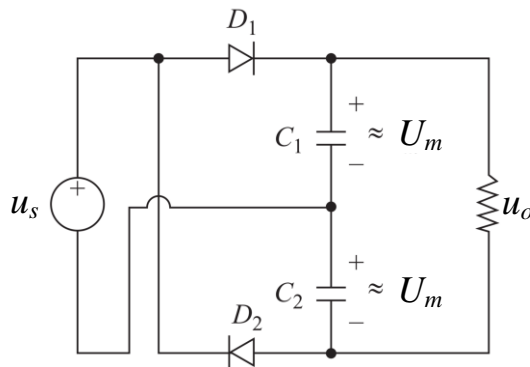
4. Xác định giá trị trung bình của điện áp tải cho mỗi trường hợp.

Bài 3.4. Thiết kế mạch nhân đôi điện áp (điện áp đầu ra bằng hai lần điện áp đầu vào) loại đơn như hình dưới.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của điện áp đầu vào, điện áp đầu ra. Nhận xét mối tương quan giữa hai giá trị này?

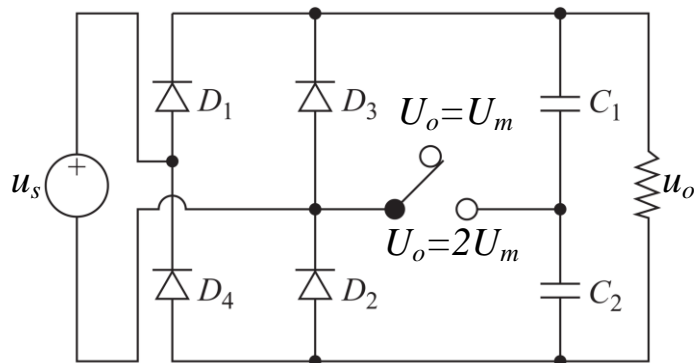


Bài 3.5. Thiết kế mạch nhân đôi điện áp (điện áp đầu ra bằng hai lần điện áp đầu vào) loại kép như hình dưới.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của điện áp đầu vào, điện áp đầu ra. Nhận xét mối tương quan giữa hai giá trị này?

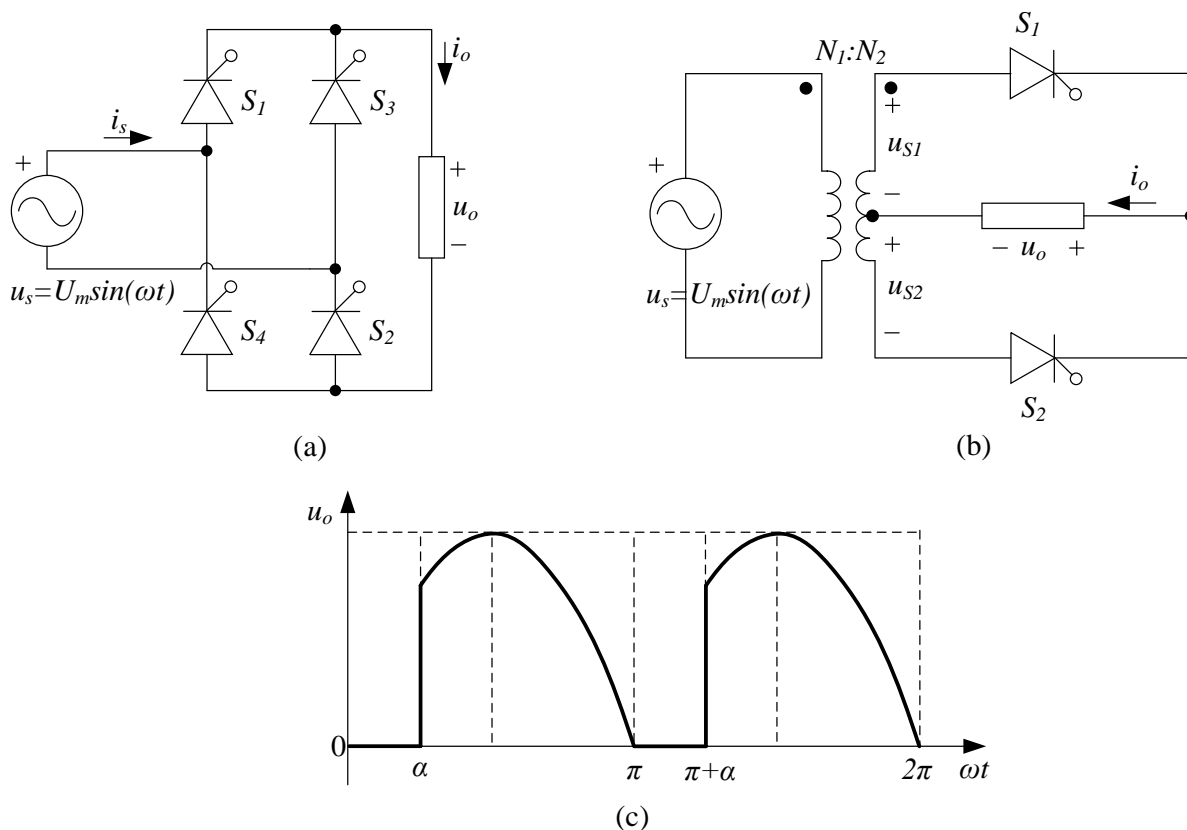


3.3. Kết luận

Bài 4: Bộ chỉnh lưu một pha cả chu kỳ có điều khiển

4.1. Cơ sở lý thuyết

4.1.1. Tải điện trở



Hình 4.1. (a) Mạch chỉnh lưu cả chu kỳ có điều khiển; (b) mạch chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có điểm giữa có điều khiển; (c) điện áp đầu ra cho tải điện trở.

1. Điện áp tải

$$U_o = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} U_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{U}{\pi} (1 + \cos \alpha). \quad (4.1)$$

2. Dòng điện tải

$$I_o = \frac{U_o}{R} = \frac{U_m}{\pi R} (1 + \cos \alpha). \quad (4.2)$$

3. Công suất bị tiêu thụ trên tải

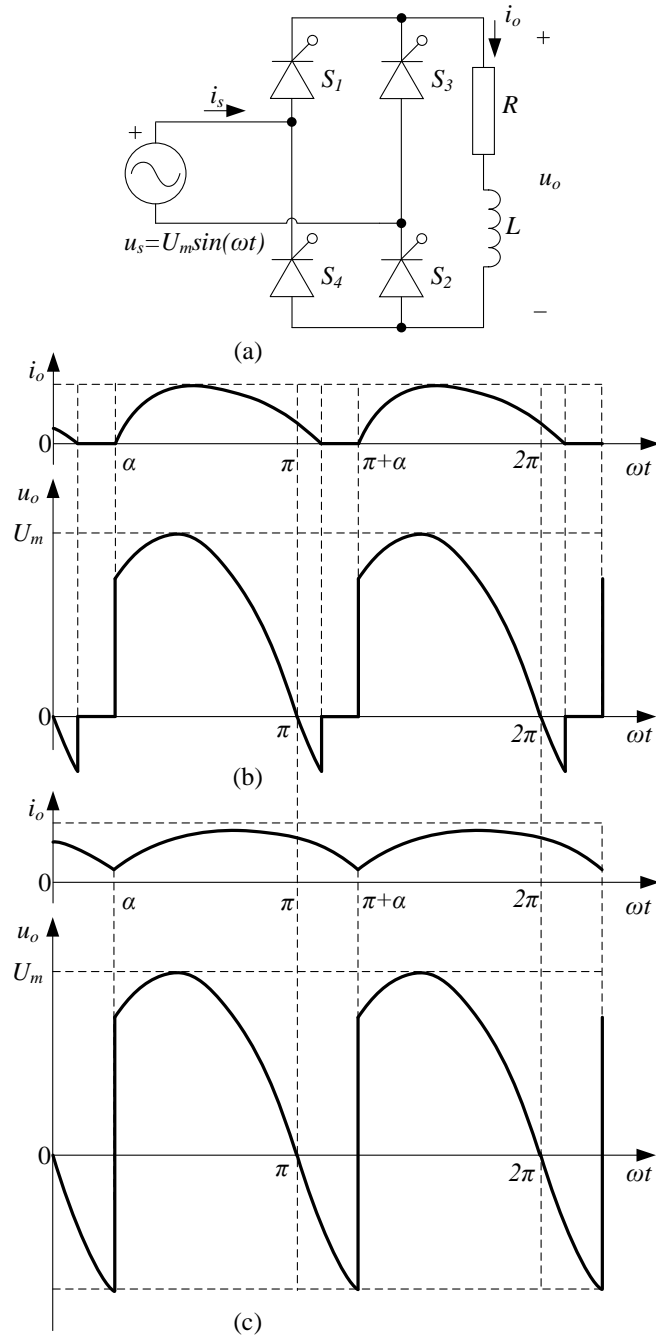
$P = I_{o,rms}^2 R$, trong đó $I_{o,rms}$ được xác định:

$$I_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \left(\frac{U_m}{R} \sin \omega t \right)^2 d(\omega t)} = \frac{U_m}{R} \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{2\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{4\pi}}. \quad (4.3)$$

4. Hệ số công suất:

$$pf = \frac{P}{S} = \frac{P}{U_{s,rms} \cdot I_{s,rms}} = \frac{P}{U_{s,rms} \cdot I_{o,rms}}$$

4.1.2. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp



Hình 4.2. (a) Mạch chỉnh lưu cầu có điều khiển với tải R - L ; (b) chế độ dòng điện gián đoạn; (c) Chế độ dòng điện liên tục.

1. Chế độ dòng điện gián đoạn

Dòng điện tải tức thời được xác định:

$$i_o(\omega t) = \frac{U_m}{Z} \left[\sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{-\frac{\omega t - \alpha}{\omega \tau}} \right] \text{ với } \alpha \leq \omega t \leq \beta, \quad (4.4)$$

trong đó: $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$; $\theta = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$; $\tau = L/R$. Dòng điện tải $i_o(\omega t) = 0$ tại $\omega t = \beta$.

Điều kiện để dòng điện gián đoạn:

$$\beta < \alpha + \pi \rightarrow \text{dòng điện gián đoạn.} \quad (4.5)$$

2. Chế độ dòng điện liên tục

Điều kiện dòng điện liên tục:

$$\Rightarrow \alpha \leq \tan^{-1} \left(\frac{\omega L}{R} \right) \text{ thì dòng điện liên tục.} \quad (4.6)$$

Chuỗi Fourier của điện áp đầu ra:

$$u_o(\omega t) = U_0 + \sum_{n=1}^{\infty} U_n \cos(n\omega_0 t + \theta_n). \quad (4.7)$$

Giá trị trung bình của điện áp đầu ra:

$$U_o = U_0 = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} U_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{2U_m}{\pi} \cos \alpha. \quad (4.8)$$

Biên độ của các số hạng xoay chiều được trong chuỗi Fourier được xác định:

$$U_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}, \quad (4.9)$$

với:

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{2U_m}{\pi} \left[\frac{\cos(n+1)\alpha}{n+1} - \frac{\cos(n-1)\alpha}{n-1} \right] \\ b_n &= \frac{2U_m}{\pi} \left[\frac{\sin(n+1)\alpha}{n+1} - \frac{\sin(n-1)\alpha}{n-1} \right] \end{aligned} \quad (4.10)$$

$$n = 2, 4, 6 \dots$$

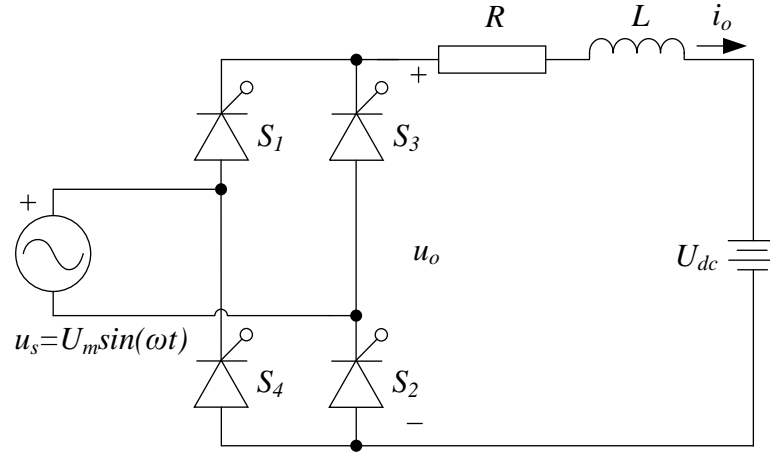
Chuỗi Fourier cho dòng điện tải được xác định bằng phương pháp chồng chất.
Giá trị hiệu dụng của dòng điện tải:

$$I_{o,rms} = \sqrt{I_0^2 + \sum_{n=2,4,6,\dots}^{\infty} \left(\frac{I_n}{\sqrt{2}} \right)^2},$$

với:

$$I_0 = \frac{U_0}{R}; I_n = \frac{U_n}{Z_n} = \frac{U_n}{|R + jn\omega_0 L|}. \quad (4.11)$$

4.1.3. Tải điện trở-cuộn cảm-nguồn một chiều mắc nối tiếp



Hình 4.3. Mạch chỉnh lưu cầu có điều khiển với tải $R-L-U_{dc}$.

