

Họ và tên SV: MSSV:

LƯU Ý:

- Sinh viên **KHÔNG** được sử dụng tài liệu.
- Sinh viên vẽ vào hình trong đề thi và NỘP đề này cùng với bài làm trên giấy thi.
- Sinh viên làm tối đa 5 câu: Câu 1, 2, 3, 4 là bắt buộc + Câu 5 hoặc Câu 6

Câu 1 (2 điểm)

Xét bộ biến đổi một chiều kiểu đảo dòng như hình 1. Xung kích các transistor S1 và S4 có dạng như **hình 7a**. Nguồn áp một chiều ngõ vào có giá trị không đổi $U_d = 200V$. Tải của bộ biến đổi là động cơ một chiều có mạch tương đương như trên hình, bao gồm: sức điện động một chiều $E = 150V$, $R = 1\Omega$ và điện cảm L đủ lớn để dòng tải i_t có thể xem là phẳng. Gọi D là tỷ số đóng ($D = t_{on}/T_s$) và $f_s = 1/T_s$ tần số đóng cắt các transistor. Mạch hoạt động ở chế độ xác lập.

- 1.1. Vẽ trên **hình 7b** dạng sóng điện áp trên tải u_t **(0.5đ)**.
- 1.2. Tìm quan hệ giữa điện áp trung bình trên tải U_t , điện áp nguồn U_d và tỉ số đóng D **(0.5đ)**.
- 1.3. Tìm tỉ số đóng cần thiết trong trường hợp: (a) Tải *nhận* công suất 2kW, **(0.5đ)** và (b) Tải *phát* công suất 2kW. Lưu ý điều kiện về giá trị trung bình của dòng tải: $|I_t| \leq 20A$ **(0.5đ)**.

Giải:

1.2. Quan hệ giữa điện áp trung bình trên tải U_t , điện áp nguồn U_d và tỉ số đóng D :

$$U_t = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} u_t dt = \frac{1}{T_s} \int_0^{t_{on}} U_d dt = \frac{t_{on}}{T_s} U_d = D U_d \quad (0.5đ)$$

Lưu ý là $U_t \geq 0$

1.3. Tìm tỉ số đóng cần thiết

Công suất trên tải (lưu ý là dòng tải i_t có thể xem là phẳng như đề bài):

$$P_t = U_t I_t = (E + R I_t) I_t$$

(a) Tải *nhận* công suất 2kW: từ biểu thức trên và kết hợp với thông số của đề bài, ta có phương trình:

$$(150 + 1 \cdot I_t) I_t = 2000 \rightarrow I_t^2 + 150 I_t - 2000 = 0 \rightarrow I_t = -162.3A \text{ và } I_t = 12.3A$$

Lưu ý là nghiệm $I_t = -162.3A$ bị loại bỏ do với nghiệm này ta có: $U_t = E + R I_t \leq 0$

Với $I_t = 12.3A$, ta có điện áp trung bình trên tải là: $U_t = E + R I_t = 150 + 1 \cdot 12.3 = 162.3V$

$$\text{Vậy tỉ số điều chế } D \text{ cần thiết là: } D = \frac{U_t}{U_d} = \frac{162.3}{200} = 0.81 \quad (0.5đ)$$

(b) Tải *phát* công suất 2kW: giải tương tự câu trên, ta có phương trình:

$$(150 + 1 \cdot I_t) I_t = -2000 \rightarrow I_t^2 + 150 I_t + 2000 = 0 \rightarrow I_t = -135.2A \text{ và } I_t = -14.8A$$

Lưu ý là nghiệm $I_t = -135.2A$ bị loại bỏ do không thỏa điều kiện $|I_t| \leq 20A$

Với $I_t = -14.8A$, ta có điện áp trung bình trên tải là: $U_t = E + RI_t = 150 + 1 \cdot (-14.8) = 135.2V$

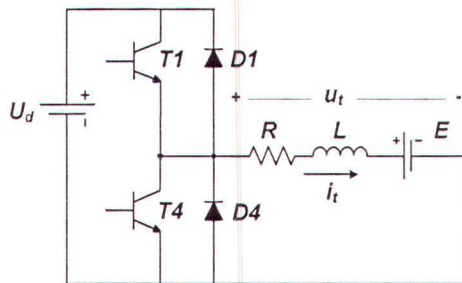
Vậy tỉ số điều chế D cần thiết là: $D = \frac{U_t}{U_d} = \frac{135.2}{200} = 0.68$ (0.5đ)

