

Chương 3

BỘ BIẾN ĐỔI ĐIỆN ÁP MỘT CHIỀU

1

Bộ biến đổi điện áp một chiều

Trong nhiều ứng dụng công nghiệp, cần thiết phải biến đổi nguồn dc cố định thành nguồn dc thay đổi được. Một bộ biến đổi như vậy được gọi là bộ biến đổi điện áp một chiều. Bộ biến đổi kiểu này, về mặt chức năng, có thể xem như tương đương với một biến áp xoay chiều có thể điều chỉnh điện áp ra một cách liên tục. Cũng giống như biến áp, bộ biến đổi điện áp một chiều có thể dùng để tăng hoặc giảm điện áp từ nguồn dc ngõ vào.

Bộ biến đổi điện áp một chiều có rất nhiều ứng dụng trong công nghiệp và dân dụng. Chúng có thể được dùng để điều khiển động cơ trong xe điện, cầu trục, thiết bị khai thác mỏ, v.v... Chúng cũng có thể sử dụng trong các bộ nguồn dc cung cấp cho các thiết bị điện tử.

2

Bộ biến đổi điện áp một chiều

Chương này gồm hai phần chính:

Phần 1: khảo sát các bộ biến đổi dc-dc căn bản:

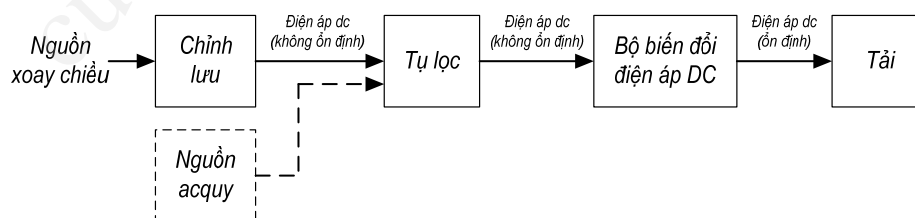
- Bộ biến đổi dc-dc kiểu giảm áp
- Bộ biến đổi dc-dc kiểu tăng áp
- Bộ biến đổi dc-dc kiểu đảo dòng
- Bộ biến đổi dc-dc kiểu tổng quát

Phần 2: khảo sát ứng dụng của bộ biến đổi điện áp một chiều dùng làm nguồn một chiều kiểu đóng ngắt (Switching Mode Power Supplies)

3

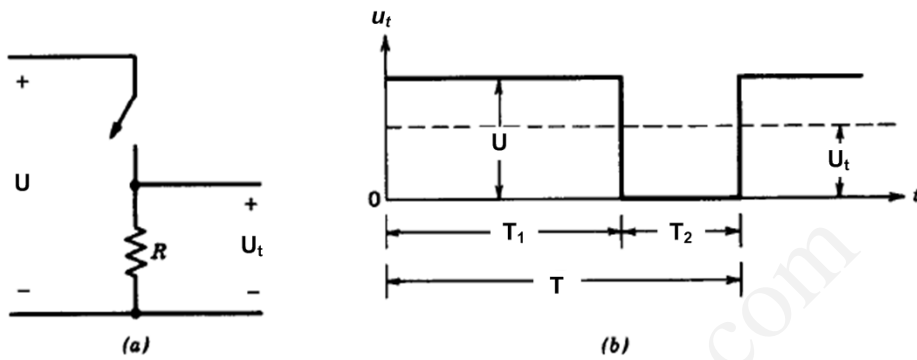
Bộ biến đổi điện áp một chiều

Ví dụ ứng dụng: sơ đồ khối bộ ổn áp DC dùng bộ biến đổi điện áp một chiều



4

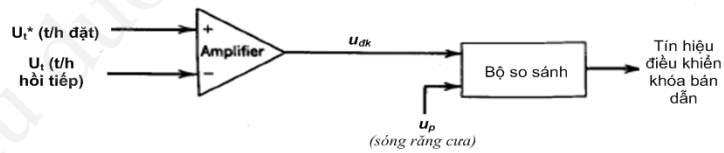
Điều khiển bộ biến đổi điện áp một chiều



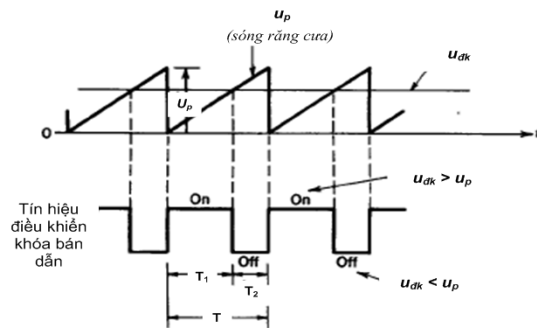
Nguyên lý hoạt động của một bộ biến đổi điện áp một chiều

5

Điều khiển bộ biến đổi điện áp một chiều



a. Nguyên lý mạch tạo tín hiệu PWM



b. Dạng sóng ngõ vào và ngõ ra của bộ so sánh

Nguyên lý mạch điều rộng xung (PWM)

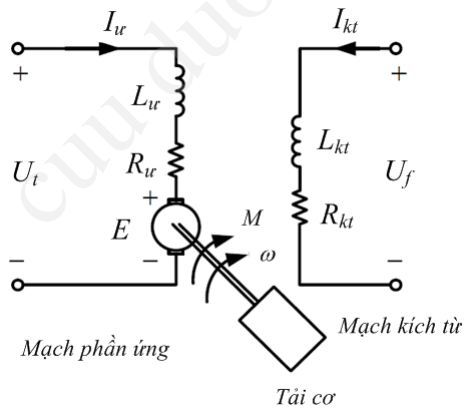
6

Phần 1

CÁC BỘ BIẾN ĐỔI ĐIỆN ÁP MỘT CHIỀU CƠ BẢN

7

Sơ lược về động cơ DC



R_{tr} : điện trở mạch phản ứng động cơ,
 L_{tr} : điện cảm mạch phản ứng động cơ,
 E : sức điện động phản ứng: $E = K\Phi\omega$
 K : hằng số, phụ thuộc cấu trúc động cơ,
 Φ : từ thông động cơ do dòng kích từ sinh ra (Wb)
 R_{kt} : điện trở cuộn kích từ,
 L_{kt} : điện cảm cuộn kích từ,
 M : Momen do động cơ sinh ra (Nm)
 ω : tốc độ góc của động cơ (rad/s)