1. Điều kiện của góc bật SCR

Góc bật α phải thỏa mãn điều kiện:

$$\alpha \geq \sin^{-1} \left(\frac{U_{dc}}{U_m} \right). \quad (4.12)$$

2. Điện áp tải

$$U_o = \frac{2U_m}{\pi} \cos \alpha. \quad (4.13)$$

3. Dòng điện tải

$$I_o = \frac{U_o - U_{dc}}{R}. \quad (4.14)$$

4. Công suất tiêu thụ trên tải

Công suất bị tiêu thụ bởi nguồn điện áp một chiều trên tải: $P_{dc} = I_o U_{dc}$.

Công suất bị tiêu thụ bởi điện trở tải là $P = I_{o,rms}^2 R$.

4.2. Các bước thực hành

Bài 4.1. Mạch chỉnh lưu cầu một pha có điều khiển tải R có các tham số: Điện áp nguồn đầu vào có $U_{s,rms} = 120 \text{ V}$ và $f = 60 \text{ Hz}$, $R = 20 \Omega$, $\alpha = 40^\circ$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.

5. Xác định hệ số công suất.

Bài 4.2. Mạch chỉnh lưu một pha cả chu kỳ có điều khiển tải R - L có các tham số: Nguồn đầu vào có $U_{s,rms} = 120V$ và $f = 60$ Hz, $R = 10 \Omega$, $L = 20$ mH, $\alpha = 60^\circ$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.

5. Phân tích chuỗi Fourier của dòng điện tải và điện áp tải. Xác định biên độ của các sóng hài. Nhận xét về mối quan hệ giữa biên độ của sóng hài và bậc của nó.

Bài 4.3. Mạch chỉnh lưu cầu một pha có điều khiển tải R - L có các tham số: Nguồn đầu vào có $U_{s,rms} = 120$ V và $f = 60$ Hz, $R = 10 \Omega$, $L = 100$ mH, $\alpha = 60^\circ$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên tải.

Bài 4.4. Mạch chỉnh lưu cầu có điều khiển tải R - L - U_{dc} có các tham số: Nguồn đầu vào có giá trị hiệu dụng 240 V, tần số 60 Hz, $U_{dc} = 100$ V, $R = 5 \Omega$, $L = 0,31$ H, $\alpha = 46^\circ$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

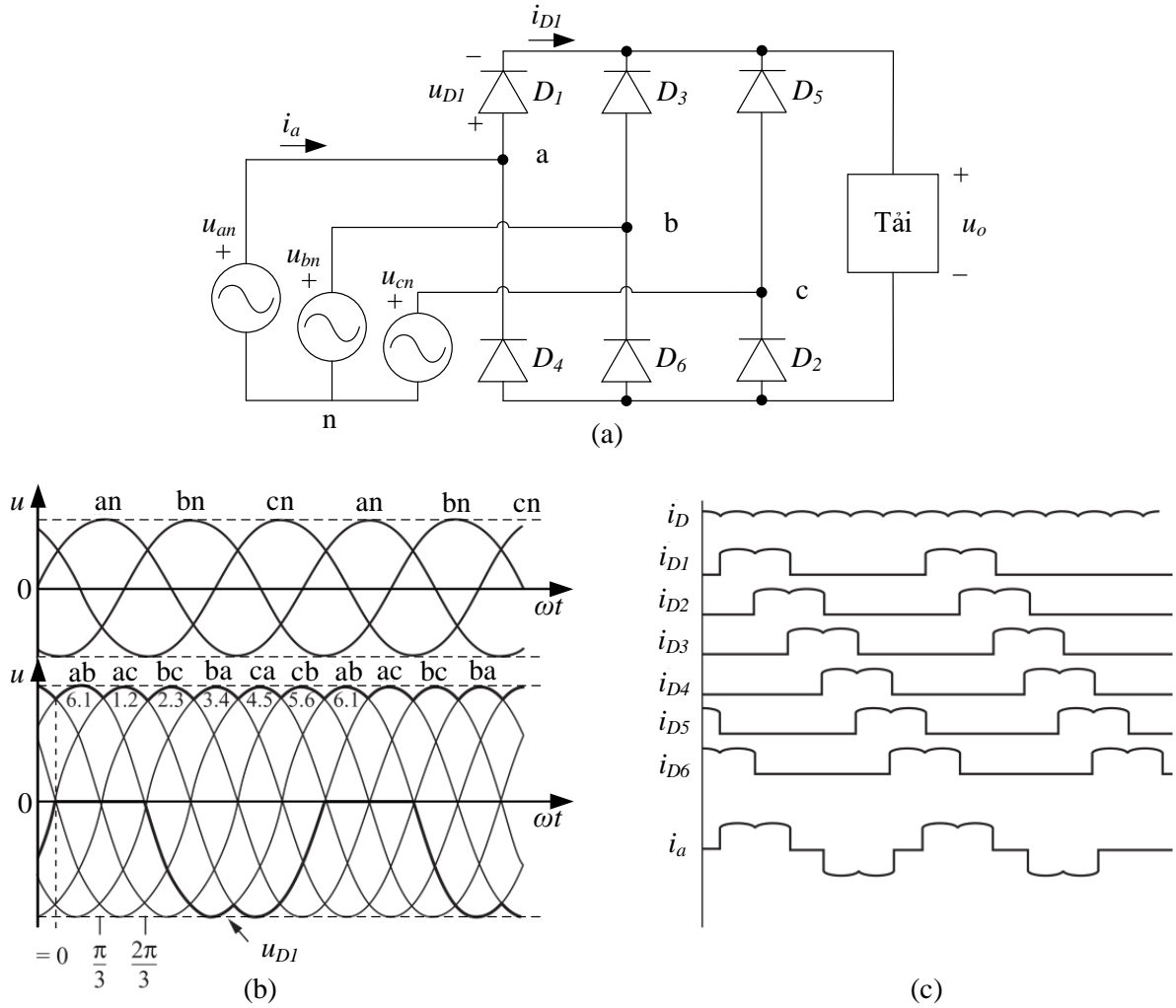
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên nguồn một chiều.
5. Xác định công suất trung bình bị tiêu thụ trên điện trở.
6. Phân tích chuỗi Fourier của dòng điện tải và điện áp tải. Xác định biên độ của các sóng hài. Nhận xét về mối quan hệ giữa biên độ của sóng hài và bậc của nó.

4.3. Kết luận

Bài 5: Bộ chỉnh lưu ba pha

5.1. Cơ sở lý thuyết

5.1.1. Mạch chỉnh lưu ba pha không điều khiển



Hình 5.1. (a) Mạch chỉnh lưu cầu ba pha; (b) dạng sóng của điện áp nguồn và điện áp đầu ra; (c) dạng sóng của dòng điện tải thuần trở.

$$\begin{aligned}
 I_{D,avg} &= \frac{1}{3} I_{o,avg} \\
 I_{D,rms} &= \frac{1}{\sqrt{3}} I_{o,rms} \\
 I_{s,rms} &= \sqrt{\frac{2}{3}} I_{o,rms}
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

Công suất biểu kiến của nguồn ba pha là:

$$S = \sqrt{3} U_{\text{dây},rms} I_{s,rms} \tag{5.2}$$

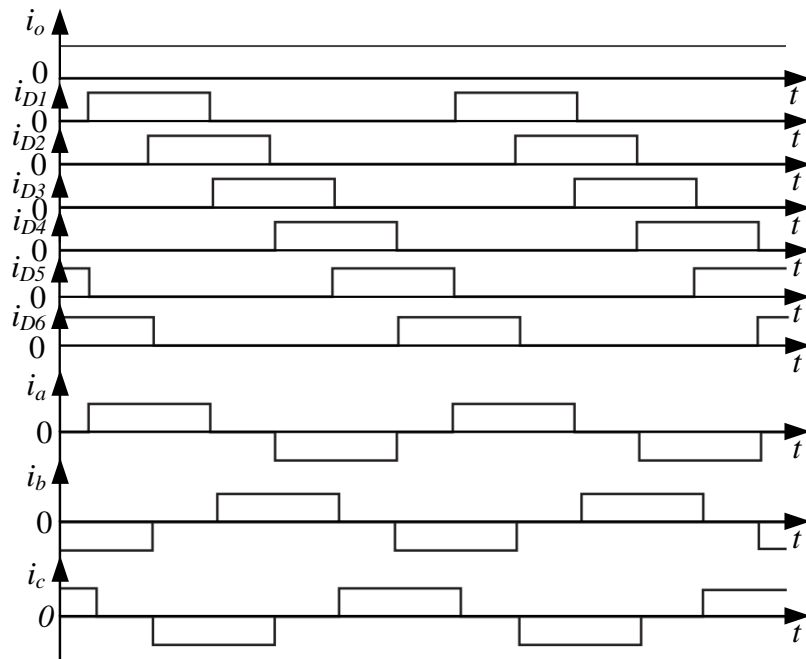
1. Điện áp tải

$$u_o(t) = U_0 + \sum_{n=6,12,18,\dots}^{\infty} U_n \cos(n\omega_0 t + \pi). \quad (5.3)$$

$$U_o = U_0 = \frac{1}{\pi/3} \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}} U_{m,dây} \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{3U_{m,dây}}{\pi} = 0,955U_{m,dây}, \quad (5.4)$$

$$U_n = \frac{6U_{m,dây}}{\pi(n^2 - 1)}; \text{ với } n = 6, 12, 18, \dots \quad (5.5)$$

2. Dòng điện tải



Hình 4.31. Dạng sóng chỉnh lưu ba pha sử dụng bộ lọc ở đầu ra.

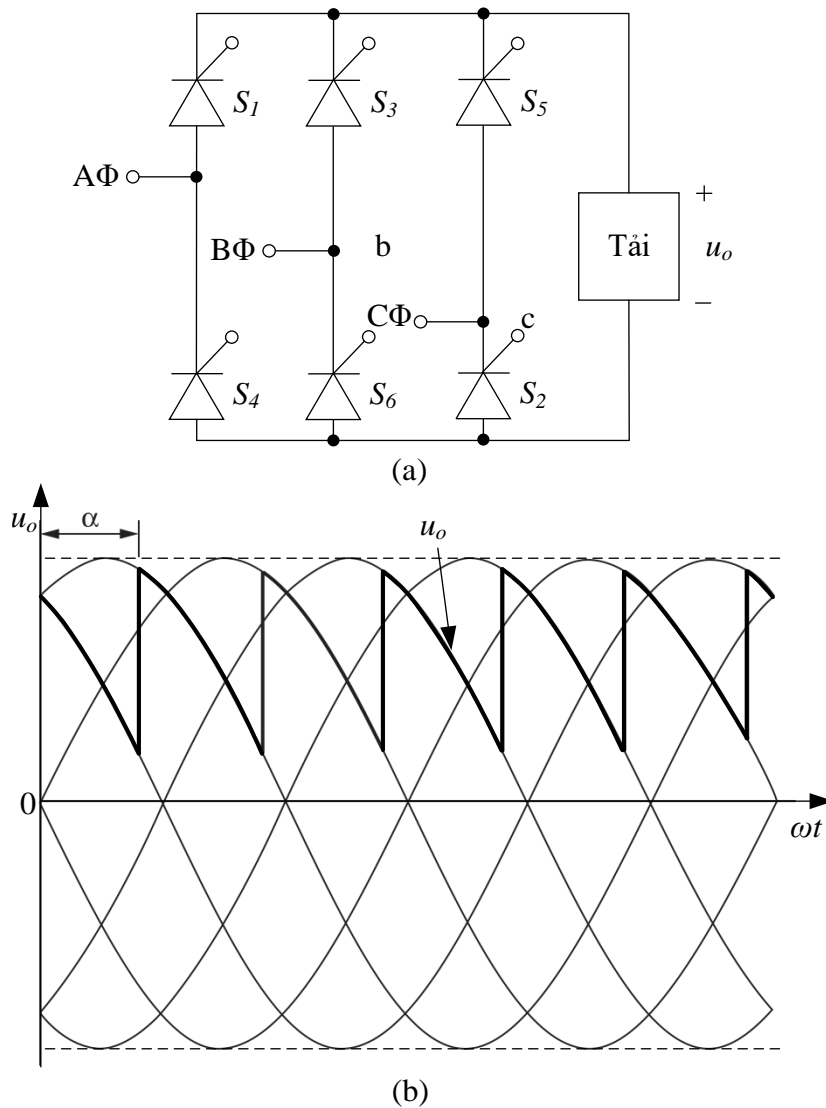
$$i_a(t) = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} I_o \left(\cos\omega_0 t - \frac{1}{5} \cos 5\omega_0 t + \frac{1}{7} \cos 7\omega_0 t - \frac{1}{11} \cos 11\omega_0 t + \frac{1}{13} \cos 13\omega_0 t - \dots \right), \quad (5.6)$$

với bậc của các sóng hài $6k \pm 1, k = 1, 2, 3, \dots$

5.1.2. Mạch chỉnh lưu ba pha có điều khiển

Điện áp tải:

$$U_o = \frac{1}{\pi/3} \int_{\frac{\pi}{3}+\alpha}^{\frac{2\pi}{3}+\alpha} U_{m,dây} \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{3U_{m,dây}}{\pi} \cos\alpha. \quad (5.7)$$



Hình 5.2. (a) Mạch chỉnh lưu ba pha có điều khiển; (b) dạng sóng điện áp đầu ra khi góc bật SCR $\alpha = 45^\circ$.