Câu 2 (2 điểm)

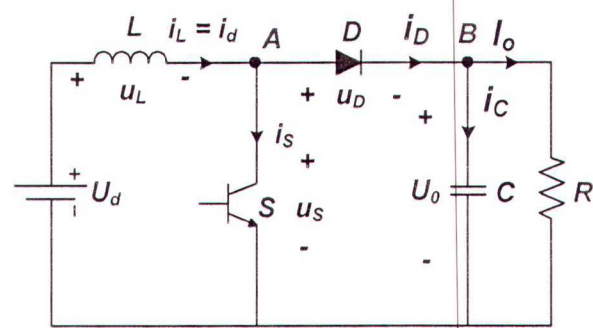
Xét bộ nguồn đóng ngắt kiểu tăng áp (boost) như hình 2, trong đó $U_d = 12V$. Mạch được thiết kế sao cho khi công suất tải ngõ ra P_o thay đổi trong khoảng 20W đến 100W, mạch luôn hoạt động ở chế độ dòng liên tục và điện áp ngõ ra giữ không đổi ở mức $U_o = 20V$. Gọi D là tỷ số đóng ($D = t_{on}/T_s$) và $f_s = 1/T_s = 20kHz$ là tần số đóng cắt của khoá bán dẫn S.

2.1. Biết giản đồ xung kích của S như **hình 8a** và dòng i_L qua cuộn L như **hình 8b** Hãy vẽ giản đồ áp và dòng của khoá S trên **hình 8c** (0.5đ). Xác định dòng trung bình qua S khi tải là 100W (0.5đ).

2.2. Dẫn giải công thức tính i_{Lmin} theo f_s , D và tải (0.5đ), từ đó tính ra giá trị tối thiểu của L để đảm bảo mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục (0.5đ).



Hình 1



Hình 2

Giải

2.1. Xác định dòng trung bình qua S khi tải là 100W

Vì mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục, ta có quan hệ giữa áp ngõ ra và ngõ vào như sau:

$$U_o = \frac{U_d}{1-D}$$

Suy ra tỉ số điều chế cần thiết: $D = 1 - \frac{U_d}{U_o} = 1 - \frac{12}{20} = 0.4$

Dòng ngõ ra với tải 100W: $I_o = P_o / U_o = 100 / 20 = 5A$

Từ đó tính được dòng ngõ vào (dòng nguồn) là: $I_d = \frac{I_o}{1-D} = \frac{5A}{1-0.4} = 8.33A$

Nhìn vào hình 2, xét nút mạch A và B, ta có: $i_d = i_s + i_D \Rightarrow i_d = i_s + i_C + i_o$

Lấy trung bình 2 vế của biểu thức trên và lưu ý dòng trung bình qua tụ C (i_C) bằng zero, ta có:

$$I_d = I_s + I_o$$

Vậy, dòng trung bình qua transistor S là: $I_s = I_d - I_o = 8.33A - 5A = 3.33A$ (0.5đ)

2.2. Dẫn giải công thức tính i_{Lmin} theo f_s , D và tải

Sinh viên cần chứng minh được điều kiện để mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục là:

$$Lf_s \geq \frac{D(1-D)^2 R}{2} = \frac{D(1-D)^2 (U_0^2 / P_o)}{2} = \frac{D(1-D)^2 U_0^2}{2P_o}$$

$$\text{Suy ra: } L \geq L_{\min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f_s} = \frac{D(1-D)^2 U_0^2}{2f_s P_o} \quad (0.5\text{đ})$$

Từ đó suy ra để đảm bảo mạch luôn hoạt động ở chế độ dòng liên tục khi tải thay đổi từ 20W → 100W, giá trị nhỏ nhất của L cần tính với trường hợp công suất tải là nhỏ nhất $P_o = 20\text{W}$. Do đó:

$$L \geq L_{\min} = \frac{D(1-D)^2 U_0^2}{2f_s P_{o,\min}} = \frac{0.4(1-0.4)^2 20^2}{2 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 20} = 0.072\text{mH} = 72\mu\text{H} \quad (0.5\text{đ})$$

Câu 3 (2 điểm)

Cho bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha như hình 3, nguồn áp xoay chiều có phương trình $u(t) = \sqrt{2}U \sin(\omega t)$ [V] với $U=220\text{V}$, $f=50\text{Hz}$ như vẽ trên hình 8. Tải thuần trở $R=10\Omega$. Mạch sử dụng phương

pháp điều khiển pha với góc điều khiển bộ biến đổi là $\alpha = \frac{2\pi}{5}$ [rad].