8

Sơ lược về động cơ DC

Phương trình cơ bản của động cơ DC:

$$E = K\Phi\omega$$

$$U_t = E + R_u I_u$$

$$M = K\Phi I_u$$

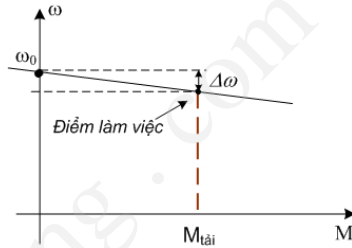
Ở chế độ xác lập, momen M do động cơ sinh ra cân bằng với momen tải $M_{\text{tải}}$ đặt lên trục động cơ:

$$M = M_{\text{tải}}$$

Phương trình đặc tính cơ của động cơ DC:

$$\omega = \frac{U_t}{K\Phi} - \frac{R_u}{(K\Phi)^2} M = \omega_0 - \Delta\omega$$

Với động cơ DC kích từ độc lập: $K\Phi = \text{const} \rightarrow$ Đặc tính cơ là đường thẳng



9

Sơ lược về động cơ DC

Động cơ DC kích từ độc lập hoạt động với bộ biến đổi công suất (bộ chỉnh lưu hoặc bộ biến đổi DC-DC)

Ở chế độ dòng liên tục:

- Momen động cơ phụ thuộc chủ yếu vào thành phần trung bình của dòng phản ứng,
- Sức điện động E của động cơ giả thiết là không đổi theo thời gian: do momen quán tính cơ của hệ thống thường khá lớn \rightarrow thời hằng cơ \gg chu kỳ nhấp nhô của dòng phản ứng \rightarrow tốc độ động cơ có thể xem là không đổi ở chế độ xác lập.

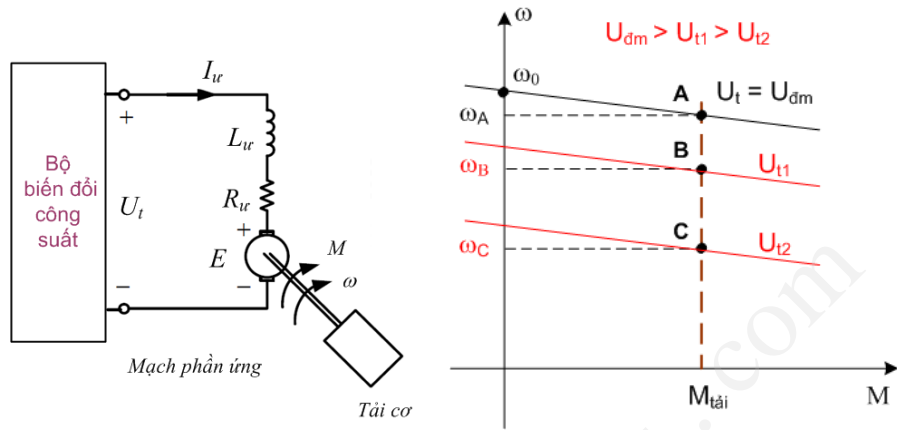
Phương trình đặc tính cơ của hệ thống bộ biến đổi – động cơ khi đó:

$$\omega = \frac{U_t}{K\Phi} - \frac{R_u}{(K\Phi)^2} M$$

Do đó, có thể điều khiển tốc độ động cơ bằng cách thay đổi điện áp đặt vào phản ứng động cơ U_t .

10

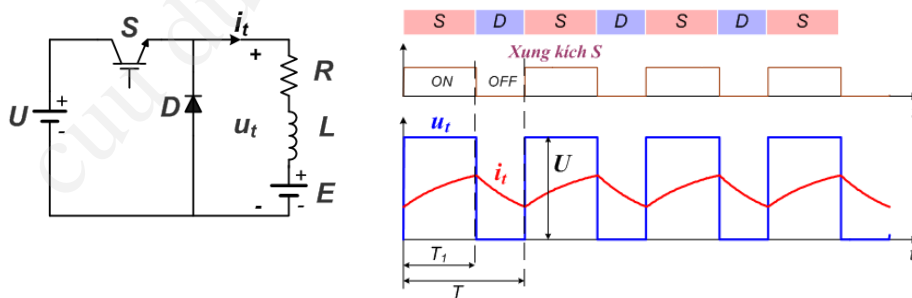
Sơ lược về động cơ DC



Điều khiển tốc độ động cơ bằng cách thay đổi điện áp phản ứng và giữ kích từ động cơ không đổi (và bằng định mức)

11

Bộ giảm áp



Chế độ dòng liên tục ($i_t \geq 0$):

Khi **S dẫn**: D tắt, $u_t = U$, L nạp năng lượng từ nguồn U

Khi **S tắt**, L phóng năng lượng làm D dẫn, $u_t = 0$

12

Bộ giảm áp

Chế độ dòng liên tục:

- Điện áp ra u_t có dạng xung
- Giá trị trung bình của điện áp ngõ ra:

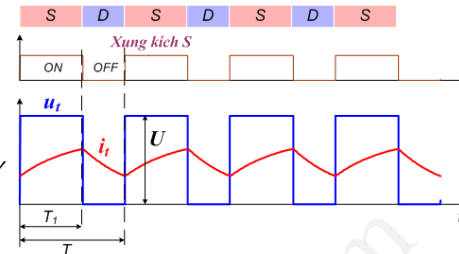
$$U_t = \frac{1}{T} \int_0^T u_t \cdot dt = \frac{UT_1 + 0T_2}{T} = U \frac{T_1}{T} = U\gamma$$

$$\gamma = \frac{T_1}{T} : \text{duty ratio (tỉ số điều chế)}$$

$$0 \leq \gamma = \frac{T_1}{T} \leq 1 \Rightarrow 0 \leq U_t \leq U$$

- Dòng trung bình ngõ ra:

$$I_t = \frac{U_t - E}{R}$$



13

Bộ giảm áp

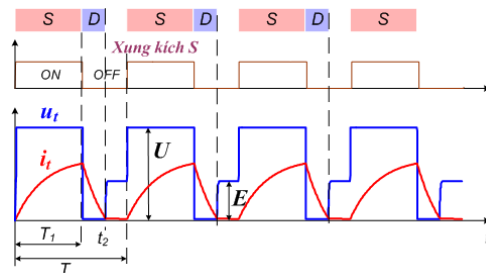
Chế độ dòng gián đoạn:

- Tính thời gian S dẫn qua công thức:

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

- Điện áp trung bình ngõ ra:

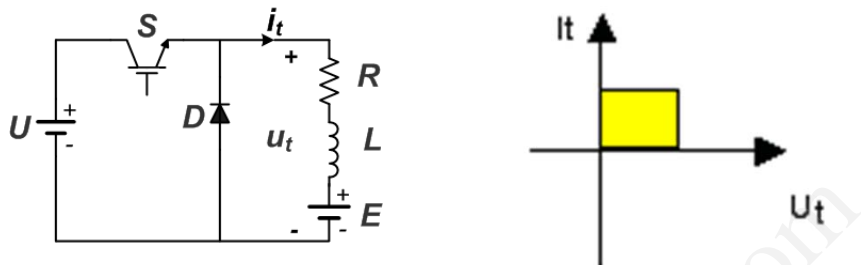
$$U_t = U \cdot \frac{T_1}{T} + E \cdot \frac{T - t_2}{T} = U \cdot \gamma + E \cdot \left(1 - \frac{t_2}{T} \right)$$