5.2. Các bước thực hành

Bài 5.1. Mạch chỉnh lưu ba pha không điều khiển với tải là điện trở và cuộn cảm mắc nối tiếp, có các tham số như sau: Nguồn ba pha có giá trị hiệu dụng của điện áp dây 480 V và $f = 60 \text{ Hz}$, $R = 25 \Omega$, $L = 50 \text{ mH}$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định giá trị trung bình và hiệu dụng của dòng điện đi qua diode.

5. Phân tích chuỗi Fourier của dòng điện tải và điện áp tải. Xác định biên độ của các sóng hài. Nhận xét về mối quan hệ giữa biên độ của sóng hài và bậc của nó.

Bài 5.2. Mạch chỉnh lưu ba pha có điều khiển tải gồm điện trở và cuộn cảm mắc nối tiếp với các tham số như sau: Điện áp đầu vào có giá trị hiệu dụng 480 V và $f = 60$ Hz, $R = 10\ \Omega$, $L = 50$ mH, góc bật của SCR $\alpha = 39,5^\circ$.

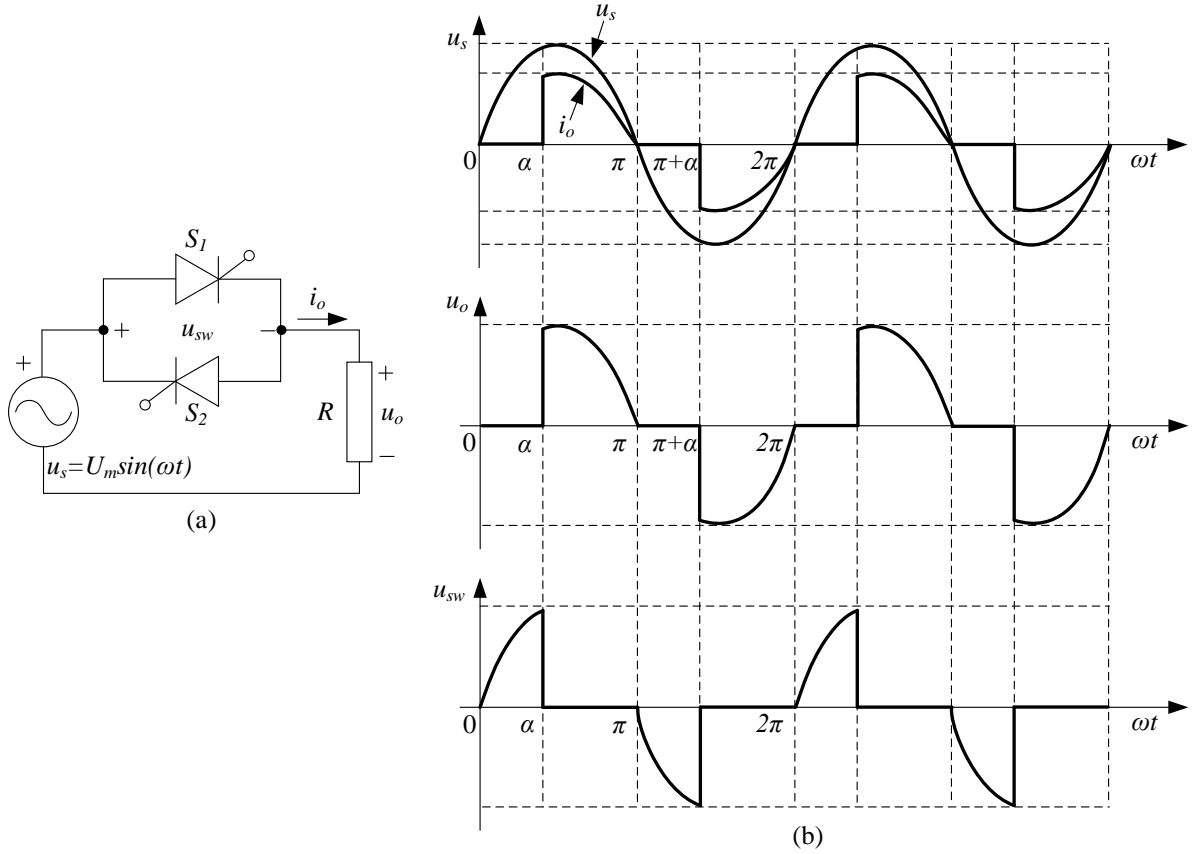
1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định giá trị trung bình và hiệu dụng của dòng điện đi qua SCR.
5. Phân tích chuỗi Fourier của dòng điện tải và điện áp tải. Xác định biên độ của các sóng hài. Nhận xét về mối quan hệ giữa biên độ của sóng hài và bậc của nó.

5.3. Kết luận

Bài 6: Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha

6.1. Cơ sở lý thuyết

6.1.1. Tải điện trở



Hình 6.1. (a) Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha với tải là điện trở; (b) các dạng sóng.

1. Điện áp tải

$$u_o(\omega t) = \begin{cases} U_m \sin \omega t & \text{nếu } \alpha \leq \omega t \leq \pi \text{ và } \alpha + \pi \leq \omega t \leq 2\pi \\ 0 & \text{trường hợp còn lại} \end{cases} \quad (6.1)$$

$$U_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} [U_m \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}. \quad (6.2)$$

2. Dòng điện tải

$$I_{o,rms} = \frac{U_{o,rms}}{R}. \quad (6.3)$$

3. Dòng điện trong các SCR

$$I_{SCR} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \frac{U_m \sin(\omega t)}{R} d(\omega t) = \frac{U_m}{2\pi R} (1 + \cos \alpha). \quad (6.4)$$

$$I_{SCR,rms} = \frac{I_{o,rms}}{\sqrt{2}}. \quad (6.5)$$

4. Công suất bị tiêu thụ trên tải

$P = I_{o,rms}^2 R = U_{o,rms}^2 / R$, trong đó $U_{o,rms}$, $I_{o,rms}$ là giá trị hiệu dụng của điện áp và dòng điện tải.

5. Hệ số công suất

$$\begin{aligned} pf &= \frac{P}{S} = \frac{P}{U_{s,rms} I_{s,rms}} = \frac{\frac{U_{o,rms}^2}{R}}{U_{s,rms} (U_{o,rms} / R)} \\ &= \frac{U_{o,rms}}{U_{s,rms}} = \frac{\frac{U_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}}{\frac{U_m}{\sqrt{2}}} \\ \Rightarrow pf &= \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}. \end{aligned} \quad (6.6)$$

6.1.2. Tải điện trở-cuộn cảm mắc nối tiếp

1. Dòng điện tải

$$i_o(\omega t) = \begin{cases} \frac{U_m}{Z} \left[\sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{\frac{\alpha - \omega t}{\omega \tau}} \right] & \text{nếu } \alpha \leq \omega t \leq \beta \\ 0 & \text{trường hợp còn lại} \end{cases}, \quad (6.7)$$

với $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$, $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\omega L}{R} \right)$.

Góc tắt β được xác định:

$$i_o(\beta) = \frac{U_m}{Z} [\sin(\beta - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{(\alpha - \beta)/\omega \tau}] = 0. \quad (6.8)$$

Góc dẫn γ được xác định:

$$\gamma = \beta - \alpha. \quad (6.9)$$

Góc α phải thỏa mãn điều kiện:

$$\alpha \geq \beta - \pi. \quad (6.10)$$

Khi $\alpha = \beta - \pi$, góc α đang ở trạng thái giới hạn.

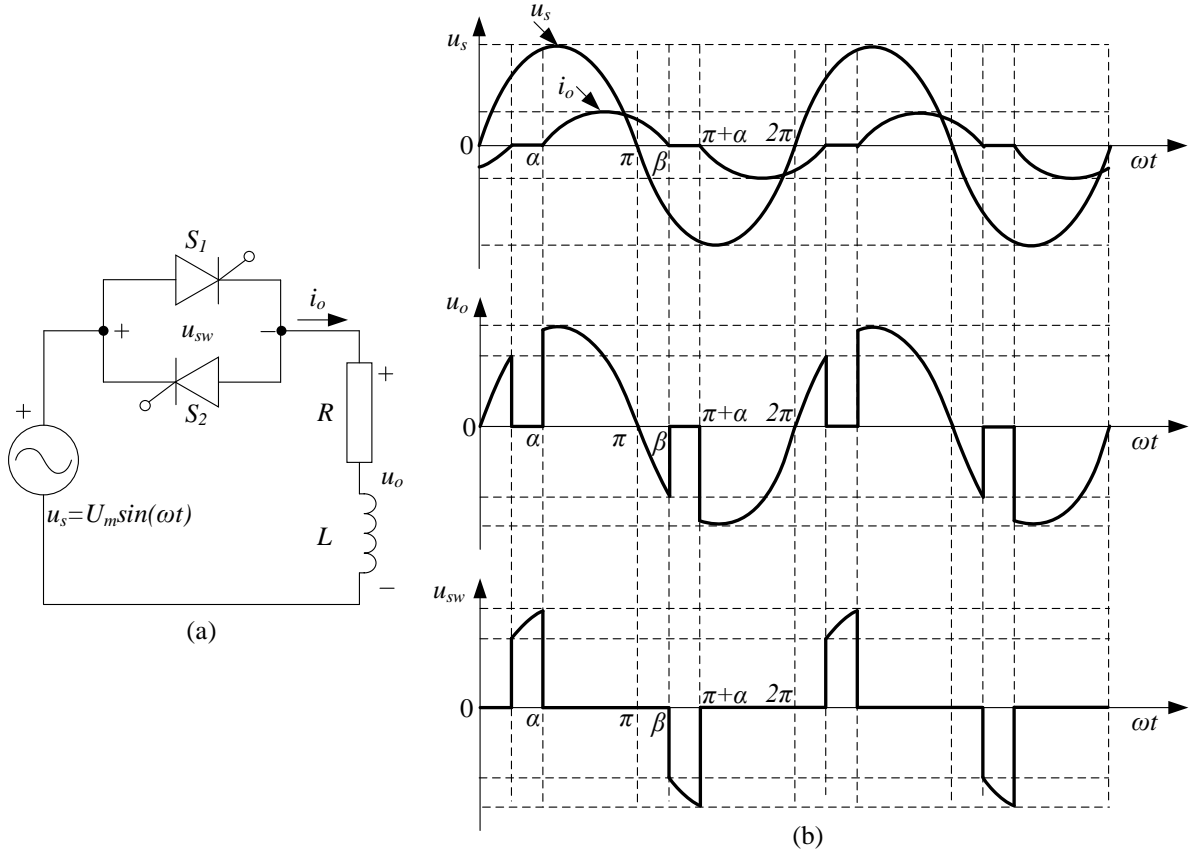
2. Dòng điện trong mỗi van SCR

$$I_{SCR,rms} = \frac{I_{o,rms}}{\sqrt{2}}. \quad (6.11)$$

2. Công suất bị tiêu thụ bởi tải

Công suất bị tiêu thụ bởi tải được xác định:

$$P = I_{o,rms}^2 R. \quad (6.12)$$



Hình 6.2. (a) Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha với tải R - L ; (b) các dạng sóng điện hình.

6.2. Các bước thực hành

Bài 6.1. Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha tải R có các tham số như sau: Nguồn đầu vào có $U_{s,rms} = 120$ V và $f = 60$ Hz, $R = 15$ Ω , góc bật của SCR $\alpha = 88,1^\circ$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị hiệu dụng của dòng điện nguồn.
4. Xác định giá trị trung bình và hiệu dụng của dòng điện đi qua SCR.

5. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
6. Xác định công suất tiêu thụ trên tải.
7. Xác định hệ số công suất.

Bài 6.2. Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha tải R - L có các tham số: Điện áp nguồn đầu vào có giá trị hiệu dụng là 120 V và $f = 60$ Hz, $R = 20\ \Omega$ và $L = 50$ mH, góc bật của SCR $\alpha = 90^\circ$.

