

TRƯỜNG CAO ĐẲNG LÝ TỰ TRỌNG KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ



HỌC PHẦN :

ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

Chương 3: CÁC BỘ BIẾN ĐỔI ĐIỆN ÁP

3.1/ Bộ biến đổi điện áp xoay chiều :

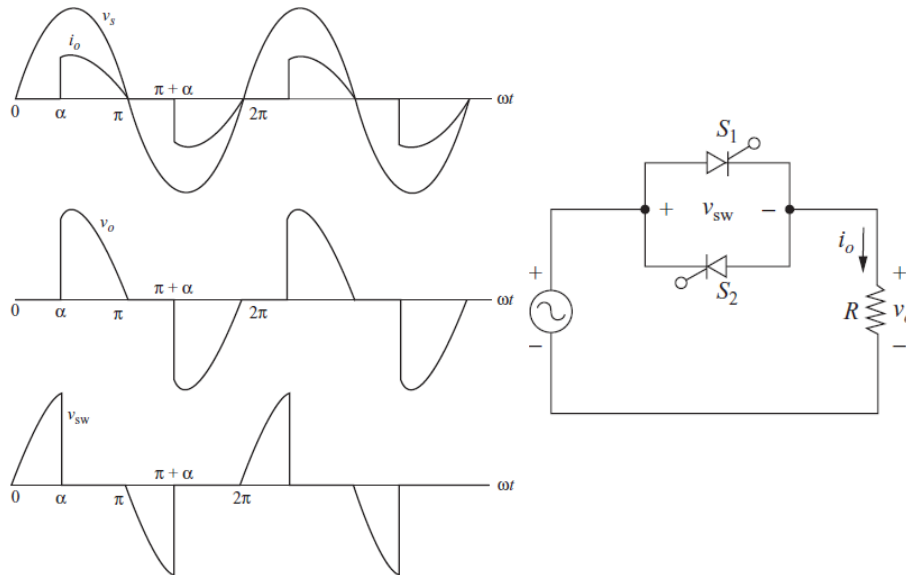
Dùng để thay đổi trị hiệu dụng của điện áp xoay chiều ngõ ra

*** Các ứng dụng:**

- Điều khiển công suất tiêu thụ của các tải như lò nung điện trở, bếp điện.
- Điều khiển chiếu sáng cho sân khấu, quảng cáo
- Điều khiển vận tốc động cơ không đồng bộ công suất vừa và nhỏ (máy quạt gió, máy bơm, máy xay), điều khiển động cơ vạn năng (máy trộn, máy sấy).
- Dùng trong các hệ thống bù nhiễu công suất phản kháng.

3.1.1- Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha :

* Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha tải R:



* Các thông số của mạch:

$$V_s(\omega t) = V_m \cdot \sin \omega t$$

- Trị hiệu dụng của điện áp xoay chiều ngõ ra:

$$\begin{aligned} V_{o,rms} &= \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} [V_m \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \\ &= V \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \end{aligned}$$

- Trị hiệu dụng dòng điện qua tải:

$$I_{o,rms} = \frac{V_{o,rms}}{R} = \frac{V}{R} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

* Các thông số của mạch:

- Dòng trung bình qua SCR:

$$I_{SCR,avg} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \frac{V_m}{R} \cdot \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{V_m}{2\pi R} (1 + \cos \alpha)$$

- Dòng hiệu dụng qua SCR:

$$I_{SCR,rms} = \frac{I_{o,rms}}{\sqrt{2}}$$

- Công suất tiêu thụ trên tải:

$$P = V_{o,rms} \cdot I_{o,rms} = \frac{V_{o,rms}^2}{R} = \frac{V^2}{R} \left(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right)$$

* Các thông số của mạch:

- Hệ số công suất nguồn:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P}{S} = \frac{V_{o,rms}^2 / R}{V_{s,rms} \cdot I_{s,rms}} = \frac{V_{o,rms}^2 / R}{V_{s,rms} \cdot (V_{o,rms} / R)} = \frac{V_{o,rms}}{V_{s,rms}} \\ &= \frac{V \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}}{V} = \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \end{aligned}$$

Ví dụ 1 :

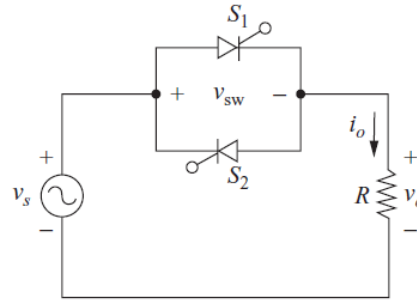
Bộ biến đổi điện áp xoay chiều 1 pha cấp nguồn cho tải thuần trở $R=10\Omega$.