14

Bộ giảm áp

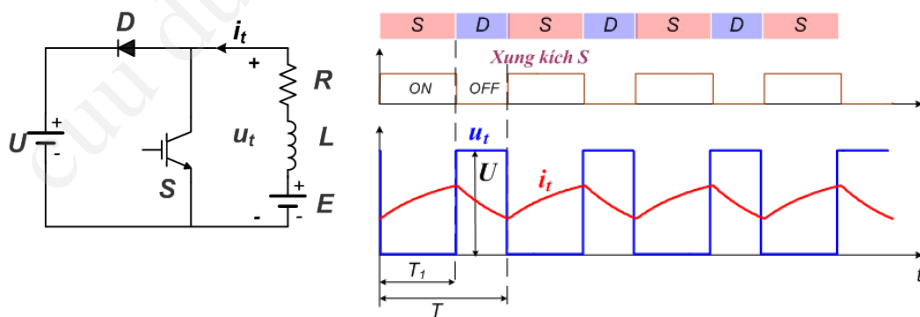
Góc phân tư làm việc



Mạch làm việc ở chế độ đưa năng lượng từ nguồn \rightarrow tải

15

Bộ tăng áp

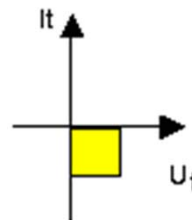


Chế độ dòng liên tục ($i_t \geq 0$):

Khi **S dẫn**: D tắt, $u_t = 0$, L nạp năng lượng từ nguồn sốt E

Khi **S tắt**, L phóng năng lượng làm D dẫn, $u_t = U$

Mạch làm việc ở chế độ đưa năng lượng từ tải \rightarrow nguồn



Bộ tăng áp

Chế độ dòng liên tục ($i_t \geq 0$):

- Điện áp ra u_t có dạng xung
- Giá trị trung bình của điện áp ngõ ra:

$$U_t = \frac{1}{T} \int_0^T u_t \cdot dt = \frac{0T_1 + UT_2}{T} = U \frac{T_2}{T} = U(1 - \gamma)$$

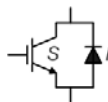
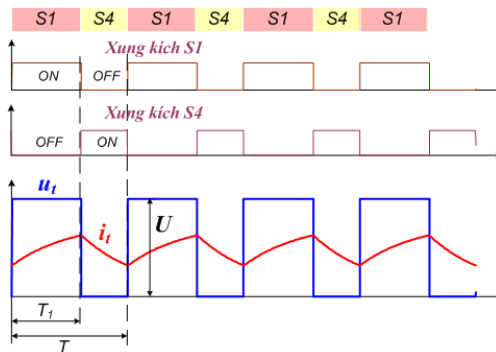
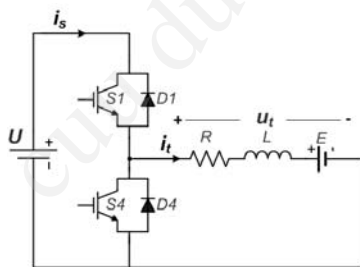
$$\gamma = \frac{T_1}{T} : \text{duty ratio (tỉ số điều chế)}$$

- Nếu xem:
 - U_t là điện áp phía nguồn cấp năng lượng (E)
 - U là điện áp phía tải nhận năng lượng

$$\text{Ta có: } U = \frac{U_t}{1 - \gamma} > U_t$$

17

Bộ biến đổi kép dạng đảo dòng



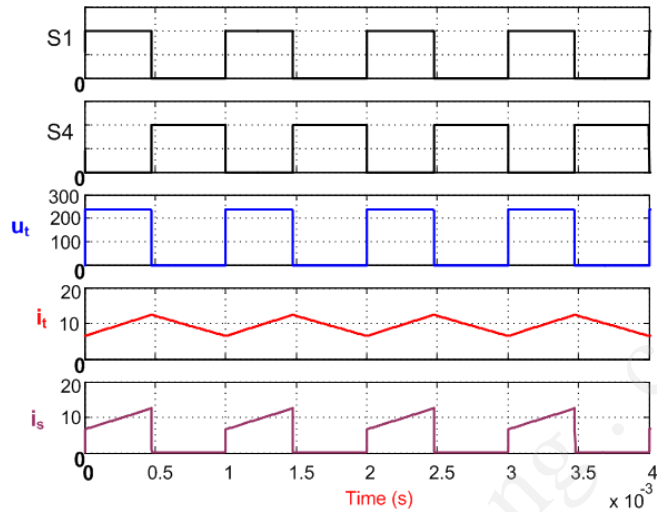
= khi S được kích dẫn, mạch tương đương khóa bán dẫn cho phép dòng chạy qua theo cả 2 chiều. Do đó, mạch luôn ở chế độ dòng liên tục

Khi **S1 được kích**: dòng i_t chạy qua S1 hoặc D1, ngoài ra S4 và D4 tắt, nên $u_t = U$,

Khi **S4 được kích**: dòng i_t chạy qua S4 hoặc D4, ngoài ra S1 và D1 tắt, nên $u_t = 0$,

18

Bộ biến đổi kép dạng đảo dòng

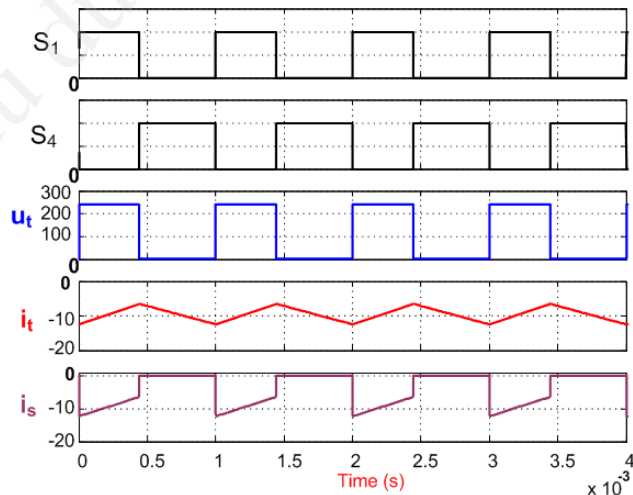


S1, S4: dạng xung kích, u_t : điện áp ngõ ra, i_t : dòng ngõ ra, i_s : dòng nguồn

Mạch ở chế độ đưa năng lượng từ nguồn \rightarrow tải ($i_t \geq 0$)