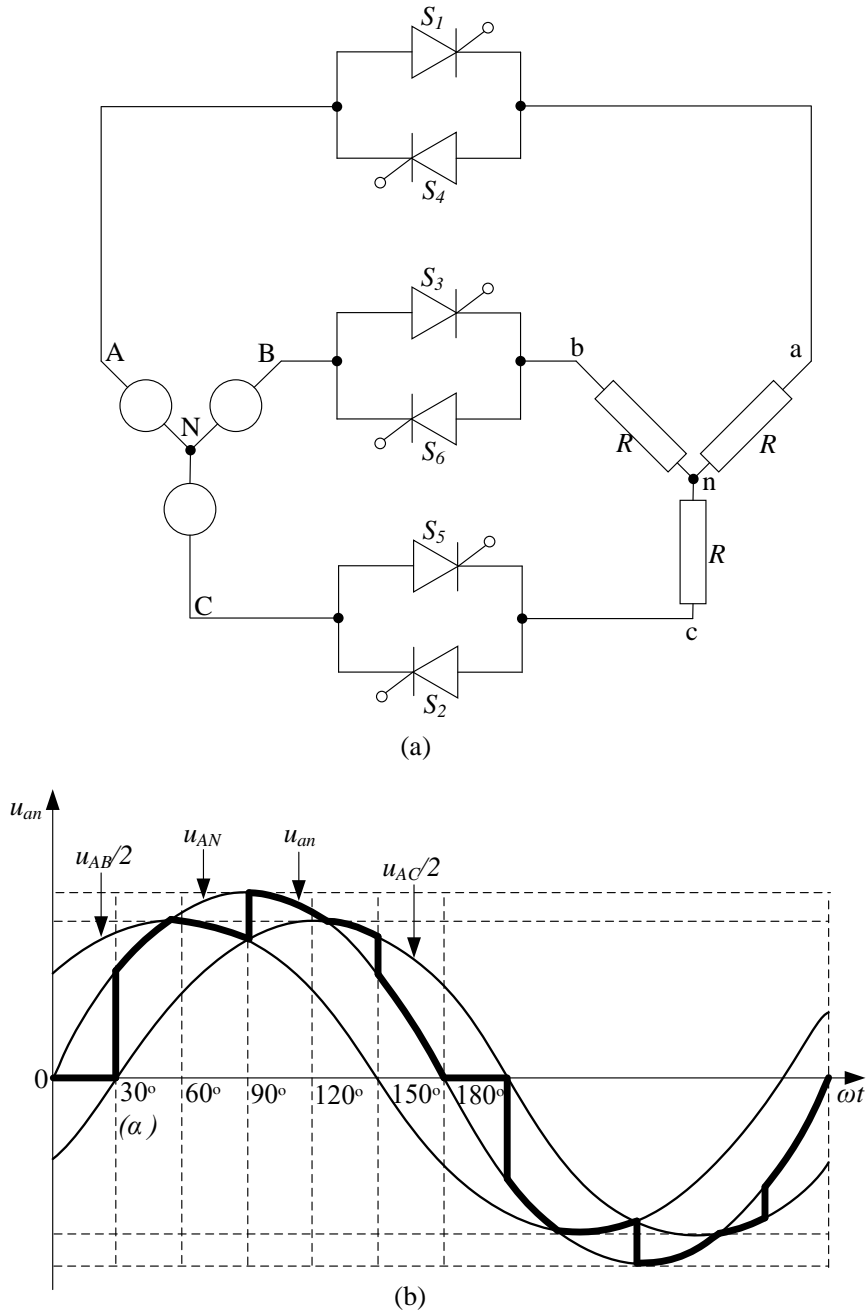
1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình và hiệu dụng của dòng điện đi qua SCR.
4. Xác định giá trị trung bình và hiệu dụng của dòng điện tải.
5. Xác định công suất tiêu thụ trên tải.
6. Xác định hệ số công suất.

6.3. Kết luận

Bài 7: Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha

7.1. Cơ sở lý thuyết

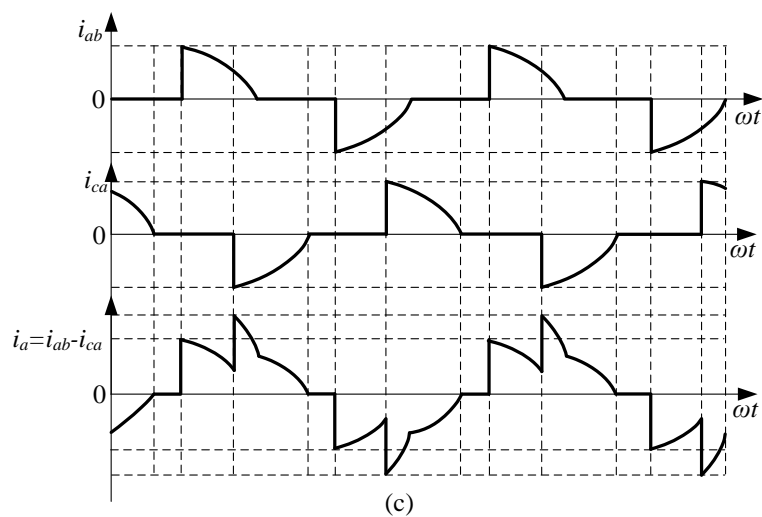
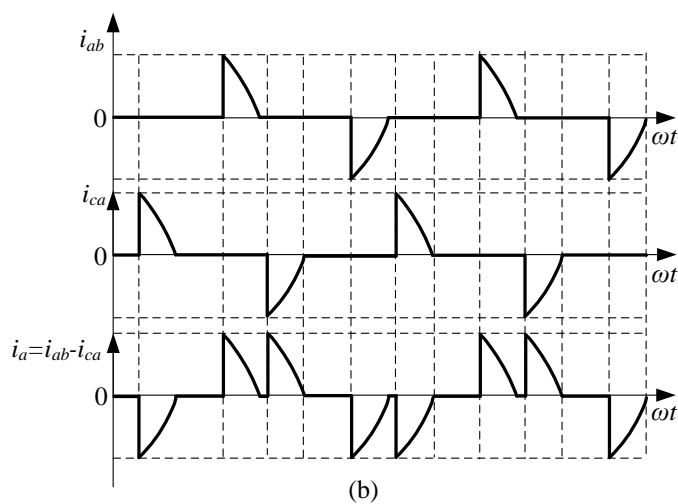
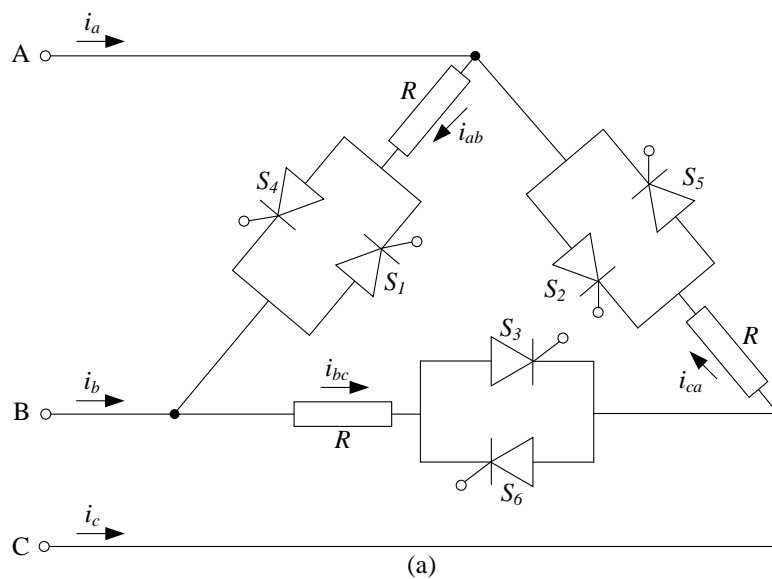
7.1.1. Tải điện trở mắc theo sơ đồ hình sao



Hình 7.1. (a) Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha với tải điện trở mắc theo sơ đồ hình sao (Y); (b) dạng sóng điện áp tải u_{an} khi $\alpha = 30^\circ$.

1. Khi $0 < \alpha < 60^\circ$: Sẽ có hai hoặc ba SCR cùng hoạt động.
2. Khi $60^\circ < \alpha < 90^\circ$: Chỉ có hai van SCR cùng bật.
3. Khi $90^\circ < \alpha < 150^\circ$: Chỉ có hai van SCR có thể cùng bật.
4. Khi $\alpha > 150^\circ$: Không có SCR nào bật (điện áp tải bằng không).

7.1.2. Tải điện trở mắc theo sơ đồ hình tam giác



Hình 7.2. (a) Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha với tải điện trở mắc theo sơ đồ hình tam giác; (b) dạng sóng các dòng điện với $\alpha = 130^\circ$; (c) dạng sóng các dòng điện với $\alpha = 90^\circ$.

Đối với α có giá trị lớn, các dòng điện tam giác không trùng nhau, giá trị hiệu dụng của dòng điện dây được xác định:

$$I_{L,rms} = \sqrt{2}I_{\Delta,rms}. \quad (7.1)$$

Đối với α có giá trị nhỏ, các dòng điện tam giác chồng lên nhau, giá trị hiệu dụng của dòng điện dây được xác định:

$$I_{L,rms} = \sqrt{3}I_{\Delta,rms}. \quad (7.2)$$

Phạm vi của giá trị hiệu dụng dòng điện dây phụ thuộc vào α :

$$\sqrt{2}I_{\Delta,rms} \leq I_{L,rms} \leq \sqrt{3}I_{\Delta,rms}. \quad (7.3)$$

7.2. Các bước thực hành

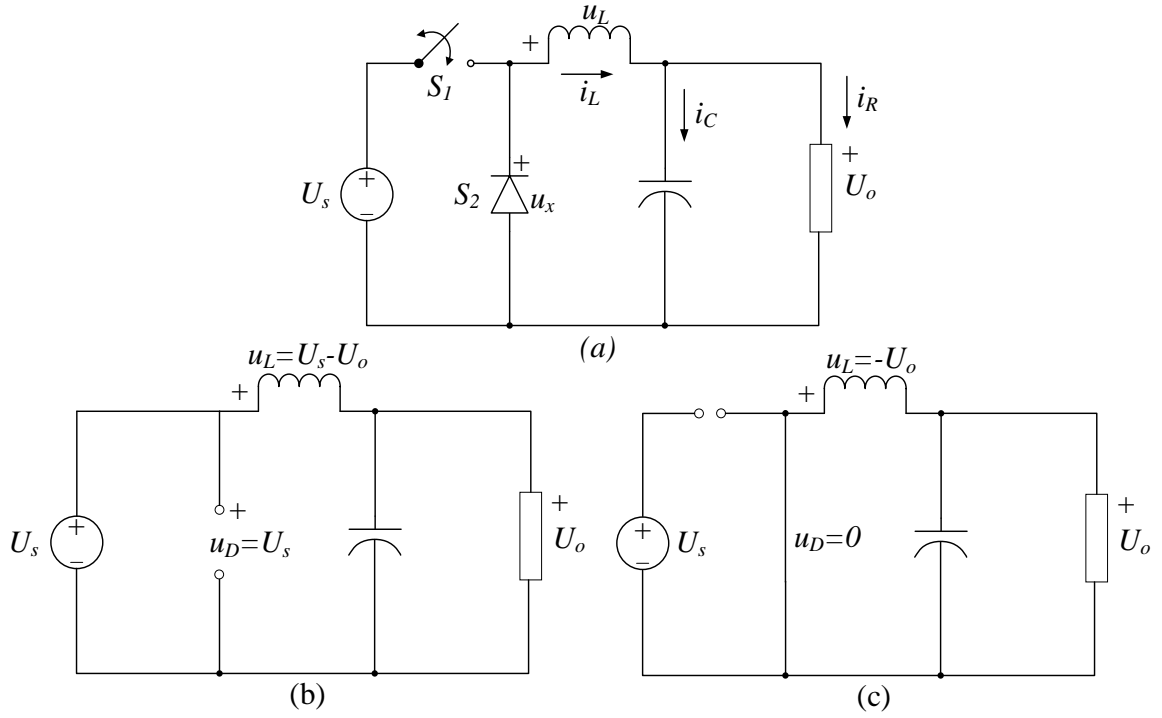
Bài 7.1. Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha mắc theo sơ đồ hình sao, tải R - L , có các tham số: Điện áp nguồn ba pha đầu vào có giá trị hiệu dụng là 480 V và $f = 60$ Hz, $R = 10 \Omega$ và $L = 30$ mH, góc bật của SCR $\alpha = 75^\circ$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị hiệu dụng của dòng điện dây.
4. Xác định công suất tiêu thụ trên tải.
5. Xác định tổng biến dạng sóng hài (THD) của dòng điện nguồn.

7.3. Kết luận

Bài 8: Bộ biến đổi điện áp một chiều loại giảm áp

8.1. Cơ sở lý thuyết



Hình 8.1. (a) Bộ biến đổi giảm áp; (b) sơ đồ tương đương khi van bán dẫn bật; (c) sơ đồ tương đương khi van bán dẫn tắt.

1. Điện áp đầu ra U_o

$$U_o = U_s D. \quad (8.1)$$

2. Dòng điện trong cuộn cảm I_L

$$I_R = I_L = \frac{U_o}{R}. \quad (8.2)$$

$$I_{L,max} = U_o \left(\frac{1}{R} + \frac{1-D}{2Lf} \right). \quad (8.3)$$

$$I_{L,min} = U_o \left(\frac{1}{R} - \frac{1-D}{2Lf} \right). \quad (8.4)$$

3. Giá trị của cuộn cảm L để dòng điện i_L liên tục

$$L > L_{min} = \frac{(1-D)R}{2f} \quad (8.5).$$

4. Công suất tiêu thụ của tải

$$\begin{aligned} P_s &= P_o \\ U_s I_s &= U_o I_o \\ \Rightarrow \frac{U_o}{U_s} &= \frac{I_s}{I_o}. \end{aligned} \quad (8.6)$$

5. Độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra

$$\Delta U_o = \frac{T U_o}{8CL} (1 - D) T = \frac{U_o (1 - D)}{8LC f^2}. \quad (8.7)$$

$$\frac{\Delta U_o}{U_o} = \frac{1 - D}{8LC f^2}. \quad (8.8)$$

$$C = \frac{1 - D}{8L(\Delta U_o/U_o)f^2}. \quad (8.9)$$

8.2. Các bước thực hành

Bài 8.1. Bộ biến đổi giảm áp như có các tham số như sau: $U_s = 50 \text{ V}$; $D = 0,4$; $L = 400 \text{ } \mu\text{H}$; $C = 100 \text{ } \mu\text{F}$; $f = 20 \text{ kHz}$; $R = 20 \text{ } \Omega$ (giả thiết các thành phần trong mạch là lý tưởng).

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện trên cuộn cảm L ; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của điện áp tải.
4. Xác định giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của dòng điện trong cuộn cảm.
5. Xác định độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra.