Nguồn xoay chiều có trị hiệu dụng 220V, 50Hz. Góc điều khiển $\alpha=\pi/2(\text{rad})$

a) Tính trị hiệu dụng điện áp tải

b) Tính công suất tiêu thụ trên tải

c) Tính hệ số công suất



$$V_s(\omega t) = V_m \cdot \sin \omega t$$

Giải

a) Trị hiệu dụng điện áp tải:

$$V_{o,rms} = V \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} = 220 \sqrt{1 - \frac{\pi/2}{\pi} + \frac{\sin 2 \cdot \frac{\pi}{2}}{2\pi}} = 154(\text{V})$$

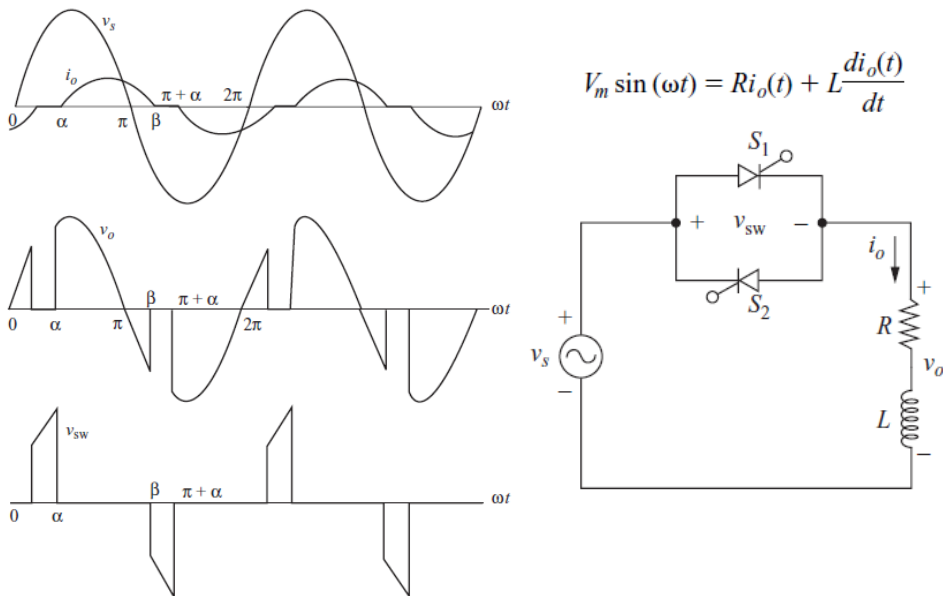
b) Công suất tiêu thụ trên tải:

$$\begin{aligned} P &= \frac{V_{o,rms}^2}{R} = \frac{V^2}{R} \left(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right) \\ &= \frac{(220)^2}{10} \left(1 - \frac{\pi/2}{\pi} + \frac{\sin 2 \cdot \frac{\pi}{2}}{2\pi} \right) = 2420(\text{W}) \end{aligned}$$

c) Hệ số công suất:

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} = \sqrt{1 - \frac{\pi/2}{\pi} + \frac{\sin 2 \cdot \frac{\pi}{2}}{2\pi}} = 0,707$$

* Bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha tải RL:



* Các thông số của mạch:

- Trị hiệu dụng của điện áp xoay chiều ngõ ra:

$$V_{o,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [V_m \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)} = V \sqrt{\frac{\psi}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha - \sin 2\beta}{2\pi}}$$

$$= V \sqrt{\frac{\beta - \alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha - \sin 2\beta}{2\pi}}$$

trong đó $\psi = \beta - \alpha$ là góc dẫn dòng điện

- Trị hiệu dụng dòng điện qua tải:

$$I_{o,rms} = \frac{V_{o,rms}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

*** Các thông số của mạch:**

- Dòng trung bình qua SCR:

$$I_{SCR,avg} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_o(\omega t) d(\omega t)$$

- Dòng hiệu dụng qua SCR:

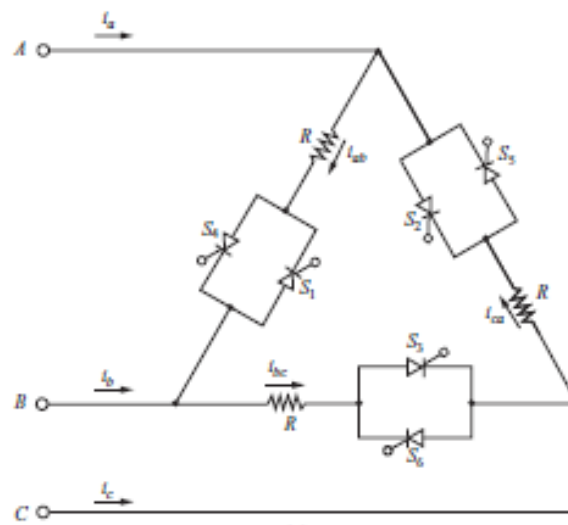
$$I_{SCR,rms} = \frac{I_{o,rms}}{\sqrt{2}}$$

- Công suất tiêu thụ trên tải:

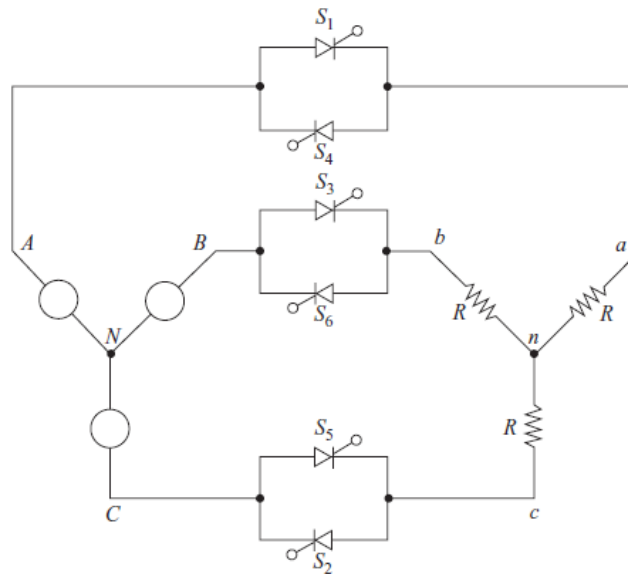
$$P = I_{o,rms}^2 \cdot R$$

3.1.2- Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha :

*** Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha tải R kết nối Δ :**

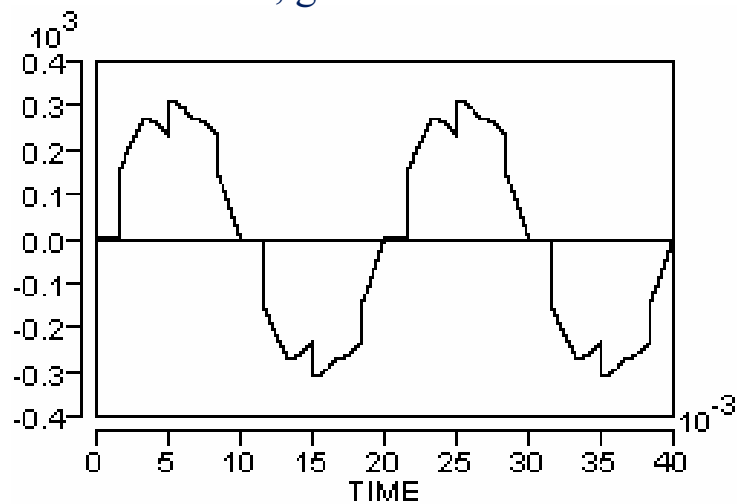


* Bộ biến đổi điện áp xoay chiều ba pha tải R kết nối Y:



Bộ biến đổi điện áp xoay chiều 3 pha

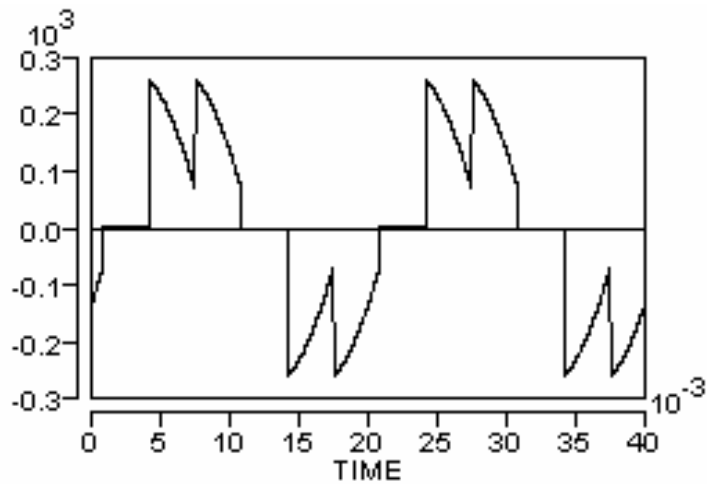
Tải R, góc kích $\alpha=30^\circ$



Dạng sóng dòng, áp ngõ ra trên 1 pha

Bộ biến đổi điện áp xoay chiều 3 pha

Tải R, góc kích $\alpha=75^\circ$

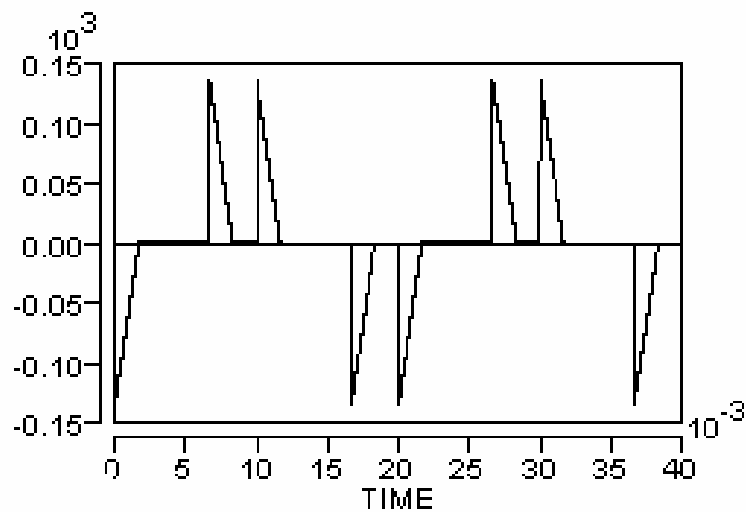


Dạng sóng dòng, áp ngõ ra trên 1 pha

15

Bộ biến đổi điện áp xoay chiều 3 pha

Tải R, góc kích $\alpha=120^\circ$



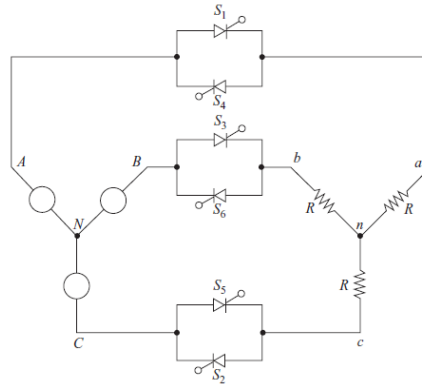
Dạng sóng dòng, áp ngõ ra trên 1 pha

16

Ví dụ 2:

Bộ biến đổi điện áp xoay chiều 3 pha mắc vào tải theo cấu hình sao. Biết công suất tải $P=20\text{kW}$, hệ số công suất là 0,707. Áp nguồn có trị hiệu dụng áp dây là 440V.