19

Bộ biến đổi kép dạng đảo dòng

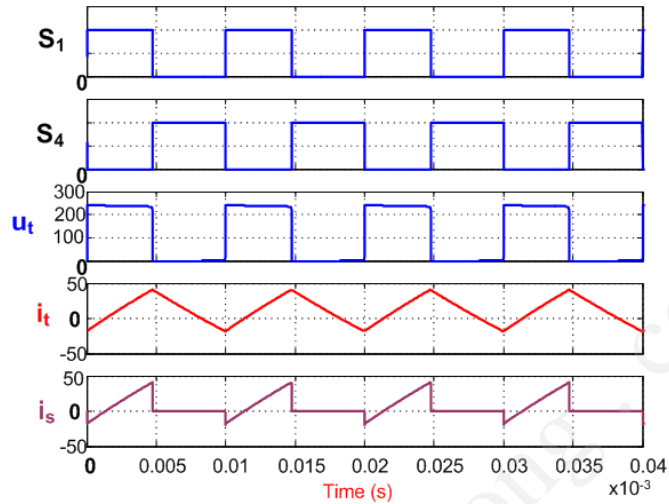


S1, S4: dạng xung kích, u_t : điện áp ngõ ra, i_t : dòng ngõ ra, i_s : dòng nguồn

Mạch ở chế độ đưa năng lượng từ tải \rightarrow nguồn ($i_t \leq 0$)

20

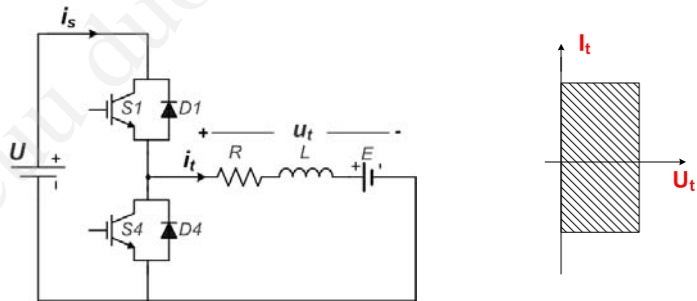
Bộ biến đổi kép dạng đảo dòng



S1, S4: dạng xung kích, u_t : điện áp ngõ ra, i_t : dòng ngõ ra, i_s : dòng nguồn

21

Bộ biến đổi kép dạng đảo dòng



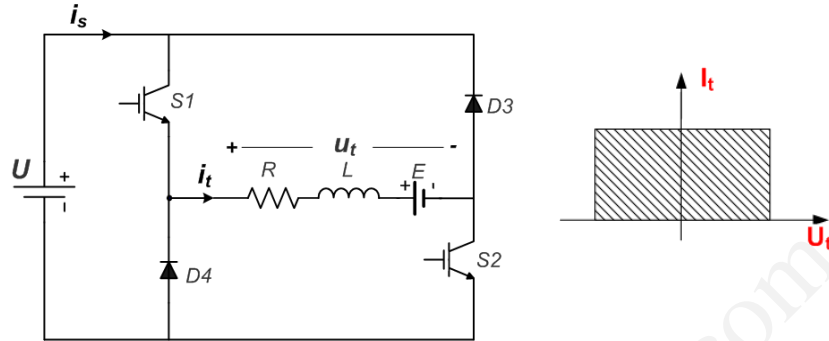
- Điện áp ra thay đổi giữa $+U$ và $0 \rightarrow$ luôn luôn >0 .
- Dòng tải có thể đổi chiều
- Luôn hoạt động ở chế độ dòng liên tục

Điện áp trung bình ngõ ra:

$$U_t = U \cdot \frac{T_1}{T} = U \cdot \gamma; \quad T_1: \text{thời gian } S_1 \text{ dẫn, } T: \text{chu kỳ đóng ngắt}$$

22

Bộ biến đổi kép dạng đảo áp

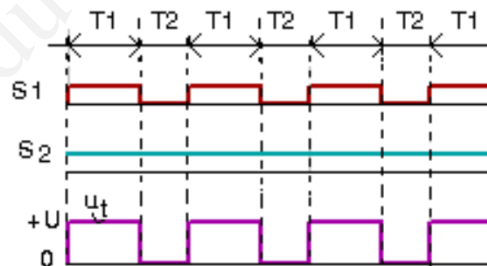


Tính liên tục hoặc gián đoạn của dòng tải phụ thuộc vào thông số tải (R, L, E) và tỉ số điều chế.

Dòng tải chỉ chạy theo một chiều, áp trên tải có thể đổi chiều.

23

Bộ biến đổi kép dạng đảo áp

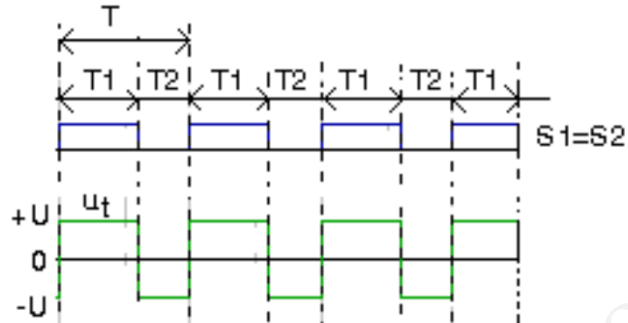


Giải đồ kích 1: (Giả thiết mạch làm việc ở chế độ dòng liên tục $i_t \geq 0$)

- S_1 đóng cắt trong mỗi chu kỳ, $\gamma = T_1/T$ (T_1 : thời gian đóng khóa S_1),
- S_2 : dẫn liên tục, điện áp trung bình ngõ ra: $U_t = U \frac{T_1}{T} = U\gamma$
→ Tải nhận năng lượng từ nguồn
- S_2 : tắt liên tục, điện áp trung bình ngõ ra: $U_t = -U \frac{(T-T_1)}{T} = -U(1-\gamma)$
→ Tải trả năng lượng về nguồn

24

Bộ biến đổi kép dạng đảo áp

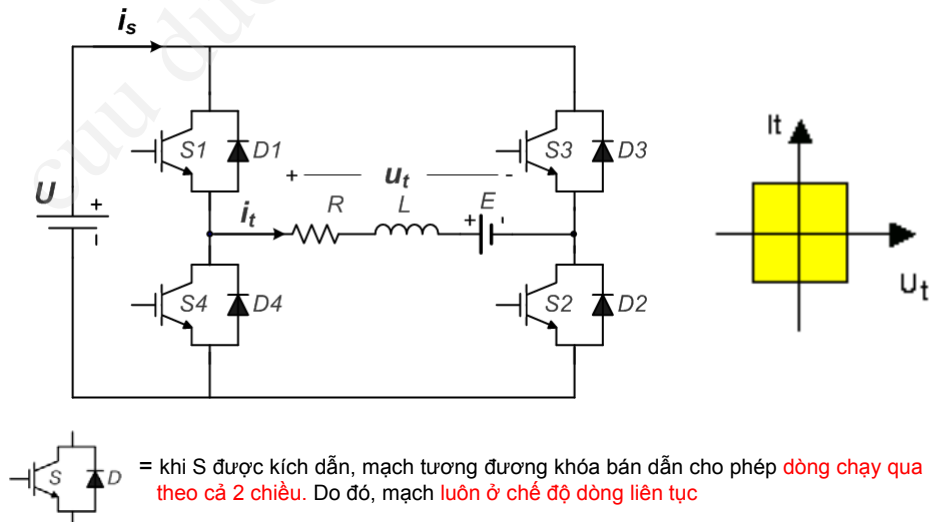


Giả đồ kích 2: (Giả thiết mạch làm việc ở chế độ dòng liên tục $i_t \geq 0$)