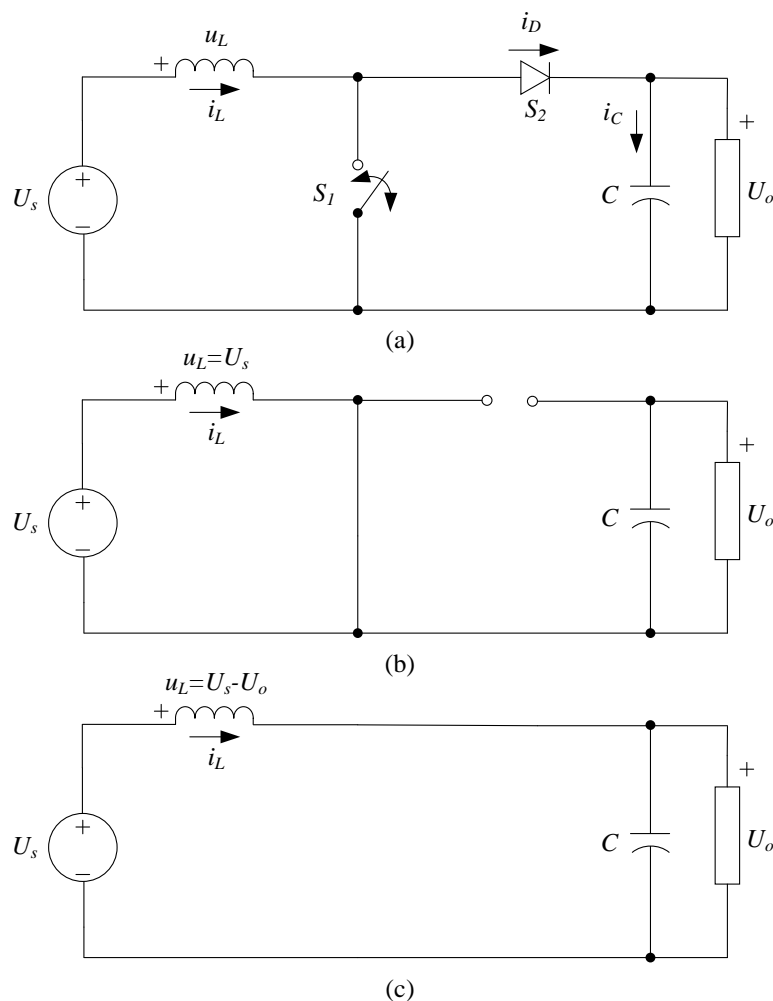
Bài 8.2. Thiết kế bộ biến đổi giảm áp với các yêu cầu: Nguồn đầu vào một chiều 48 V , dòng điện trên cuộn cảm là liên tục, tạo ra điện áp đầu ra 18 V trên một tải điện trở $10 \text{ } \Omega$, độ biến thiên đỉnh-đỉnh chuẩn hoá của điện áp đầu ra không được vượt quá $0,5 \%$ (giả thiết các thành phần trong mạch là lý tưởng).

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện trên cuộn cảm L ; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

8.3. Kết luận

Bài 9: Bộ biến đổi điện áp một chiều loại tăng áp

9.1. Cơ sở lý thuyết



Hình 9.1. Bộ biến đổi tăng áp: (a) Sơ đồ mạch điện ; (b) mạch tương đương cho van S_1 bật; (c) mạch tương đương cho van S_1 tắt.

1. Điện áp đầu ra U_o

$$U_o = \frac{U_s}{1 - D}. \quad (9.1)$$

2. Dòng điện trong cuộn cảm I_L

$$I_L = \frac{U_s}{(1 - D)^2 R} = \frac{U_o^2}{U_s R} = \frac{U_o I_o}{U_s}. \quad (9.2)$$

$$I_{L,max} = \frac{U_s}{(1 - D)^2 R} + \frac{U_s D T}{2L}. \quad (9.3)$$

$$I_{L,min} = \frac{U_s}{(1 - D)^2 R} - \frac{U_s D T}{2L}. \quad (9.4)$$

3. Giá trị của cuộn cảm L để dòng điện i_L liên tục

$$L > L_{min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (9.5).$$

4. Độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra

$$\Delta U_o = \frac{U_o D T}{RC} = \frac{U_o D}{RCf} \quad (9.6)$$

$$\frac{\Delta U_o}{U_o} = \frac{D}{RCf}. \quad (9.7)$$

$$C = \frac{D}{R(\Delta U_o/U_o)f}. \quad (9.8)$$

9.2. Các bước thực hành

Bài 9.1. Bộ biến đổi tăng áp như có các tham số như sau: $U_s = 12 \text{ V}$; $D = 0,6$; $L = 120 \text{ } \mu\text{H}$; $C = 100 \text{ } \mu\text{F}$; $f = 25 \text{ kHz}$; $R = 50 \text{ } \Omega$ (giả thiết các thành phần trong mạch là lý tưởng).

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện trên cuộn cảm L ; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của điện áp tải.
4. Xác định giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của dòng điện trong cuộn cảm.
5. Xác định độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra.

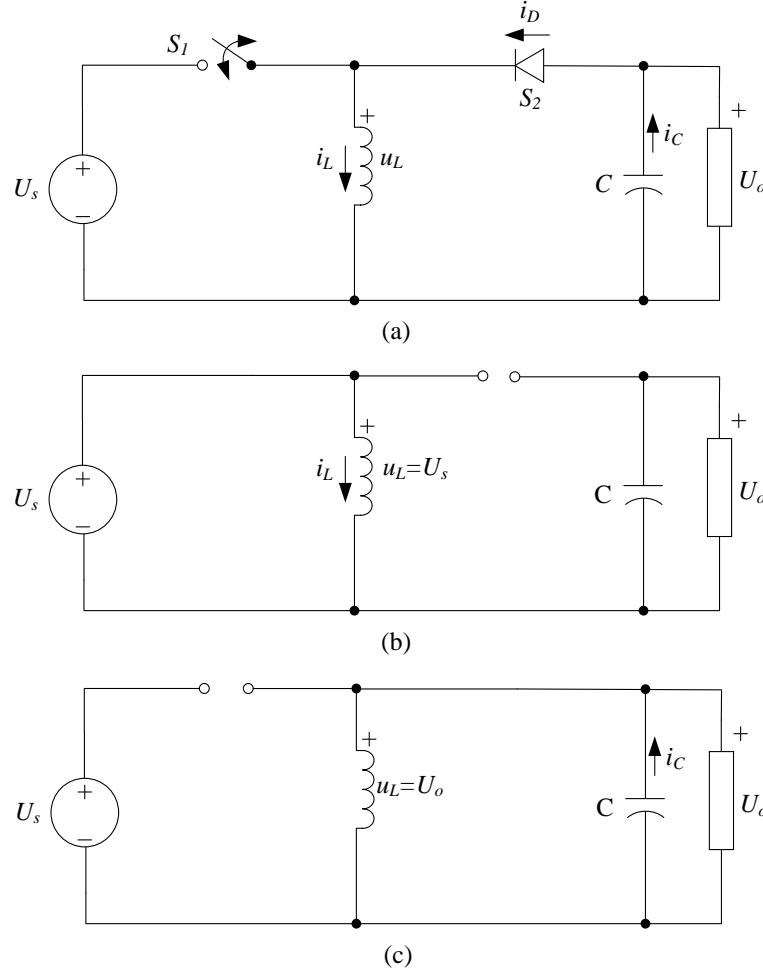
Bài 9.2. Thiết kế bộ biến đổi tăng áp có giá trị trung bình của điện áp đầu ra là 100 V từ nguồn một chiều 30 V . Tải là điện trở $50 \text{ } \Omega$ (giả sử các thành phần lý tưởng cho thiết kế này). Hãy thiết kế sao cho dòng điện trong cuộn cảm là liên tục và độ gợn sóng đỉnh-đỉnh chuẩn hoá của điện áp đầu ra nhỏ hơn 1% .

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện trên cuộn cảm L ; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

9.3. Kết luận

Bài 10: Bộ biến đổi điện áp một chiều loại tăng-giảm áp

10.1. Cơ sở lý thuyết



Hình 10.1. Bộ biến đổi tăng-giảm áp: (a) Sơ đồ mạch điện; (b) mạch tương đương khi van S_1 bật; (c) mạch tương đương khi van S_1 tắt.

1. Điện áp đầu ra U_o

$$U_o = -U_s \frac{D}{(1-D)}. \quad (10.1)$$

2. Dòng điện trong cuộn cảm I_L

$$I_L = \frac{U_o^2}{U_s R D} = \frac{P_o}{U_s D} = \frac{U_s D}{R(1-D)^2}. \quad (10.2)$$

$$I_{L,max} = \frac{U_s D}{R(1-D)^2} + \frac{U_s D T}{2L}. \quad (10.3)$$

$$I_{L,min} = \frac{U_s D}{R(1-D)^2} - \frac{U_s D T}{2L}. \quad (10.4)$$

3. Giá trị của cuộn cảm L để dòng điện i_L liên tục

$$L > L_{min} = \frac{(1-D)^2 R}{2f}. \quad (10.5)$$

4. Độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra

$$\Delta U_o = \frac{U_o D T}{RC} = \frac{U_o D}{RCf}$$

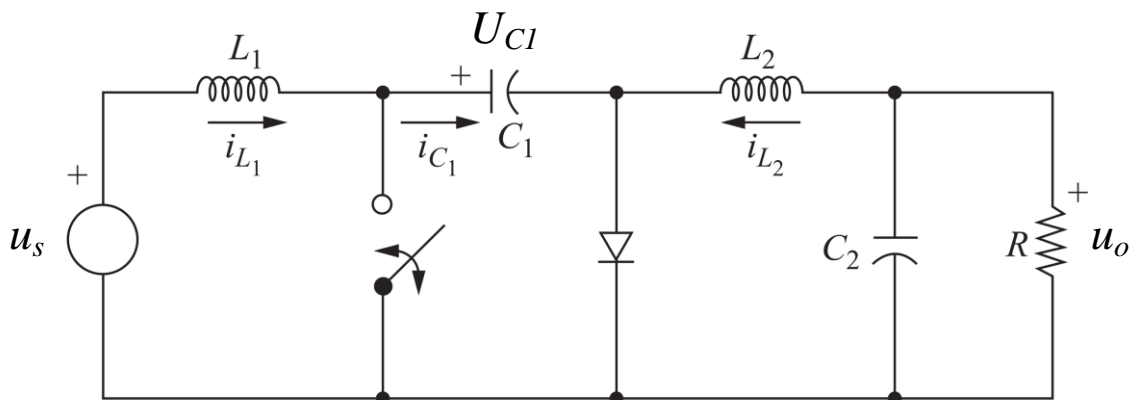
$$\frac{\Delta U_o}{U_o} = \frac{D}{RCf}. \quad (10.6)$$

10.2. Các bước thực hành

Bài 10.1. Cho sơ đồ mạch bộ biến đổi tăng-giảm áp với các tham số của mạch như sau: $U_s = 24 \text{ V}$; $D = 0,4$; $R = 5 \Omega$; $L = 20 \mu\text{H}$; $C = 80 \mu\text{F}$; $f = 100 \text{ kHz}$ (giả thiết các thành phần trong mạch là lý tưởng).

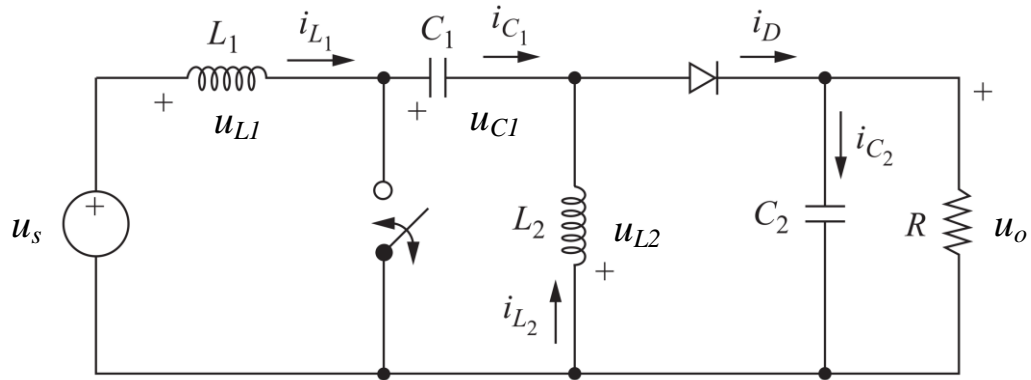
1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện trên cuộn cảm L ; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của điện áp tải.
4. Xác định giá trị trung bình, giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của dòng điện trong cuộn cảm.
5. Xác định độ biến thiên đỉnh-đỉnh của điện áp đầu ra.

Bài 10.2. Thiết kế bộ biến đổi điện áp một chiều Cuk theo sơ đồ sau:



1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Xác định giá trị trung bình của điện áp đầu ra. Cho biết mối quan hệ giữa giá trị này với giá trị điện áp đầu vào?