3.1. Vẽ giản đồ áp trên khóa T2 (u_{T2}) trên hình 9 (0.5đ)

3.2. Vẽ giản đồ dòng nguồn i trên hình 9 (0.5đ)

3.3. Sử dụng phân tích Fourier để dẫn giải công thức xác định biên độ hài cơ bản của dòng nguồn (I_{1m}) theo U , R và α (0.75đ). Áp dụng công thức tìm được và các dữ liệu đã cho để tính giá trị I_{1m} (0.25đ)

Giải:

3.3. a) Lưu ý là dòng nguồn có phương trình và giản đồ như dòng tải theo KL1 $\Rightarrow i(\omega t) = it(\omega t)$.

Các hệ số khi phân tích Fourier:

$$a_0 = 0;$$

$$a_1 = \frac{1}{\pi} \left(\int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} \frac{U}{R} \sin(x) \cos(x) dx + \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} \sqrt{2} \frac{U}{R} \sin(x) \cos(x) dx \right) = -\frac{\sqrt{2} \cdot U}{\pi \cdot R} \sin^2(\alpha)$$

$$\text{hoặc các hàm tương đương ví dụ } a_1 = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{2\pi \cdot R} (\cos(2\alpha) - 1)$$

$$b_1 = \frac{1}{\pi} \left(\int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} \frac{U}{R} \sin^2(x) dx + \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} \sqrt{2} \frac{U}{R} \sin^2(x) dx \right) = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{\pi \cdot R} \left(\pi - \alpha + \frac{\sin(2\alpha)}{2} \right)$$

$$\text{hoặc các hàm tương đương ví dụ } b_1 = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{\pi \cdot R} (\pi - \alpha + \sin \alpha \cdot \cos \alpha)$$

$$\Leftrightarrow \text{Biên độ hài cơ bản dòng nguồn } I_{1m}: I_{1m} = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{\pi \cdot R} \sqrt{\sin^4(\alpha) + (\pi - \alpha + \sin \alpha \cdot \cos \alpha)^2} \quad (0.75\text{đ})$$

$$\text{b) Áp dụng khi } U=220\text{V}, f=50\text{Hz}, \alpha = \frac{2\pi}{5} \text{ rad}, R=10\Omega, \text{ suy ra } I_{1m} = 23.36 \text{ A} \quad (0.25\text{đ})$$

Câu 4 (2 điểm)

Cho bộ nghịch lưu áp cầu 1 pha như hình 4. Khóa S_j có cấu tạo gồm transistor T_j và diode D_j mắc đối song, $j=1,2,3,4$. Nguồn DC $U_d=500V$. Bộ nghịch lưu được điều khiển theo kiểu điều rộng xung (PWM) với khoảng thời gian khảo sát $T_s=100\mu s$.

Các khóa trên cùng một nhánh được điều khiển đóng cắt theo quy tắc đối nghịch ($S_1+S_4=1$; $S_2+S_3=1$, trong đó $S_j = 1$ khi điều khiển khóa ON và $S_j = 0$ khi điều khiển khóa OFF).

Chuỗi trạng thái xung kích dẫn cho các khóa ($S_1(t)$ và $S_3(t)$) và thời gian kích dẫn tương ứng $[\mu s]$ được mô tả tuần tự trong khoảng thời gian T_s như sau:

(01)[10 μs] \rightarrow (11)[20 μs] \rightarrow (10)[40 μs] \rightarrow (11)[20 μs] \rightarrow (01)[10 μs].

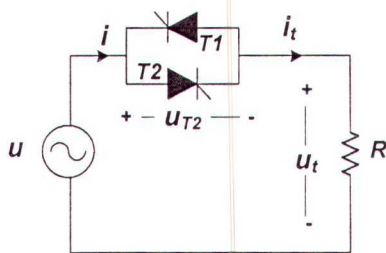
(Giải thích: (01) [10 μs] : Điều khiển $S_1=OFF$ và $S_3=ON$ trong khoảng thời gian 10 μs).