- S_1, S_2 cùng dẫn trong khoảng T_1 và tắt trong khoảng $T - T_1$,
- Điện áp trung bình ngõ ra: $U_t = U \left(\frac{2T_1}{T} - 1 \right) = U(2\gamma - 1)$

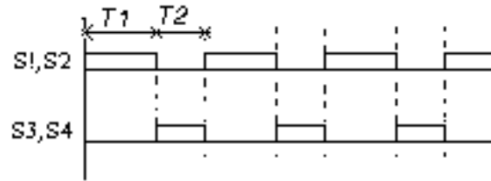
25

Bộ biến đổi kép dạng tổng quát



26

Bộ biến đổi kép dạng tổng quát



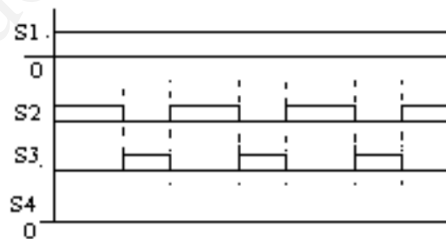
Giản đồ kích 1:

- Kích từng cặp: (S₁, S₂) và (S₃, S₄)
- S₁ và S₄) kích ngược pha nhau,
- (S₂ và S₃) kích ngược pha nhau,
- Dòng ngõ ra có thể chạy theo cả hai chiều
- Điện áp ngõ ra biến thiên giữa -U và U
- Giá trị trung bình điện áp ngõ ra (ở chế độ dòng liên tục):

$$U_t = U \left(\frac{2T_1}{T} - 1 \right) = U(2\gamma - 1)$$

27

Bộ biến đổi kép dạng tổng quát



Giản đồ kích 2:

Để điện áp ra >0:

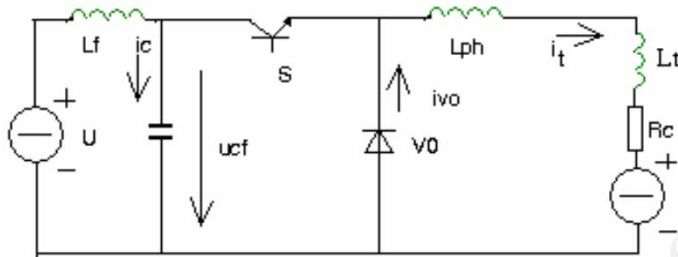
- S₁= ON, S₂ = OFF,
- S₂, S₃ đóng cắt ngược pha nhau
- Giá trị trung bình điện áp ngõ ra (ở chế độ dòng liên tục):

$$U_t = U \frac{T_1}{T} = U\gamma; \text{ với } T_1: \text{thời gian } S_2 \text{ dẫn}$$

Để điện áp ra <0, giản đồ xung kích lúc này ra sao?

28

Mạch lọc cho bộ biến đổi điện áp một chiều



29

Mạch lọc cho bộ biến đổi điện áp một chiều

Mạch lọc ngõ vào:

Giả thiết bộ biến đổi được điều khiển theo phương pháp tần số đóng ngắt không đổi ($T = \text{const}$),

Tụ lọc C_f chọn theo:

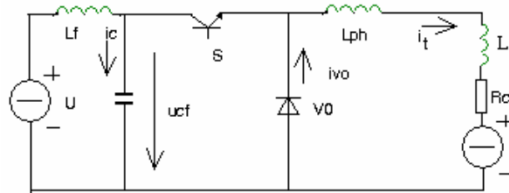
$$C_f > \frac{I_{t\max}}{4f\Delta U_{c\max}} \quad \text{hay} \quad C_f > \frac{I_{t\max} L \Delta i_{t\max}}{U \Delta U_{c\max}}$$

Trong đó:

- $f = 1/T$
- L là cảm kháng mạch tải ($L = L_{ph} + L_t$)
- Δi_{\max} là độ nhấp nhô lớn nhất cho phép của dòng điện tải.
- $I_{t\max}$ là dòng tải cực đại,
- $\Delta U_{c\max}$ là nhấp nhô điện áp cho phép lớn nhất trên C_f

30

Mạch lọc cho bộ biến đổi điện áp một chiều



Mạch lọc ngõ ra:

Giả thiết cần lọc phẳng dòng ngõ ra i_t

Nếu: $\tau = \frac{L}{R} \gg T$ (L: cảm kháng tải, R: điện trở tải),

Cần chọn sao cho: $\frac{U}{4.f.L} < \Delta i_{\max}$

31

Ví dụ tính toán

Ví dụ 4.1:

Bộ giảm áp cấp nguồn áp cho phần ứng của động cơ DC kích từ độc lập.

Nguồn một chiều $U = 220V$, tần số đóng ngắt $f = 500Hz$.

Động cơ có $R_u = 2\Omega$, sức điện động tính theo công thức $E = 1,253.\omega$ [V;rad/s].

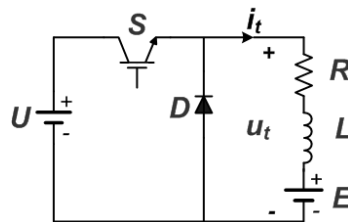
Điện cảm L_u khá lớn để dòng động cơ luôn liên tục

Dòng động cơ luôn bằng định mức, tức $I_t = I_{u\text{dm}} = 11,6[A]$

a. Tính tỉ số T_1/T khi vận tốc động cơ là 1000 vòng/phút

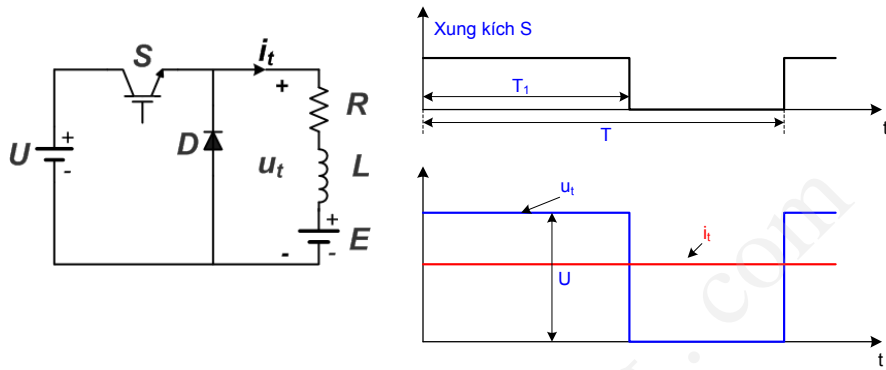
b. Tính điện áp tải nhỏ nhất ở chế độ dòng tải liên tục,

Từ đó xác định thời gian đóng tối thiểu T_1 của chế độ dòng liên tục.