Bài 10.3. Thiết kế bộ biến đổi điện áp một chiều sơ cấp đơn theo sơ đồ sau:



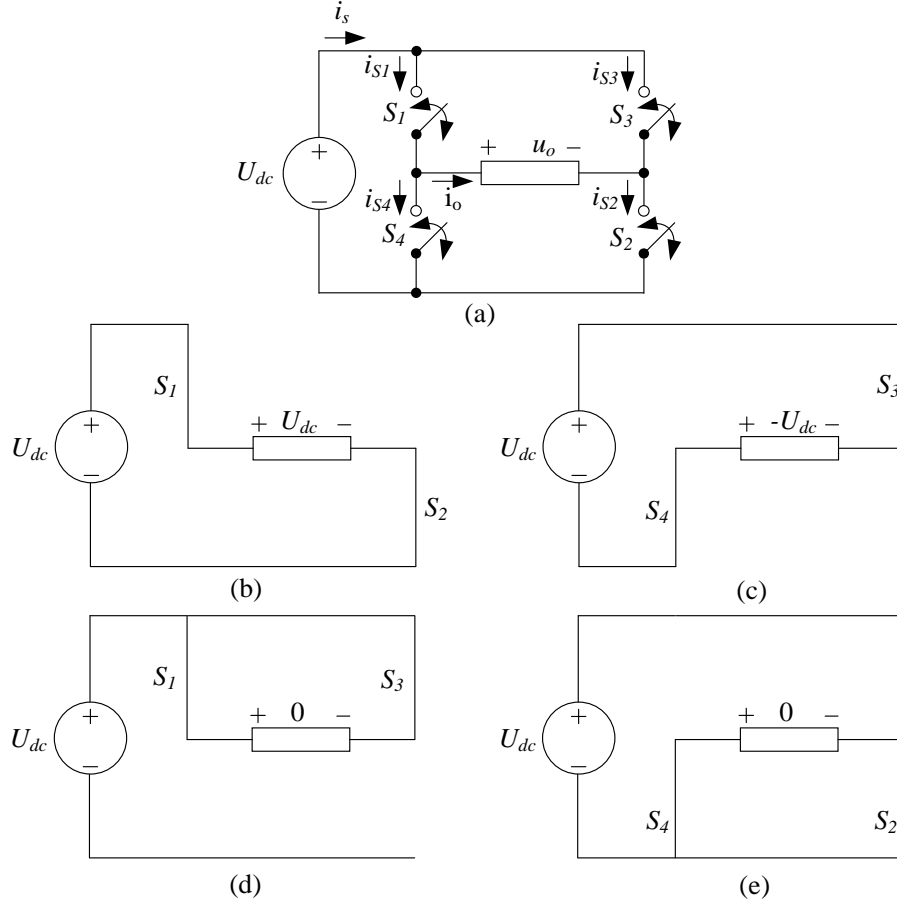
1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Xác định giá trị trung bình của điện áp đầu ra. Cho biết mối quan hệ giữa giá trị này với giá trị điện áp đầu vào?

10.3. Kết luận

Bài 11: Bộ biến tần một pha

11.1. Cơ sở lý thuyết

11.1.1. Bộ biến tần dạng cầu tạo điện áp xung vuông



Hình 11.1. (a) Bộ biến tần dạng cầu; (b) S_1 và S_2 bật; (c) S_3 và S_4 bật; (d) S_1 và S_3 bật; (e) S_2 và S_4 bật.

1. Điện áp tải

$$u_o(t) = \begin{cases} U_{dc} & \text{nếu } 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \\ -U_{dc} & \text{nếu } \frac{T}{2} \leq t \leq T \end{cases}$$

2. Dòng điện tải

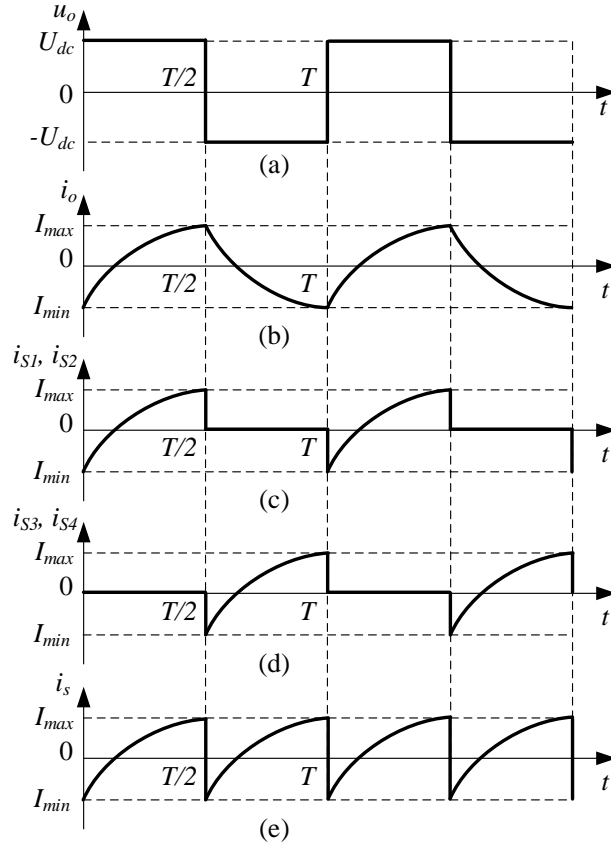
$$i_o(t) = \begin{cases} \frac{U_{dc}}{R} + \left(I_{min} - \frac{U_{dc}}{R}\right)e^{-t/\tau} & \text{nếu } 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \\ \frac{-U_{dc}}{R} + \left(I_{max} + \frac{U_{dc}}{R}\right)e^{-(t-T/2)/\tau} & \text{nếu } \frac{T}{2} \leq t \leq T \end{cases} \quad (7.5)$$

$$I_{max} = -I_{min} = \frac{U_{dc}}{R} \left(\frac{1 - e^{-T/2\tau}}{1 + e^{-T/2\tau}} \right) \quad (7.8)$$

3. Công suất bị tiêu thụ trên tải

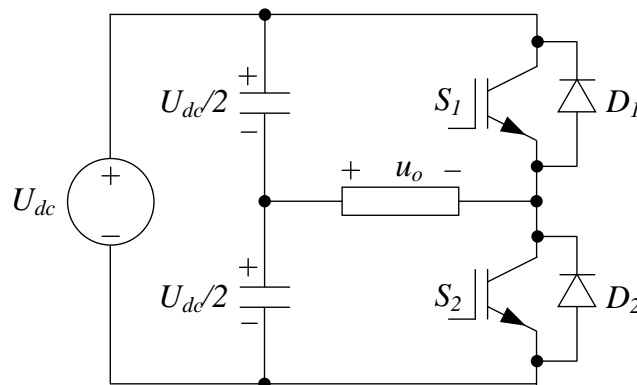
$P = I_{o,rms}^2 R$ với:

$$I_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_o^2(t) dt} = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{T/2} \left[\frac{U_{dc}}{R} + \left(I_{min} - \frac{U_{dc}}{R} \right) e^{-t/\tau} \right]^2 dt}. \quad (7.9)$$



Hình 11.2. Dạng sóng của điện áp đầu ra và dạng sóng của các dòng điện ở trạng thái ổn định đối với tải R - L .

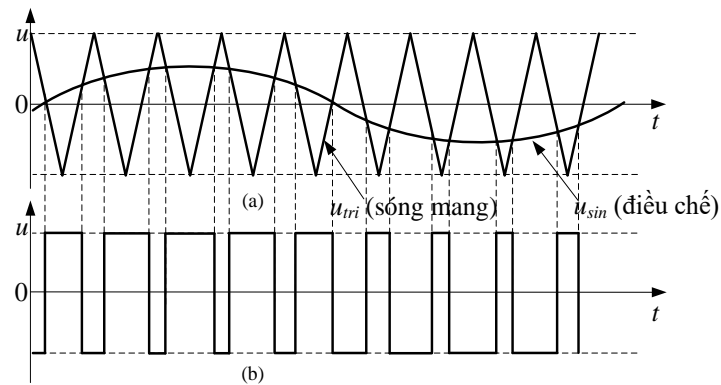
11.1.2. Bộ biến tần dạng bán cầu



Hình 7.5. Bộ biến tần dạng bán cầu.

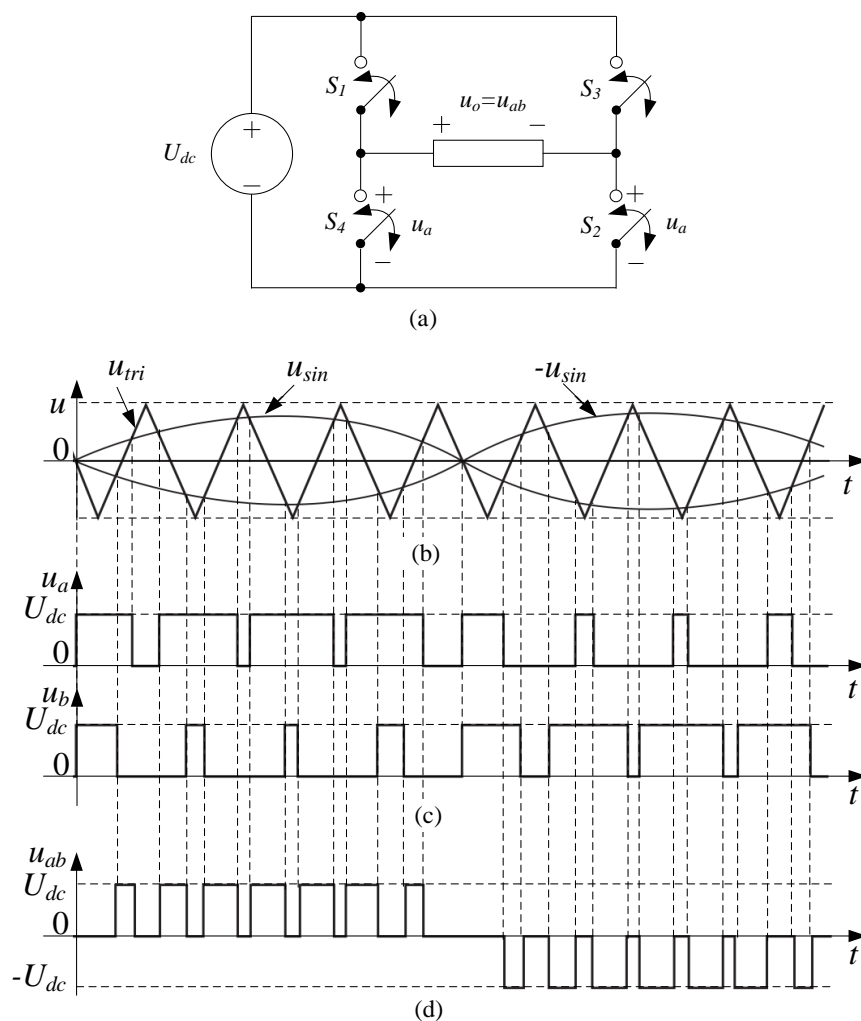
11.1.3. Phương pháp điều chế độ rộng xung

1. Điều chế độ rộng xung lưỡng cực

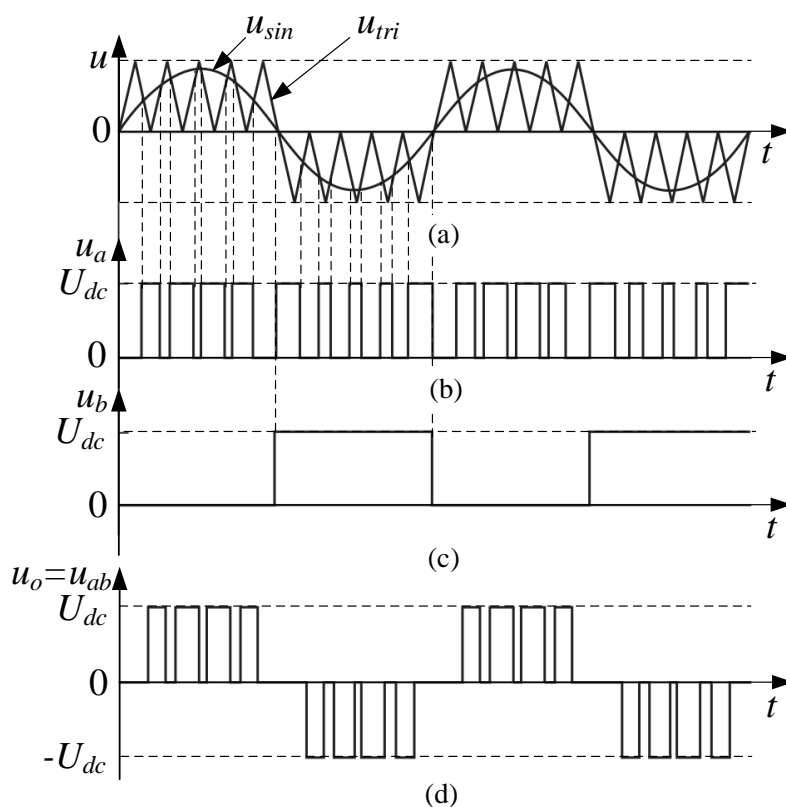


Hình 11.3. Điều chế độ rộng xung lưỡng cực: (a) tín hiệu sóng mang và tín hiệu điều chế ; (b) đầu ra là U_{dc} khi $u_{sin} > u_{tri}$ và $-U_{dc}$ khi $u_{sin} < u_{tri}$.

2. Điều chế độ rộng xung đơn cực



Hình 11.4. (a) Bộ biến tần dạng cầu sử dụng điều chế độ rộng xung đơn cực; (b) tín hiệu điều chế và tín hiệu sóng mang; (c) điện áp u_a và u_b ; (d) điện áp đầu ra.



Hình 11.5. Điều chế độ rộng xung đơn cực với các van tần số cao và tần số thấp: (a) Các tín hiệu sóng mang và điều chế; (b) u_a ; (c) u_b ; (d) đầu ra $u_a - u_b$.