Trong khoảng thời gian khảo sát T_s trên hình 10, hãy:

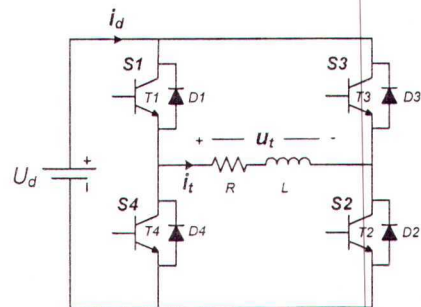
4.1. Vẽ giản đồ xung điều khiển S_1 - S_4 vào hình 10a (0.5đ)

4.2. Thiết lập mô tả toán học quan hệ giữa áp tải $u_t(t)$ với hàm đóng cắt khóa $S_1(t)$ và $S_3(t)$ (0.5đ). Áp dụng vẽ giản đồ áp tải u_t trên hình 10b (0.5đ)

4.3. Xác định trị trung bình áp trên tải u_t [V] (0.5đ)



Hình 3

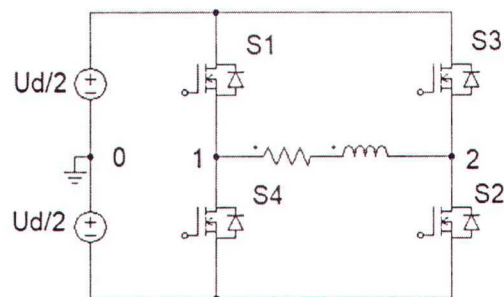


Hình 4

Sinh viên chọn một trong 2 câu sau

Giải:

4.2. Một trong các phương án là thiết lập mô tả quan hệ giữa áp tải và các hàm điều khiển đóng cắt khóa $s_1(t)$, $s_3(t)$ từ phân tích bộ nghịch lưu như sau :



Khảo sát nhánh thứ nhất gồm khóa S_1 và S_4 được kích đối nghịch, suy ra hàm điện áp u_{10} :

$$s_1 + s_4 = 1;$$

$$u_{10} = s_1 \cdot \frac{U_d}{2} - s_4 \cdot \frac{U_d}{2}$$

$$\Leftrightarrow u_{10} = (2s_1 - 1) \cdot \frac{U_d}{2}$$

Tương tự, khảo sát nhánh thứ hai gồm khóa S_3 và S_2 được kích đối nghịch, suy ra hàm điện áp u_{20} :

$$s_3 + s_2 = 1;$$

$$u_{20} = s_3 \cdot \frac{U_d}{2} - s_2 \cdot \frac{U_d}{2}$$

$$\Leftrightarrow u_{20} = (2s_3 - 1) \cdot \frac{U_d}{2}$$

Từ đó, suy ra quan hệ giữa áp tải u_{12} và các hàm điều khiển đóng cắt khóa $s_1(t)$, $s_3(t)$

$$u_{12} = u_{10} - u_{20};$$

(0.5đ)

$$\Leftrightarrow u_{12} = (s_1 - s_3) \cdot U_d$$

Lưu ý: Các dẫn giải tương tự khác dẫn đến quan hệ tương tự cũng được tính điểm

4.3. Xác định trị trung bình áp trên tải U_t [V]:

$$U_t = \frac{1}{100} \left(\int_0^{10} -U_d dt + \int_{30}^{70} U_d dt + \int_{90}^{100} -U_d dt \right) \quad (0.5đ)$$

$$= \frac{20}{100} \cdot U_d = \frac{1}{5} \cdot 500 = 100V$$

Câu 5 (2 điểm)

Cho bộ *ngịch lưu* dòng mạch cầu 3 pha như hình 5. Nguồn dòng một chiều ngõ vào bộ nghịch lưu có giá trị I_d . Tải 3 pha thuần trở R .

5.1. Vẽ trên **hình 11a** xung kích cho các khóa nghịch lưu theo phương pháp 6 bước trong 1 chu kỳ đóng cắt T_s .

(0.5đ)

5.2. Vẽ trên **hình 11b** dạng sóng dòng điện pha tải ($i(R)$) theo phương pháp 6 bước. (0.5đ)

5.3. Dẫn giải công thức xác định biên độ sóng hài bậc k dòng điện tải? Với k bằng bao nhiêu thì biên độ sóng hài bậc k nhỏ hơn 5% so với sóng hài cơ bản. (0.5đ)

5.4. Giả sử điện trở tải mỗi pha có giá trị $R = 10 \Omega$. Dẫn giải công thức tính giá trị nguồn dòng I_d khi biết công suất tải 3 pha có giá trị P . Áp dụng tính I_d khi $P = 10 \text{ kW}$. (0.5đ)