32

Ví dụ tính toán



33

Ví dụ tính toán

Giải:

a. Tính tỉ số T_1/T cần thiết

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \frac{2\pi \cdot 1000}{60} = 104,72 [\text{rad} / \text{s}]$$

$$E = 1,253 \cdot \omega = 1,253 \cdot 104,72 = 131,21 [\text{V}]$$

Ở chế độ xác lập

$$U_t = R_u \cdot I_t + E$$

$$U_t = 2 \cdot 11,6 + 131,21 = 154,4 [\text{V}]$$

$$\text{Với dòng tải liên tục } U_t = \frac{T_1}{T} \cdot U$$

$$\text{Từ đó: } \frac{T_1}{T} = \frac{U_t}{U} = \frac{154,4}{220} = 0,7018$$

b.- Điện áp tải nhỏ nhất khi $E \rightarrow 0$. Lúc đó:

$$U_{t \min} = R_u \cdot I_t = 2 \cdot 11,6 = 23,2 [\text{V}]$$

$$\text{Từ đó: } T_{1 \min} = T \cdot \frac{U_{t \min}}{U} = \frac{1}{f} \cdot \frac{U_{t \min}}{U} = \frac{1}{500} \cdot \frac{23,2}{220} = 2,1 \cdot 10^{-4} [\text{s}]$$

34

Ví dụ tính toán

Ví dụ 4.2

Cho bộ giảm áp cấp nguồn cho động cơ một chiều kích từ độc lập.

Nguồn một chiều $U = 220V$.

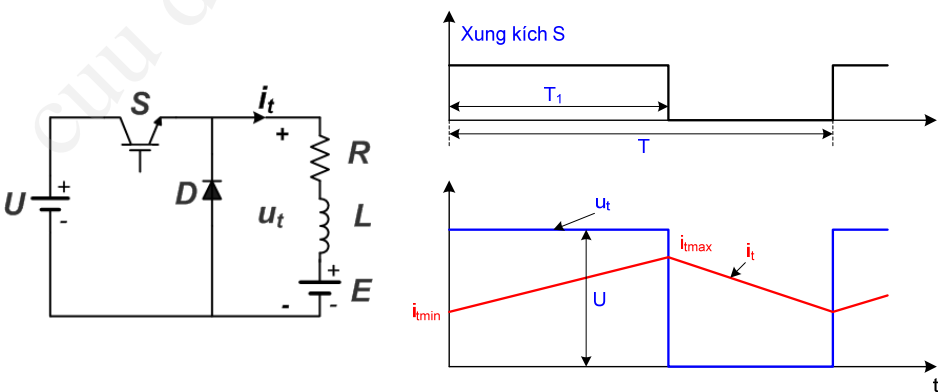
Tải có $R_t = 0$, $L_t = 32,5 \text{ mH}$, $E = 1,253 \cdot \omega$ với ω [rad/s] là vận tốc động cơ.

Tần số đóng ngắt bộ giảm áp $f = 500\text{Hz}$. Cho biết dòng tải liên tục và mạch ở xác lập

1. Tính tỉ số $\gamma = \frac{T_1}{T}$ khi vận tốc động cơ $n = 1500 \text{ v/ph}$.
2. Gọi $i_{t\min}$ và $i_{t\max}$ là trị nhỏ nhất và lớn nhất của dòng điện qua tải.
Tính hiệu $\Delta i_t = i_{t\max} - i_{t\min}$
3. Để giảm bớt độ nhấp nhô dòng điện Δi_t sao cho $\Delta i_t < 1A$,
cần phải thêm cảm kháng phụ bằng bao nhiêu
4. Trong trường hợp không sử dụng thêm cảm kháng phụ,
cần phải điều chỉnh tần số đóng ngắt như thế nào để $\Delta i_t < 1A$
5. Một cách tổng quát, khi E thay đổi trong khoảng $(0, +U)$,
tìm điều kiện về f và L để độ nhấp nhô dòng ở xác lập thỏa điều kiện $\Delta i_t < \Delta i_{t\max}$

35

Ví dụ tính toán



36

Ví dụ tính toán

Giải:

1.- Tính tỉ số $\gamma = \frac{T_1}{T}$ khi vận tốc động cơ $n = 1500$ v/ph

Ta có: $\omega = 2\pi \cdot \frac{n}{60} = 2\pi \cdot \frac{1500}{60} = 157 [\text{rad} / \text{s}]$

Ở chế độ xác lập $U_t = E = 1,253 \cdot \omega = 1,253 \cdot 157 = 196,8 [\text{V}]$

Ở chế độ dòng liên tục: $U_t = U \cdot \frac{T_1}{T} = U \cdot \gamma$

Từ đó: $U_t = U \cdot \gamma = E \Rightarrow \gamma = \frac{E}{U} = \frac{196,8}{220} = 0,8946$

37

Ví dụ tính toán

2.- Tính hiệu $\Delta i_t = i_{t\max} - i_{t\min}$

Khi công tắc S đóng:

$$u_t = U = L \cdot \frac{di_t}{dt} + E$$

$$\text{hay: } di_t = \frac{U - E}{L} \cdot dt$$

Trong khoảng thời gian đóng công tắc S: dòng tăng từ $i_{t\min}$ đến $i_{t\max}$.