Tính định mức dòng trung bình và dòng hiệu dụng qua SCR?

**Giải**

- Dòng điện qua mỗi pha có trị hiệu dụng:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0,707} = 37,1(\text{A})$$

- Dòng đỉnh qua SCR:

$$I_m = \sqrt{2} \cdot I = 52,3(\text{A})$$

- Dòng trung bình qua SCR:

$$I_{SCR,avg} = \frac{I_m}{\pi} = \frac{52,3}{\pi} = 16,7(\text{A})$$

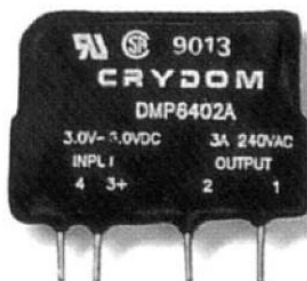
- Dòng hiệu dụng qua SCR:

$$I_{SCR,rms} = \frac{I_m}{2} = 26,15(\text{A})$$

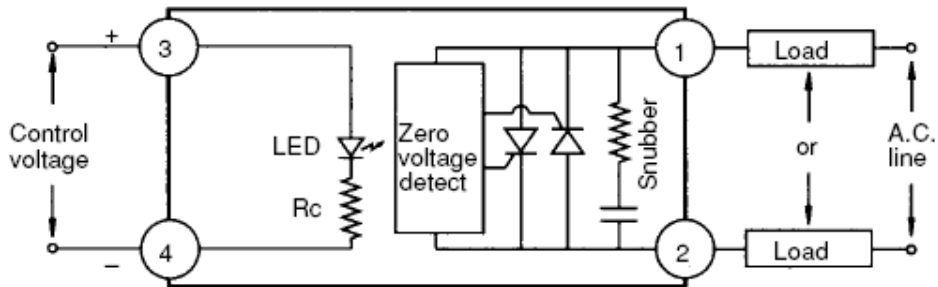
Công tắc xoay chiều

- Dùng để đóng vào hoặc ngắt nguồn điện áp xoay chiều ra khỏi tải xoay chiều.
- Hoạt động với tần số cao, đáp ứng nhanh, công suất điều khiển nhỏ, không gây phóng điện.
- Có tổn hao trên linh kiện bán dẫn → Cần giải nhiệt.
- Sử dụng trong: đóng ngắt động cơ, chuyển mạch cho nguồn lưới điện, chuyển mạch trong hệ thống UPS

Công tắc xoay chiều 1 pha

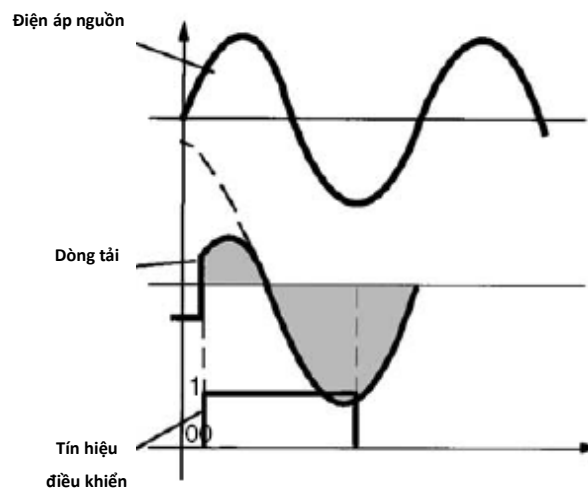


Công tắc xoay chiều 1 pha



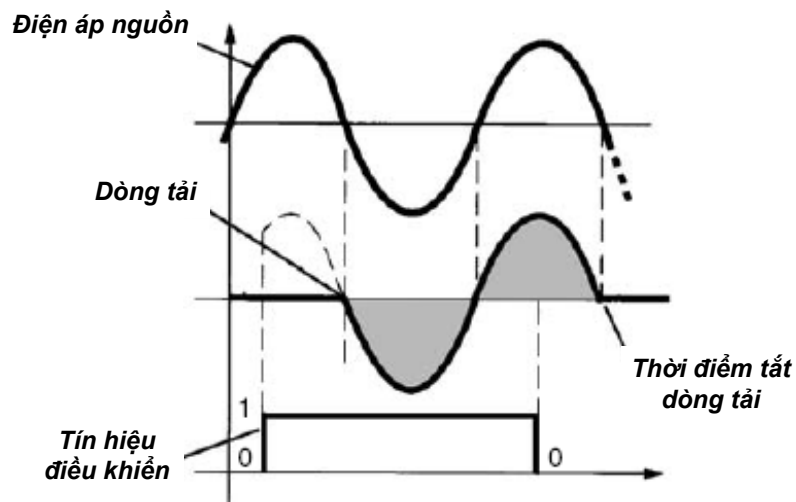
Cấu trúc một bộ contact xoay chiều 1 pha, đóng cắt đồng bộ với thời điểm áp lưới qua zero