Giải:

5.3. Dẫn giải công thức xác định biên độ sóng hài bậc k dòng điện tải? Với k bằng bao nhiêu thì biên độ sóng hài bậc k nhỏ hơn 5% so với sóng hài cơ bản.

a) Các hệ số khi phân tích Fourier dòng điện tải (chu kỳ T):

$$a_0 = 0;$$

$$a_k = \frac{2}{T_s} \left(\int_0^{T_s/3} I_d \cos(k\omega_0 t) dt + \int_{T_s/2}^{5T_s/6} -I_d \cos(k\omega_0 t) dt \right)$$

$$b_k = \frac{2}{T_s} \left(\int_0^{T_s/3} I_d \sin(k\omega_0 t) dt + \int_{T_s/2}^{5T_s/6} -I_d \sin(k\omega_0 t) dt \right)$$

Biên độ sóng hài bậc k :

$$c_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2} = \frac{4I_d}{k\pi} \cdot \cos\left(k \cdot \frac{\pi}{6}\right); \quad (0.25đ)$$

$$k = 1, 5, 7, 11, 13, 17, 19, \dots$$

b) Xác định k để biên độ sóng hài bậc k nhỏ hơn 5% so với sóng hài cơ bản:

$$\left| \frac{c_k}{c_1} \right| = \frac{1}{k} \left| \frac{\cos\left(k \frac{\pi}{6}\right)}{\cos\left(\frac{\pi}{6}\right)} \right| < 5\%;$$

$$k = 1, 5, 7, 11, 13, 17, 19, \dots$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{k} < 5\% \quad (0.25đ)$$

$$\Leftrightarrow k > 20$$

$$\Rightarrow k = 23$$

5.4. Giả sử điện trở tải mỗi pha có giá trị $R = 10 \Omega$. Dẫn giải công thức tính giá trị nguồn dòng I_d khi biết công suất tải 3 pha có giá trị P . Áp dụng tính I_d khi $P = 10 \text{ kW}$. (0.5đ)

Từ hình vẽ xác định trị hiệu dụng dòng pha:

$$I_t = \sqrt{\frac{2}{T_s} \int_0^{T_s/3} I_d^2 \cdot dt} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot I_d$$

Dẫn giải công thức tính giá trị nguồn dòng I_d khi biết công suất tải 3 pha có giá trị P

Ta có:

$$P = 3RI_t^2 = 3R \cdot \frac{2}{3} \cdot I_d^2 = 2RI_d^2 \quad (0.25đ)$$

$$\Rightarrow I_d = \sqrt{\frac{P}{2R}}$$

Với $P = 10 \text{ kW}$, $R = 10 \Omega$, giá trị cần thiết của I_d là:

$$I_d = \sqrt{\frac{P}{2R}} = \sqrt{\frac{10^4}{2 \cdot 10}} = 70.71 \text{ A} \quad (0.25đ)$$

Câu 6 (2 điểm)

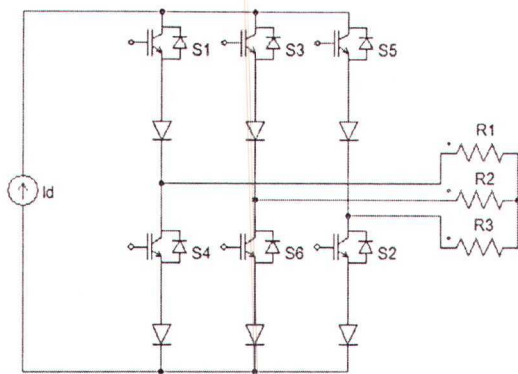
Cho bộ nghịch lưu áp mạch cầu 3 pha như hình 6. Nguồn áp một chiều ngõ vào bộ nghịch lưu có giá trị U_d . Tải 3 pha thuần trở R .