Lấy tích phân hai vế của phương trình trong khoảng đóng S.

$$\Delta i_t = i_{t\max} - i_{t\min} = \frac{U - E}{L} \cdot T_1$$

Do $\frac{T_1}{T} = \gamma = T_1 f$ nên:

$$\Delta i_t = \frac{U - E}{L} \cdot \frac{\gamma}{f} = \frac{220 - 196,8}{0,0325} \cdot \frac{0,8946}{500} = 1,277 [\text{A}]$$

38

Ví dụ tính toán

3.- Tính L_{ph} sao cho $\Delta i_t < 1A$,

Để giảm độ nhấp nhô dòng điện $\Delta i_t < \Delta i_{tmax} = 1A$. Ta phải có:

$$\frac{U-E}{L} \cdot \frac{\gamma}{f} < \Delta i_{tmax}$$

$$\Rightarrow L > \frac{U-E}{\Delta i_{tmax}} \cdot \frac{\gamma}{f}$$

$$\Leftrightarrow L > \frac{220-196,8}{1} \cdot \frac{0,8946}{500} = 0,0415[H]$$

Từ đó cảm kháng phụ thêm vào tối thiểu bằng:

$$L_{ph\ min} = L - L_u = 0,0415 - 0,0325 = 0,009 [H] = 9 [mH]$$

4.- Nếu giảm độ nhấp nhô dòng điện bằng cách thay đổi tần số đóng ngắt f , ta có:

$$f > \frac{U-E}{\Delta i_{tmax} \cdot L} \cdot \gamma = \frac{220-196,8}{1,0,0325} \cdot 0,8946 = 648,5[Hz]$$

Như vậy tần số f phải lớn hơn 649 Hz

39

Ví dụ tính toán

5.- Ta có:

$$\Delta i_t = \frac{U-E}{L} \cdot \frac{\gamma}{f} = \frac{U-\gamma U}{L} \cdot \frac{\gamma}{f} = \frac{U}{L.f} (1-\gamma) \cdot \gamma$$

Do hàm $(1-\gamma) \cdot \gamma$ có trị cực đại bằng $\frac{1}{4}$ khi $\gamma = \frac{1}{2}$ nên :

$$\Delta i_t = \frac{U}{L.f} \cdot \gamma(1-\gamma) \leq \frac{U}{L.f} \cdot \frac{1}{4}$$

Điều kiện để $\Delta i_t < \Delta i_{tmax}$ cho trường hợp xác lập, ta cần có:

$$\Delta i_t \leq \frac{U}{L.f} \cdot \frac{1}{4} < \Delta i_{tmax}$$

$$\text{Từ đó: } f.L > \frac{U}{4 \cdot \Delta i_{tmax}} = \frac{220}{4 \cdot 1} = 55[H.Hz]$$

Việc chọn tần số và cảm kháng phụ tùy ý, thỏa điều kiện $f.L > 55 [H.Hz]$

40

Ví dụ tính toán

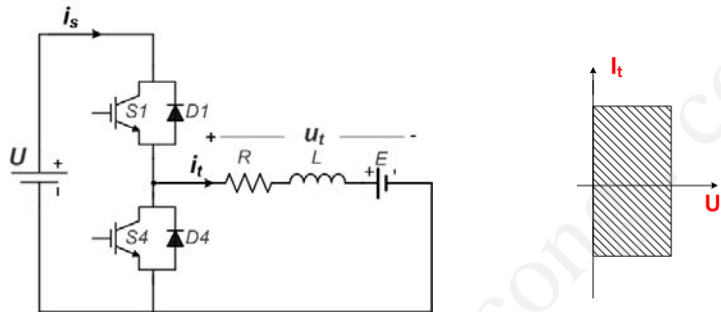
Ví dụ 4.3

Cho bộ biến đổi một chiều kép dạng đảo dòng. Nguồn một chiều $U = 230 \text{ V}$.

Tải là động cơ một chiều kích từ độc lập $R_u L E$,

Biết $R_u = 0,1 \Omega$. $E = 220 \text{ V}$. Tính tỉ số $\gamma = \frac{T_1}{T}$ khi:

1. Dòng trung bình qua động cơ là 100 A
2. Dòng trung bình qua động cơ là -100 A



41

Ví dụ tính toán

Giải:

Ta có: $U_t = \gamma U = R_u I_t + E$

1. Trường hợp $I_t = 100 \text{ A}$:

$$U_t = R_u I_t + E = 0,1 \times 100 + 220 = 230 \text{ V}$$

Vậy tỉ số $\gamma = \frac{T_1}{T}$ cần thiết là:

$$\gamma = \frac{U_t}{U} = \frac{230}{230} = 1$$

2. Trường hợp $I_t = -100 \text{ A}$:

$$U_t = R_u I_t + E = -0,1 \times 100 + 220 = 210 \text{ V}$$

Vậy tỉ số $\gamma = \frac{T_1}{T}$ cần thiết là:

$$\gamma = \frac{U_t}{U} = \frac{210}{230} = 0,91$$

42

Chương 3

Phần 2

Bộ nguồn kiểu đóng ngắt

43

Bộ nguồn kiểu đóng ngắt

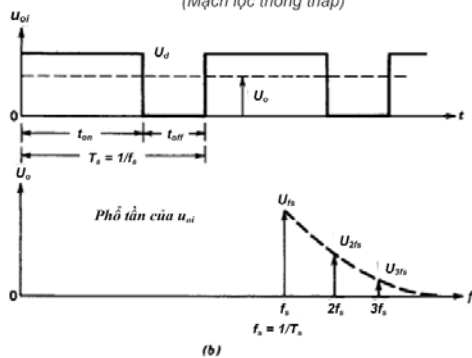
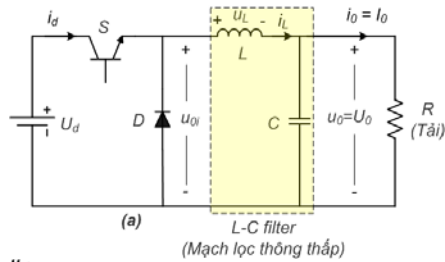
Các bộ nguồn kiểu đóng ngắt (Switching Mode Power Supply) hiện được sử dụng rộng rãi do có hiệu suất cao hơn và kích thước nhỏ hơn so với bộ nguồn một chiều kiểu tuyến tính (Linear Mode Power Supplies) cùng công suất. Đó là vì các khoá bán dẫn trong nguồn một chiều kiểu đóng ngắt chỉ hoạt động ở chế độ dẫn hoặc tắt nên có tổn hao thấp. Ngoài ra, do hoạt động ở tần số cao, các phần tử lọc trong nguồn một chiều kiểu đóng ngắt như cuộn cảm và tụ điện cũng có kích thước giảm đi đáng kể so với phần tử tương tự trong nguồn một chiều tuyến tính.