11.2. Các bước thực hành

Bài 11.1. Bộ biến tần dạng cầu tạo điện áp xung vuông với tải R - L nối tiếp. Tần số chuyển mạch là 60 Hz, $U_{dc} = 100$ V, $R = 10$ Ω , $L = 25$ mH.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định giá trị trung bình của dòng điện nguồn.
5. Xác định công suất bị tiêu thụ bởi tải.
6. Xác định biên độ của các số hạng của chuỗi Fourier đối với điện áp tải và dòng điện tải, sau đó điền vào bảng sau và tính toán kết quả:

n	f_n (Hz)	$U_{o,n}$ (V)	Z_n (Ω)	$I_{o,n}$ (A)	P_n (W)

Tính toán công suất tiêu thụ trên tải bằng công thức: $P = \sum P_n$. So sánh với kết quả ở bước 5. Nhận xét.

7. Xác định tổng biến dạng sóng hài của dòng điện tải và điện áp tải.

Bài 11.2. Bộ biến tần dạng bán cầu với tải R - L nối tiếp. Tần số chuyển mạch là 60 Hz, $U_{dc} = 100$ V, $R = 10 \Omega$, $L = 25$ mH, $C_1 = C_2 = 10000 \mu\text{F}$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy? So sánh dạng sóng dòng điện tải và điện áp tải so với bộ biến tần dạng cầu.

3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

4. Xác định giá trị trung bình của dòng điện nguồn.

5. Xác định công suất bị tiêu thụ bởi tải.

Bài 11.3. Bộ biến tần dạng cầu được sử dụng để tạo ra điện áp xoay chiều trên tải R - L bằng phương pháp điều chế độ rộng xung lưỡng cực. Các tham số như sau: Tải R - L với $R = 10 \Omega$, $L = 20$ mH; điện áp nguồn một chiều đầu vào 100 V; điện áp xoay chiều ở đầu ra có tần số 60 Hz; tỷ số điều chế biên độ $m_a = 0,8$; tỷ số điều chế tần số $m_f = 21$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.

2. Đưa ra dạng sóng của tín hiệu điều chế, tín hiệu sóng mang, tín hiệu điều khiển. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

3. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện và điện áp trên các van bán dẫn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?

4. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.

5. Xác định giá trị trung bình của dòng điện nguồn.

6. Xác định công suất bị tiêu thụ bởi tải.

6. Xác định biên độ của các số hạng của chuỗi Fourier đối với điện áp tải và dòng điện tải, sau đó điền vào bảng sau và tính toán kết quả:

n	f_n (Hz)	$U_{o,n}$ (V)	Z_n (Ω)	$I_{o,n}$ (A)	P_n (W)

Tính toán công suất tiêu thụ trên tải bằng công thức: $P = \sum P_n$. So sánh với kết quả ở bước 6. Nhận xét.

7. Xác định tổng biến dạng sóng hài của dòng điện tải và điện áp tải.

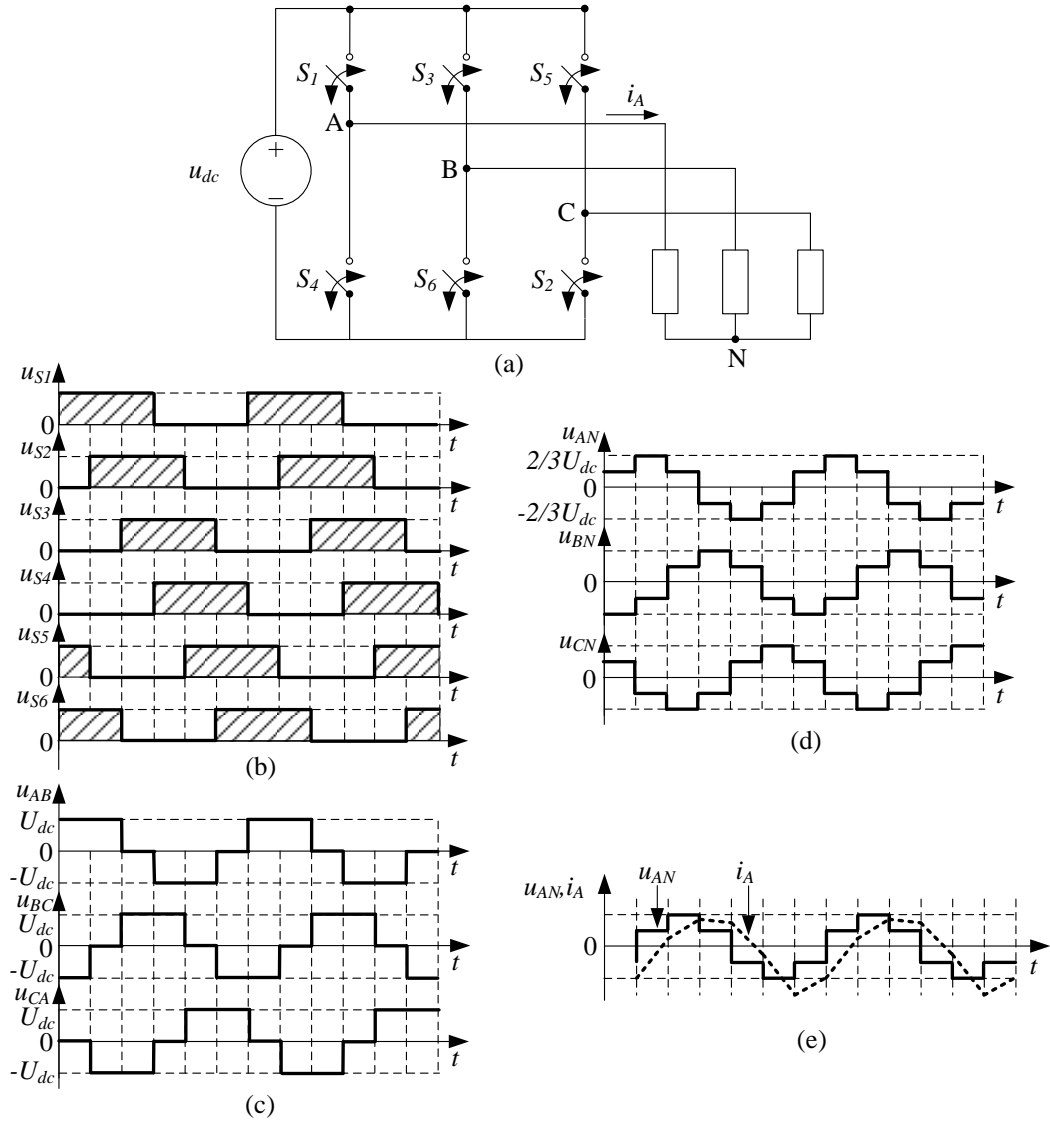
Bài 11.4. Bộ biến tần dạng cầu được sử dụng để tạo ra điện áp xoay chiều trên tải R - L bằng phương pháp điều chế độ rộng xung đơn cực. Các tham số như sau: Tải R - L với $R = 1 \Omega$, $L = 2,65 \text{ mH}$; điện áp nguồn một chiều là 100 V ; biên độ của điện áp có tần số 60 Hz là 90 V , tỷ số điều chế biên độ $m_a = 0,9$; tỷ số điều chế tần số $m_f = 10$. Thực hiện các bước thực hành như Bài 11.3.

11.3. Kết luận

Bài 12: Bộ biến tần ba pha

12.1. Cơ sở lý thuyết

12.1.1. Bộ biến tần ba pha sáu mức



Hình 12.1. (a) Bộ biến tần ba pha; (b) chuyển mạch cho 6 bước đầu ra; (c) điện áp dây đầu ra; (d) điện áp pha đầu ra cho sơ đồ đấu tải hình sao; (e) dòng điện pha A cho tải R-L.

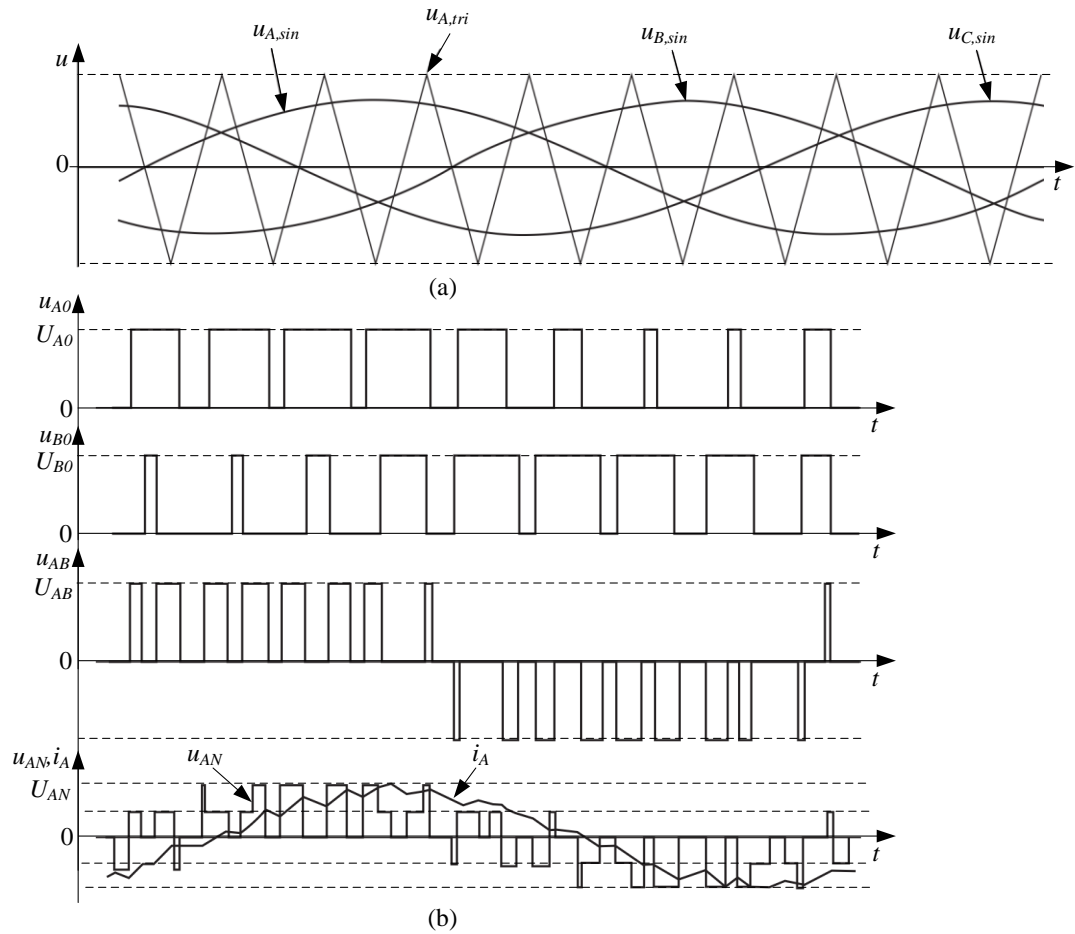
Điện áp đầu ra của tải được mắc theo sơ đồ hình sao không có dây trung tính thì có hệ số Fourier như sau:

$$U_{n,\text{dây}} = \left| \frac{4U_{dc}}{n\pi} \cos\left(n\frac{\pi}{6}\right) \right|,$$

$$U_{n,\text{pha}} = \left| \frac{2U_{dc}}{3n\pi} \left[2 + \cos\left(n\frac{\pi}{3}\right) - \cos\left(n\frac{2\pi}{3}\right) \right] \right|, n = 1, 3, 5, 7, 11, 13, \dots, \quad (12.1)$$

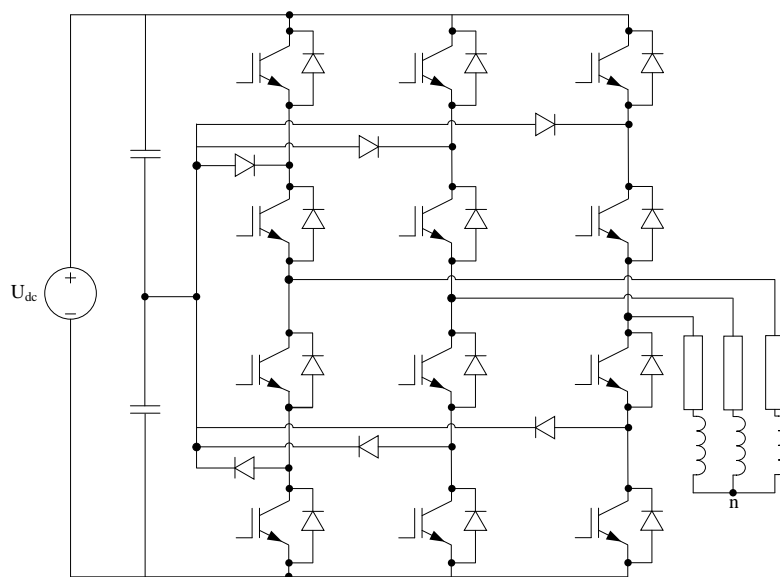
trong đó $U_{n,\text{dây}}$ là điện áp dây, $U_{n,\text{pha}}$ là điện áp pha.

12.1.2. Bộ biến tần ba pha điều chế độ rộng xung



Hình 12.2. (a) Tín hiệu điều chế và sóng mang cho điều chế độ rộng xung với $m_f = 9$ và $m_a = 0,7$ đối với bộ biến tần ba pha ở Hình 7.19a; (b) các dạng sóng đầu ra với tải R-L.

12.1.3. Bộ biến tần ba pha nhiều mức



Hình 12.3. Bộ biến tần ba pha nhiều mức sử dụng diode.