6.1. Vẽ trên **hình 11a** xung kích cho các khóa nghịch lưu theo phương pháp 6 bước trong 1 chu kỳ đóng cắt T_s . (0.5đ)

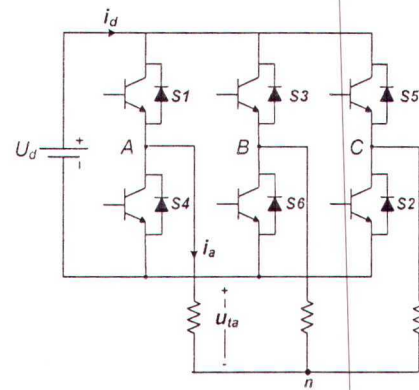
6.2. Vẽ trên **hình 11b** dạng sóng điện áp pha tải u_{ta} theo phương pháp 6 bước. (0.5đ)

6.3. Dẫn giải công thức xác định trị hiệu dụng của điện áp pha tải u_{ta} ? (0.5đ)

6.4. Giả sử điện trở tải mỗi pha có giá trị $R = 10 \Omega$. Dẫn giải công thức tính giá trị nguồn áp U_d khi biết công suất tải 3 pha có giá trị P . Hãy tính giá trị cần thiết của U_d khi công suất tải 3 pha ngõ ra là 10 kW . (0.5đ)



Hình 5



Hình 6

Giải

6.3. Dẫn giải công thức xác định trị hiệu dụng của điện áp pha tải u_{ia}

Từ hình vẽ, ta có:

$$U_{ia,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_{ia}^2 d\omega t} = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \left[\int_0^{\pi/3} \left(\frac{1}{3}U_d\right)^2 d\omega t + \int_{\pi/3}^{2\pi/3} \left(\frac{2}{3}U_d\right)^2 d\omega t + \int_{2\pi/3}^{\pi} \left(\frac{1}{3}U_d\right)^2 d\omega t \right]} = \frac{\sqrt{2}}{3}U_d \quad (0.5đ)$$

6.4 Dẫn giải công thức tính giá trị nguồn áp U_d khi biết công suất tải 3 pha có giá trị P

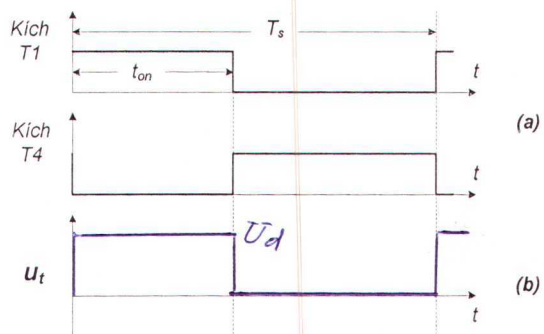
Ta có:

$$P = \frac{3U_{ia,rms}^2}{R} = \frac{2}{3} \frac{U_d^2}{R} \Rightarrow U_d = \sqrt{\frac{3PR}{2}}$$

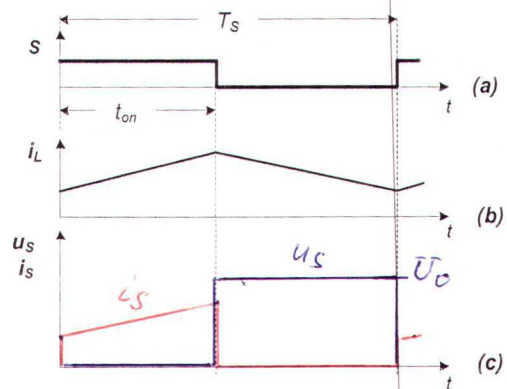
Với $P = 10\text{kW}$, $R = 10\Omega$, giá trị cần thiết của U_d là:

$$U_d = \sqrt{\frac{3PR}{2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10000 \cdot 10}{2}} = 387V \quad (0.5đ)$$