Công tắc xoay chiều 1 pha



Đóng cắt không đồng bộ với thời điểm áp lưới qua zero

Công tắc xoay chiều

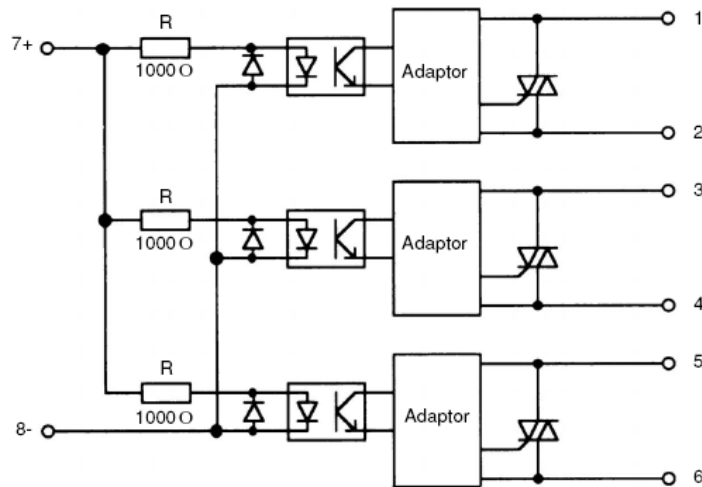


Đóng cắt đồng bộ với thời điểm áp lưới qua zero

Công tắc xoay chiều 3 pha



Công tắc xoay chiều 3 pha



Cấu trúc một bộ contact xoay chiều 3 pha

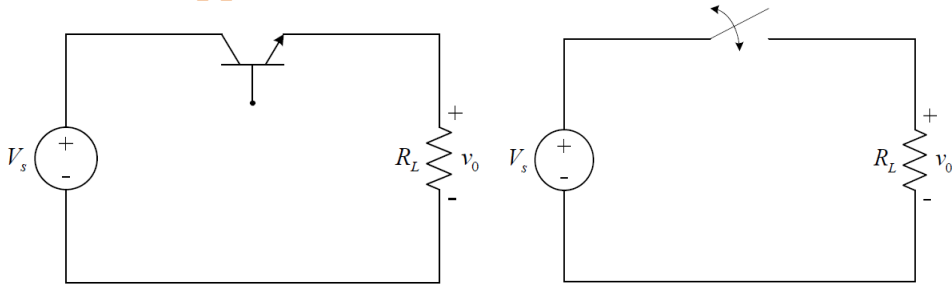
25

3.2/ Bộ biến đổi điện áp một chiều :

3.2.1- Giới thiệu:

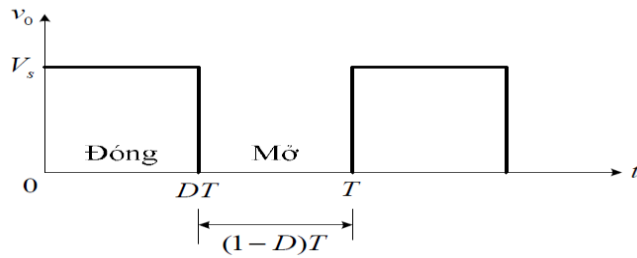
- Các bộ chuyển đổi DC-DC còn gọi là bộ chopper, là các mạch điện tử công suất dùng để chuyển đổi từ một điện áp một chiều cố định ở đầu vào thành một điện áp một chiều ở đầu ra có các giá trị khác so với đầu vào, điện áp đầu ra có thể điều chỉnh linh hoạt được.
- Được dùng trong các bộ nguồn đóng ngắt (switching power supply), trong các ứng dụng điều khiển động cơ DC.
- Chương này mô tả nguyên lý chuyển đổi và một vài mạch chuyển đổi DC-DC điển hình như: bộ chuyển đổi giảm áp Buck (step-down), bộ chuyển đổi tăng áp Boost, bộ chuyển đổi tăng giảm Buck-Boost ...

3.2.2- Chopper:



Mạch chopper cơ bản

Mạch điện tương đương



Điện áp đầu ra

- Điện áp trung bình đầu ra:

$$V_o = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{DT} V_s dt = V_s \cdot D$$

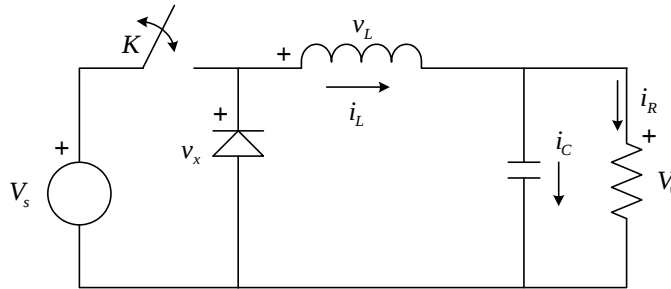
- Tỉ số điều chế:

$$D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{t_{on}}{T} = t_{on} \cdot f$$

Trong đó :

- + T: chu kỳ chuyển mạch
- + DT: thời gian công tắc đóng
- + (1-D)T: thời gian công tắc mở