12.2. Các bước thực hành

Bài 12.1. Bộ biến tần ba pha sáu mức với các tham số: Điện áp một chiều đầu vào là 100 V, tần số cơ bản đầu ra là 60 Hz, tải được mắc hình sao không có dây trung tính với mỗi pha có tải R - L , $R = 10\ \Omega$ và $L = 20\ \text{mH}$.

1. Mô phỏng mạch điện trên PSIM.
2. Đưa ra dạng sóng của điện áp nguồn; dạng sóng của dòng điện tải và điện áp tải. Giải thích vì sao lại xuất hiện các dạng sóng như vậy?
3. Xác định giá trị trung bình của dòng điện tải và điện áp tải.
4. Xác định tổng biến dạng sóng hài của dòng điện tải và điện áp tải.

12.3. Kết luận

HƯỚNG DẪN BÁO CÁO VÀ ĐÁNH GIÁ THỰC HÀNH

Sau khi hoàn thành phần thực hành, mỗi sinh viên nộp 01 quyển báo cáo thực hành và báo cáo trực tiếp trước giảng viên hướng dẫn thông qua quyển báo cáo đó. Tùy thuộc vào mức độ hoàn thành, kết quả của phần thực hành sẽ được quyết định bởi giảng viên hướng dẫn.

1.1. Hướng dẫn cho phần báo cáo thực hành

1.1.1. Cấu trúc của bản in quyển báo cáo thực hành

- Trang bìa (*theo quy định và mẫu ở Mục 1.1.3*);
- Mục lục (*1 trang*);
- Mở đầu (*1 trang*);
- Nội dung các bài thực hành (*theo quy định và mẫu ở Mục 1.1.2*)
- Kết luận (*1 trang*)
- Tài liệu tham khảo (*xem quy định và mẫu ở Mục 1.1.4*);
- Phụ lục (*Nếu có*).

1.1.2. Thẻ thực trình bày nội dung quyển báo cáo thực hành

BÀI THỰC HÀNH SỐ 1.

BỘ CHỈNH LƯU MỘT PHA KHÔNG ĐIỀU KHIỂN

1.1. Mục tiêu

1.2. Nội dung thực hành

1.3. Các bước thực hành

1.3.1. Cài đặt và kết nối

a).

b)

...

1.4. Câu hỏi ôn tập

Kết luận bài thực hành số 1

...

KẾT LUẬN

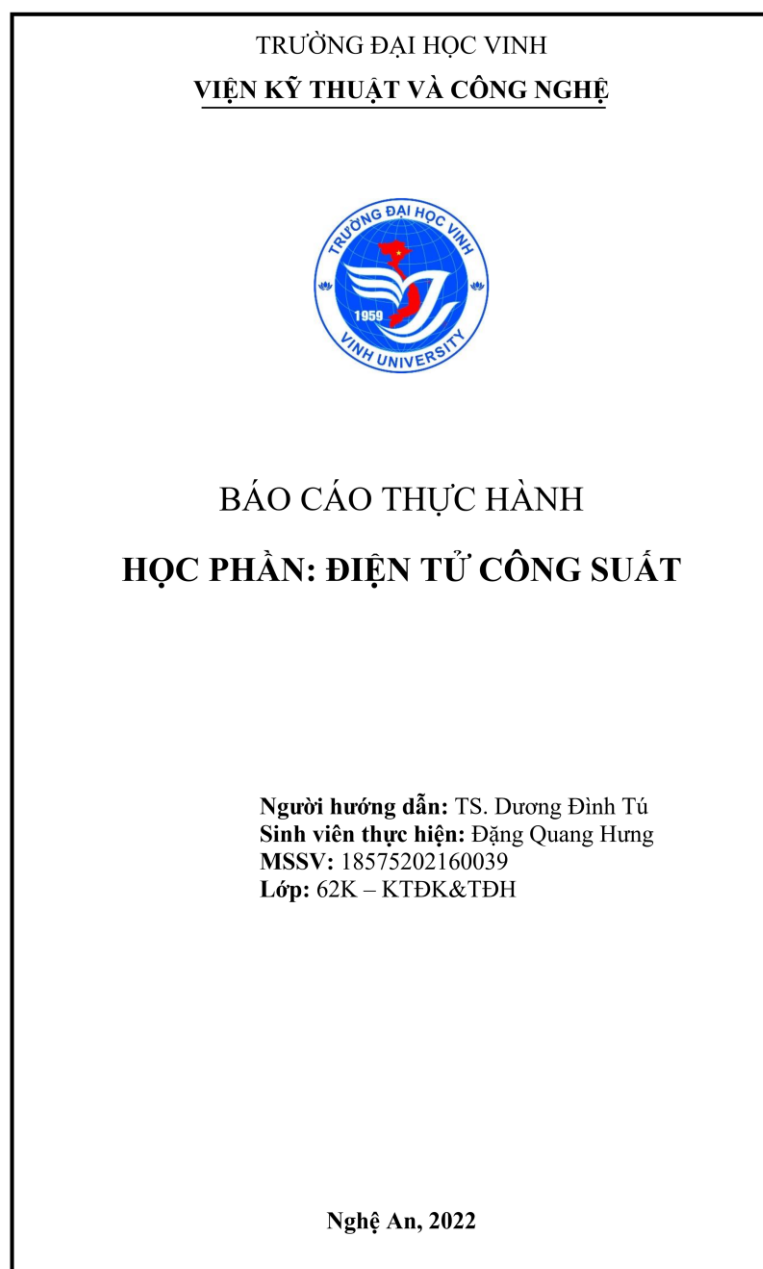
TÀI LIỆU THAM KHẢO

PHỤ LỤC

- Báo cáo thực hành được in và đóng quyển bằng bìa thường, màu xanh lam;
- Khổ giấy A4, đứng, có thể để chế độ khổ giấy ngang cho bảng, biểu, đồ thị ... nếu cần;

- Số trang từ 30 - 40 trang (*chỉ tính từ phần mở đầu tới phần kết luận*);
- Số trang đánh bên dưới, ở giữa trang, không để Header và Footer;
- Căn lề: Trên và dưới 20 (mm); trái 30 (mm); phải 20 (mm);
- Font chữ Unicode, kiểu chữ Times New Roman, cỡ chữ 14, giãn dòng 1.5;
- Bảng, đồ thị, hình vẽ đánh số thứ tự theo chương. Ví dụ: *Hình 5.1 là hình số 1 của chương 5*;
- Cách đánh số bài, mục trong báo cáo thực hành theo mẫu ở trên.

1.1.3. Quy định trình bày trang bìa



Hình 1.1. Mẫu trang bìa quyển báo cáo thực hành.

- Font chữ Unicode, kiểu chữ Times New Roman, cỡ chữ tùy tiêu đề;

TRƯỜNG ĐẠI HỌC VINH (cỡ chữ 14, in hoa)

VIỆN KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ (Cỡ chữ 14, in hoa, đậm)

BÁO CÁO THỰC HÀNH (cỡ chữ 20, in hoa)

HỌC PHẦN: ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT (cỡ chữ 20, in hoa, đậm)

Giảng viên hướng dẫn: (Ghi học vị, chức danh khoa học trước tên. Ví dụ: GS.TS. Nguyễn Văn A) (cỡ chữ 14, in thường)

Sinh viên thực hiện: Lê Thế B (Cỡ chữ 14, in thường)

MSSV: (Cỡ chữ 14, theo mẫu MSSV của Nhà trường)

Lớp: 62K-KTĐK&TĐH (Cỡ chữ 14, in hoa)

NGHỆ AN, 2022 (cỡ chữ 14, in hoa)

Mẫu trang bìa được trình bày ở Hình 1.1.

1.1.4. Hướng dẫn về xếp danh mục tài liệu tham khảo

- Sắp xếp theo loại ngôn ngữ (theo thứ tự Việt, Anh, Nga ...). Tên tài liệu tham khảo tiếng nước ngoài ghi nguyên văn theo tiếng đó.

- Sắp xếp theo họ, tên tác giả: Xếp thứ tự A,B,C theo tên (không đảo tên trước họ) đối với tác giả Việt Nam; hoặc xếp thứ tự A,B,C theo họ đối với tác giả nước ngoài.

- Trình tự ghi thông tin tài liệu tham khảo:

+ Nếu tài liệu tham khảo là sách, luận án, báo cáo: Ghi đầy đủ: Tên các tác giả hoặc cơ quan ban hành, Tên sách, luận án, báo cáo (in nghiêng), Nhà xuất bản, Nơi xuất bản, Năm xuất bản. Ví dụ:

1. Vũ Quang Hồi, *Trang bị điện - điện tử các máy công nghiệp dùng chung*, NXB khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2011.

+ Nếu tài liệu tham khảo là bài báo trong tạp chí, bài trong một cuốn sách ... cần ghi các thông tin: Tên các tác giả, Tên bài báo (“đặt trong ngoặc kép không in nghiêng”), Tên tạp chí hoặc tên sách (in nghiêng), Tập (không có dấu ngăn cách), số, năm xuất bản, các số trang. Ví dụ:

2. Lê Bá Dũng, “Thiết kế bộ điều khiển tự chỉnh PID”, *Tuyển tập Hội nghị toàn quốc lần thứ II về tự động hóa (VICA 2)*, Hà Nội, tr. 98-106.

+ Nếu tài liệu tham khảo là các trang trên Internet: cần ghi đúng tên tác giả, địa chỉ Website, thời gian truy cập địa chỉ đó. Ví dụ:

3. John Weley, *Power Electronics*, <http://embeddedsystem.com>, truy cập ngày 10/01/2021.

1.2. Rubric đánh giá bài báo cáo thực hành

Tiêu chí đánh giá	Mức độ đánh giá					Trọng số
	A	B	C	D	F	
	(8.5-10)	(7.0-8.4)	(5.5-6.9)	(4.0-5.4)	(0-3.9)	
Nội dung báo cáo	Hoàn thành đầy đủ các yêu cầu của bài thực hành, chất lượng tốt, hình thức trình bày tốt, giải quyết các câu hỏi rõ ràng, có tính sáng tạo.	Hoàn thành đầy đủ các yêu cầu của bài thực hành, chất lượng tốt, hình thức trình bày tốt.	Hoàn thành đầy đủ các yêu cầu đề ra, chất lượng tốt.	Hoàn thành đầy đủ các yêu cầu đề ra.	Không hoàn thành nội dung thực hành.	50%
Trình bày báo cáo thực hành	Trình bày đầy đủ, mạch lạc nội dung thực hiện, phân công nhiệm vụ trình bày cho các thành viên.	Trình bày đầy đủ, mạch lạc nội dung thực hiện.	Trình bày đầy đủ nội dung thực hiện.	Trình bày không đầy đủ nội dung thực hiện.	Không trình bày được kết quả thực hiện.	30%
Trả lời câu hỏi của giảng viên	Trả lời đầy đủ, chính xác các câu hỏi.	Trả lời chính xác 3/4 các câu hỏi.	Trả lời chính xác 1/2 các câu hỏi.	Trả lời chính xác 1/4 các câu hỏi.	Không trả lời được các câu hỏi.	20%

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Võ Minh Chính (Chủ biên), Phạm Quốc Hải, Trần Trọng Minh, *Điện tử công suất*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2004.
2. Lê Văn Doanh, Nguyễn Thế Công, Trần Văn Thịnh, *Điện tử công suất: Lý thuyết – Thiết kế - Ứng dụng, Tập 1*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
3. Trần Xuân Minh, Đỗ Trung Hải, *Điện tử công suất*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2016.
4. Daniel W. Hart, *Power Electronics*, Tata McGraw-Hill, 2011.
5. Muhammad H. Rashid, *Power Electronics Handbook*, Elsevier, Inc, 2018.
6. Muhammad H. Rashid, Narendra Kumar, Ashish R. Kulkarni, *Power Electronics: Devices, circuits, and applications*, Fourth Edition, Pearson, 2014.
7. Issa Batarseh, Ahmad Harb, *Power Electronics: Circuit Analysis and Design, Second Edition*, Springer International Publishing AG, 2018.
8. Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic, *Fundamentals of Power Electronics, Third Edition*, Springer Nature Switzerland AG, 2020.
9. Yuriy Rozanov, Sergey Ryvkin, Evgeny Chaplygin, Pavel Voronin, *Power Electronics Basics: Operating Principles, Design, Formulas, and Applications*, Taylor and Francis Group, LLC, 2016.
10. Stefanos N. Manias, *Power Electronics and Motor Drive Systems*, Elsevier, Inc, 2017.
11. Fang Lin Luo, Hong Ye, *Power Electronics: Advanced Conversion Technologies, Second Edition*, Taylor & Francis Group, LLC, 2018.
12. Festo Didactic, *Power Electronics Training System, LabVolt Series*, Festo Didactic Ltée/Ltd, Quebec, Canada 2011.
13. Festo Didactic, *Single-Phase AC Power Electronics, Student Manual*, Festo Didactic Ltée/Ltd, Quebec, Canada 2011.
14. Festo Didactic, *Three-Phase AC Power Electronics, Student Manual*, Festo Didactic Ltée/Ltd, Quebec, Canada 2011.
15. Festo Didactic, *Thyristor Power Electronics, Student Manual*, Festo Didactic Ltée/Ltd, Quebec, Canada 2011.
16. Festo Didactic, *DC Power Electronics, Student Manual*, Festo Didactic Ltée/Ltd, Quebec, Canada 2011.