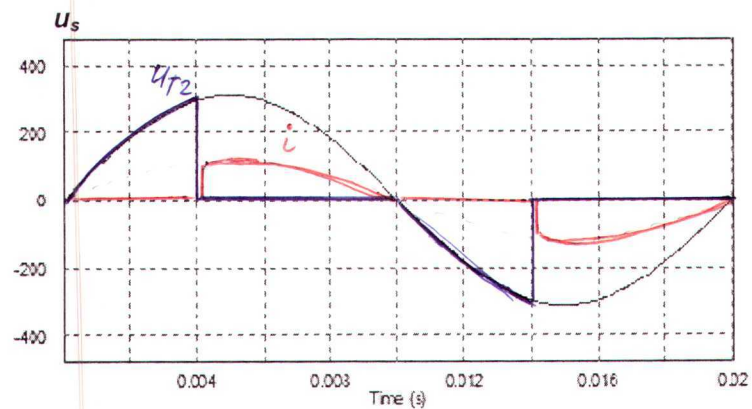
PHẦN VẼ HÌNH



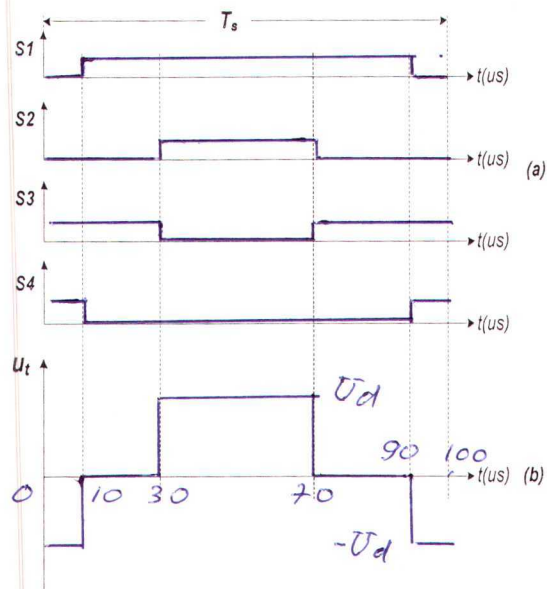
Hình 7



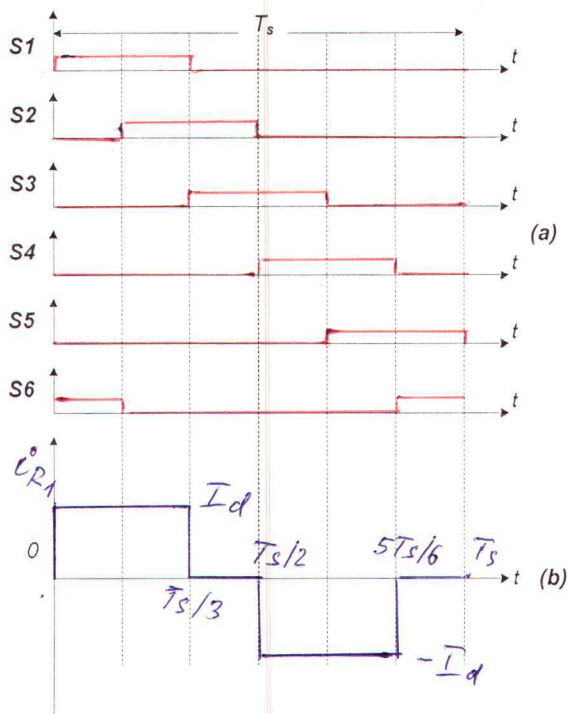
Hình 8



Hình 9



Hình 10

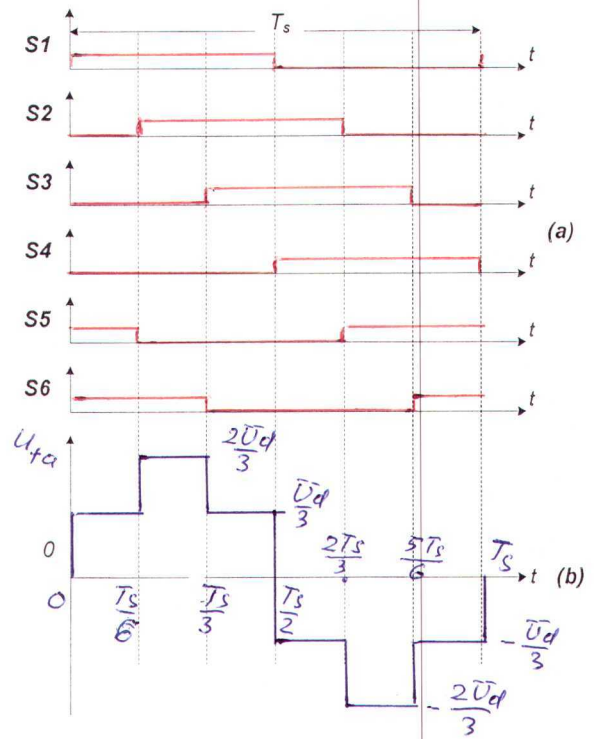


Hình 11 (Câu 5)

CHỦ NHIỆM BỘ MÔN

trh

Trương Phước Hòa



Hình 11 (Câu 6)

NHÓM GIẢNG VIÊN RA ĐỀ

Tô Hữu Phúc – Nguyễn Văn Nhờ -
Phan Quốc Dũng

nhv