3.2.3- Bộ chuyển đổi Buck (step-down):



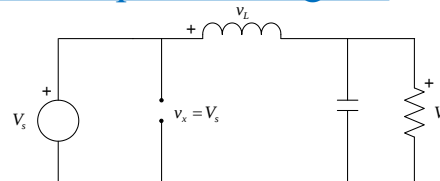
Các giả thiết khi phân tích mạch Buck:

- + Mạch làm việc ở trạng thái xác lập
- + Dòng qua cuộn dây là liên tục và luôn dương
- + Giá trị của C là rất lớn và điện áp đầu ra là không đổi
- + Chu kỳ chuyển mạch là T, thời gian công tắc đóng là DT và mở là (1-D)T
- + Các thành phần của mạch là lý tưởng

* Khi K đóng thì diode bị khóa do phân cực ngược:

$$v_L = V_s - V_o = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L}$$

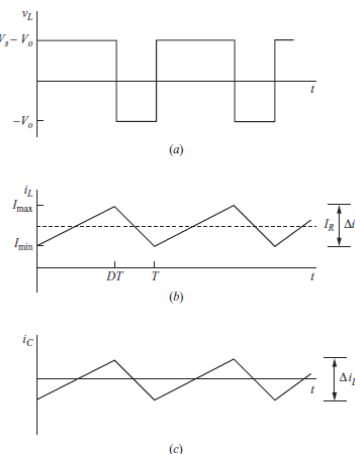


Bởi vì tốc độ biến thiên của dòng điện là hằng số, do đó dòng điện tăng tuyến tính trong suốt thời gian K đóng. Độ thay đổi dòng điện qua cuộn dây được tính như sau:

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_s - V_o}{L}$$

Giải phương trình trên ta tìm được độ biến thiên dòng điện qua L khi công tắc đóng:

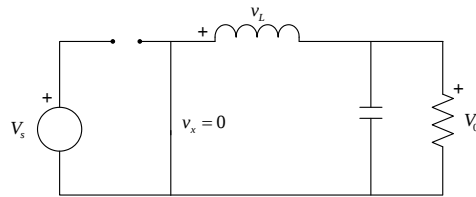
$$(\Delta i_L)_{\text{closed}} = \left(\frac{V_s - V_o}{L} \right) \cdot DT$$



* Khi K mở:

$$v_L = -V_o = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{di_L}{dt} = -\frac{V_o}{L}$$



Bởi vì tốc độ biến thiên của dòng điện là hằng số, do đó dòng điện tăng tuyến tính trong suốt thời gian K mở. Độ thay đổi dòng điện qua cuộn dây được tính như sau:

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{(1-D)T} = -\frac{V_o}{L}$$

Độ biến thiên dòng điện qua L khi công tắc mở:

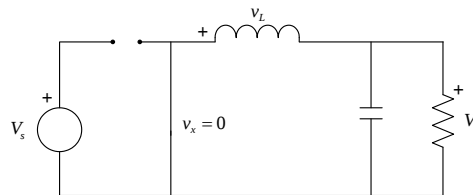
$$(\Delta i_L)_{open} = \left(-\frac{V_o}{L}\right)(1-D)T$$

Ở chế độ xác lập thì độ biến thiên dòng điện qua L là bằng không. Do đó:

$$(\Delta i_L)_{closed} + (\Delta i_L)_{open} = 0$$

$$\Rightarrow \left(\frac{V_s - V_o}{L}\right)DT - \left(\frac{V_o}{L}\right)(1-D)T = 0$$

$$\Rightarrow V_o = V_s \cdot D$$



Kết luận: điện áp đầu ra luôn nhỏ hơn điện áp đầu vào, điện áp đầu ra chỉ phụ thuộc vào điện áp đầu vào và tỉ số điều chế D. Do đó, bộ buck là bộ giảm áp.

- Giá trị min và max của dòng qua cuộn dây:

$$I_{\min} = V_o \left(\frac{1}{R} - \frac{1-D}{2Lf} \right) \quad I_{\max} = V_o \left(\frac{1}{R} + \frac{1-D}{2Lf} \right)$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng : công suất trung bình cung cấp bởi nguồn phải bằng với công suất trung bình tiêu thụ trên tải.

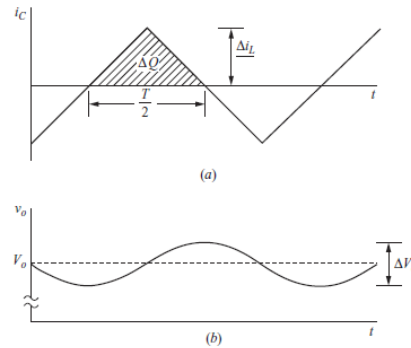
$$P_S = P_o$$

$$\Leftrightarrow V_S \cdot I_S = V_o \cdot I_o$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_S} = \frac{I_S}{I_o}$$

- Độ nhấp nhô điện áp đầu ra:

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{(1-D)}{8CLf^2}$$



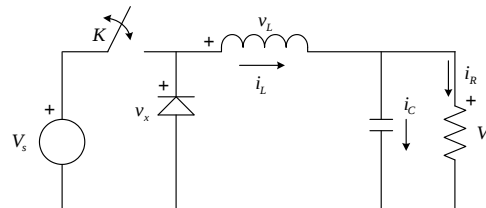
Ví dụ 1:

Cho bộ chuyển đổi DC-DC Buck có các thông số như sau:

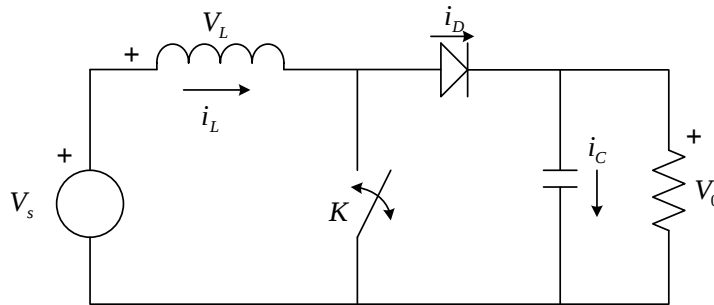
$V_S = 50 \text{ V}$; $D = 0.4$; $L = 400 \mu\text{H}$;

$C = 100 \mu\text{F}$; $f = 20 \text{ kHz}$; $R = 20 \Omega$

Giả thiết các phần tử của mạch là lý tưởng. Xác định: điện áp đầu ra V_o , giá trị min và max của dòng qua cuộn dây và độ nhấp nhô điện áp đầu ra.



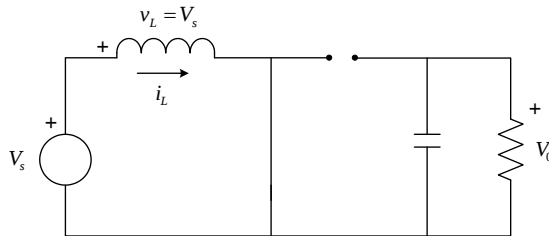
3.2.4- Bộ chuyển đổi Boost:



* Khi công tắc K đóng:

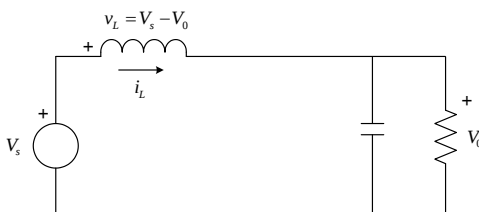
$$v_L = V_s = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_s}{L}$$



$$\Rightarrow (\Delta i_L)_{close} = \frac{V_s DT}{L}$$

* Khi công tắc K mở:



$$v_L = V_s - V_o = L \frac{di_L}{dt}$$

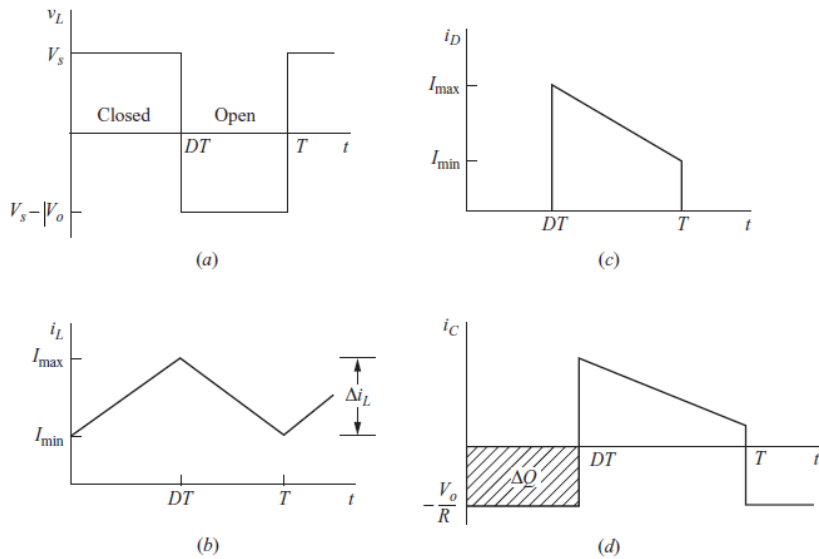
$$\Leftrightarrow \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{(1-D)T} = \frac{V_s - V_o}{L}$$

$$\Rightarrow (\Delta i_L)_{open} = \frac{(V_s - V_o)(1-D)T}{L}$$

Ở chế độ xác lập thì độ biến thiên dòng điện qua L là bằng không. Do đó:

$$(\Delta i_L)_{closed} + (\Delta i_L)_{open} = 0$$

$$\frac{V_s DT}{L} + \frac{(V_s - V_o)(1-D)}{L} = 0 \Rightarrow V_o = \frac{V_s}{1-D}$$



Giá trị min và max của dòng qua cuộn dây:

$$I_{\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{V_s DT}{2L}$$

$$I_{\max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} + \frac{V_s DT}{2L}$$

* Độ nhấp nhô điện áp đầu ra:

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf}$$

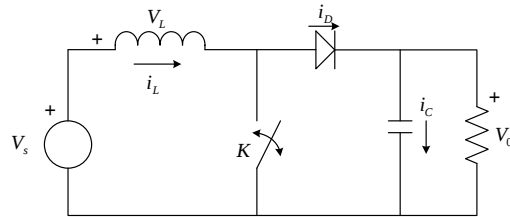
Ví dụ 2:

Cho bộ chuyển đổi DC-DC Boost có các thông số như sau:

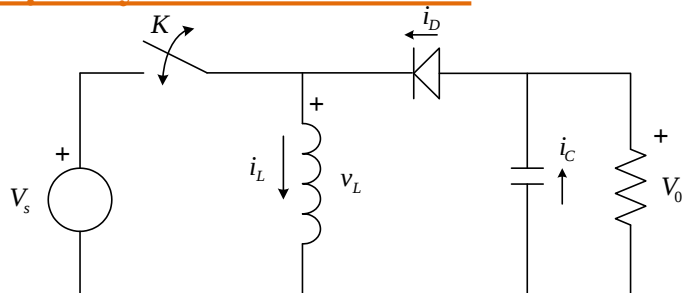
$$V_S = 12 \text{ V}; V_o = 30 \text{ V}; L = 120 \mu\text{H};$$

$$f = 25 \text{ kHz}; R = 50 \Omega$$

Giả thiết các phần tử của mạch là lý tưởng. Xác định giá trị min và max của dòng qua cuộn dây.

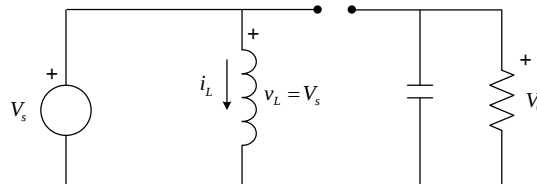


3.2.5- Bộ chuyển đổi Buck-Boost:



* Khi công tắc K đóng:

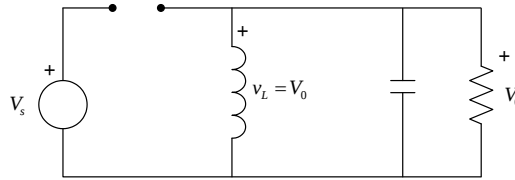
$$v_L = V_S = L \frac{di_L}{dt}$$



$$\Leftrightarrow \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_S}{L} \Rightarrow (\Delta i_L)_{close} = \left(\frac{V_S}{L} \right) DT$$

* Khi công tắc K mở:

$$v_L = V_o = L \frac{di_L}{dt}$$



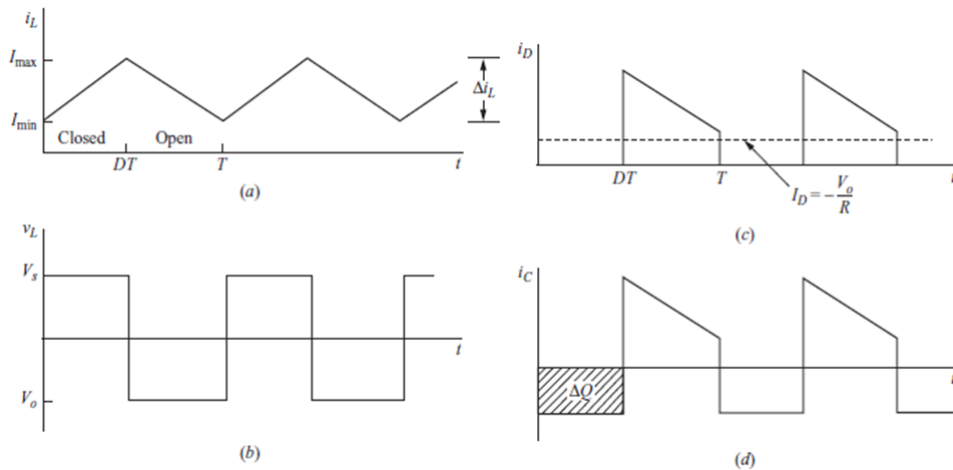
$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{(1-D)T} = \frac{V_o}{L} \Rightarrow (\Delta i_L)_{open} = \left(\frac{V_o}{L} \right) (1-D)T$$

Ở chế độ xác lập thì độ biến thiên dòng điện qua L là bằng không. Do đó:

$$(\Delta i_L)_{closed} + (\Delta i_L)_{open} = 0$$

$$\Rightarrow \left(\frac{V_s}{L} \right) DT + \left(\frac{V_o}{L} \right) (1-D)T = 0$$

$$\Rightarrow V_o = -V_s \left(\frac{D}{1-D} \right) \quad \text{Với: } D = \frac{|V_o|}{V_s + |V_o|}$$



Giá trị min và max của dòng qua cuộn dây:

$$I_{\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_S \cdot D}{R \cdot (1-D)^2} - \frac{V_S D T}{2L}$$

$$I_{\max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_S \cdot D}{R \cdot (1-D)^2} + \frac{V_S D T}{2L}$$

* Độ nhấp nhô điện áp đầu ra:

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf}$$

Ví dụ 3:

Cho bộ chuyển đổi Buck-Boost có các thông số như sau:

$V_S = 24 \text{ V}$; $D = 0.4$; $R = 5 \text{ } \Omega$; $L = 20 \text{ } \mu\text{H}$; $C = 80 \text{ } \mu\text{F}$; $f = 100 \text{ kHz}$

Giả thiết các phần tử của mạch là lý tưởng. Xác định điện áp đầu ra, giá trị min và max của dòng qua cuộn dây, độ nhấp nhô điện áp đầu ra.