Phần này sẽ khảo sát các cấu hình các bộ biến đổi cơ bản ứng dụng làm nguồn một chiều kiểu đóng ngắt (không cách ly)

- Bộ nguồn kiểu giảm áp (Buck converter)
- Bộ nguồn kiểu tăng áp (Boost converter)
- Bộ nguồn kiểu tăng / giảm áp (Buck/Boost converter)
- Bộ nguồn Cuk

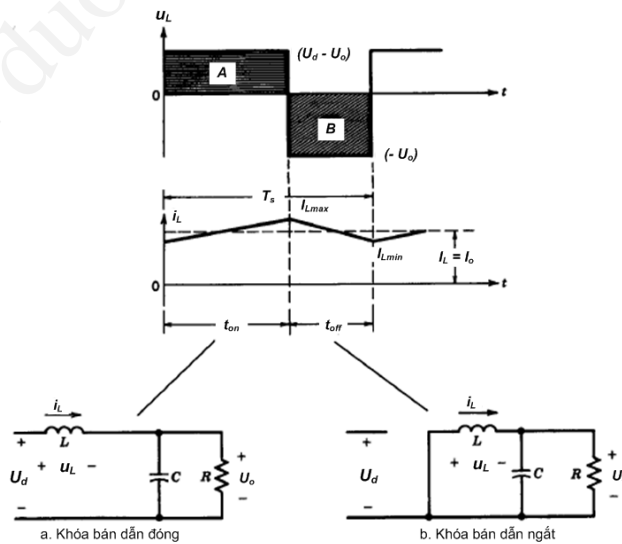
44

Bộ nguồn kiểu giảm áp



45

Bộ nguồn kiểu giảm áp



Dạng áp và dòng qua L trong một chu kỳ đóng cắt

46

Bộ nguồn kiểu giảm áp

Quan hệ giữa dòng/áp ngõ ra và ngõ vào

Giả thiết L đủ lớn để mạch hoạt động ở chế độ *dòng liên tục* (nghĩa là dòng qua L liên tục) và *tụ lọc C đủ lớn để áp ra u_o là phẳng* ($u_o = U_o$).

Lưu ý là *điện áp trung bình trên L trong một chu kỳ bằng zero* nên diện tích phần A = diện tích phần B, suy ra:

$$(U_d - U_o)t_{on} = U_o(T_s - t_{on})$$

Hay:

$$\frac{U_o}{U_d} = \frac{t_{on}}{T_s} = \gamma$$

Bỏ qua tổn hao trên các phần tử mạch, công suất ngõ vào $P_d = U_d I_d$ sẽ bằng công suất

ngõ ra $P_o = U_o I_o$. Từ đó suy ra:

$$\frac{I_o}{I_d} = \frac{U_d}{U_o} = \frac{T_s}{t_{on}} = \frac{1}{\gamma}$$

47

Bộ nguồn kiểu giảm áp

Quan hệ giữa L và f_s để mạch ở chế độ dòng liên tục

Giả thiết mạch ở chế độ dòng liên tục, gọi $\Delta I_L = I_{L\max} - I_{L\min}$ là độ biến thiên dòng qua L.

Lưu ý: $\frac{di_L}{dt} = \frac{u_L}{L}$, ta có:

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{\gamma T_s} = \frac{(U_d - U_o)}{L}$$

Do đó:

$$\Delta i_L = \left(\frac{U_d - U_o}{L} \right) \gamma T_s = \frac{U_o}{L} (1 - \gamma) T_s$$

Dòng trung bình qua L = dòng trung bình qua tải R, nghĩa là:

$$I_L = I_o = \frac{U_o}{R}$$

48

Bộ nguồn kiểu giảm áp

Quan hệ giữa L và f_s để mạch ở chế độ dòng liên tục

Vậy:

$$I_{L\max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = U_o \left[\frac{1}{R} + \frac{(1-\gamma)}{2Lf_s} \right]$$

$$I_{L\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} = U_o \left[\frac{1}{R} - \frac{(1-\gamma)}{2Lf_s} \right]$$

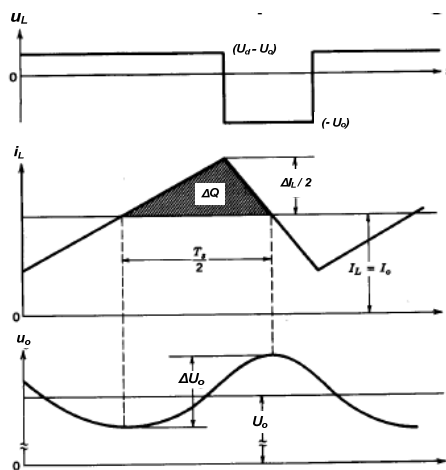
Ở trạng thái biên liên tục, $I_{L\min} = 0$, từ đó ta có thể suy ra quan hệ của L và f_s để mạch luôn ở chế độ dòng liên tục với tải cho trước:

$$(Lf_s)_{\min} = \frac{(1-\gamma)R}{2}$$

49

Bộ nguồn kiểu giảm áp

Dạng sóng điện áp ngõ ra và chọn tụ lọc C



Dạng sóng điện áp trên tụ C tương ứng với dòng qua L

50

Bộ nguồn kiểu giảm áp

Dạng sóng điện áp ngõ ra và chọn tụ lọc C

Giả thiết là toàn bộ thành phần xoay chiều (dạng sóng) trong dòng i_L chạy qua tụ C, còn thành phần trung bình của dòng i_L (nghĩa là thành phần I_L , và cũng là dòng I_o) chạy qua tải. Như vậy, dòng qua tụ sẽ là:

$$i_C = i_L - I_o = i_L - I_L$$

Ta có:

$$Q = C U_o$$

$$\Delta Q = C \Delta U_o$$

$$\Delta U_o = \frac{\Delta Q}{C}$$

Lượng điện tích nạp ΔQ có thể tính ra từ hình 5, là diện tích phần tam giác tô đậm:

$$\Delta Q = \frac{1}{2} \frac{T_s}{2} \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{T_s \Delta i_L}{8}$$

51

Bộ nguồn kiểu giảm áp

Dạng sóng điện áp ngõ ra và chọn tụ lọc C

Từ công thức tính Δi_L và ΔU_o ở trên, suy ra:

$$\Delta U_o = \frac{U_o (1 - \gamma)}{8LCf_s^2}$$

Hay:

$$\frac{\Delta U_o}{U_o} = \frac{(1 - \gamma)}{8LCf_s^2} = \frac{\pi^2}{2} (1 - \gamma) \left(\frac{f_c}{f_s} \right)^2$$

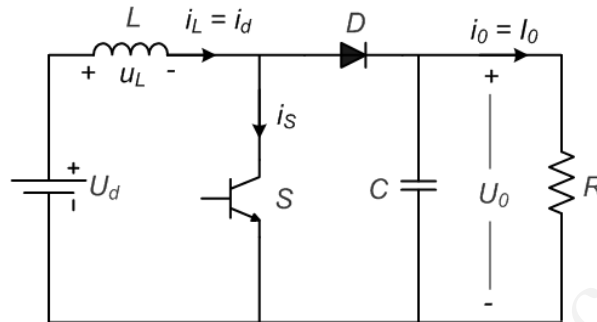
Trong đó: $f_s = \frac{1}{T_s}$, và: $f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Công thức cho thấy dạng sóng điện áp có thể giảm đi rất nhiều bằng cách chọn tần số cắt của mạch lọc thông thấp LC ở ngõ ra rất nhỏ hơn tần số đóng cắt của mạch, nghĩa là $f_c \ll f_s$. Ngoài ra, có thể thấy rằng khi mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục, độ dạng sóng điện áp ngõ ra không phụ thuộc vào tải.

52

Bộ nguồn kiểu tăng áp

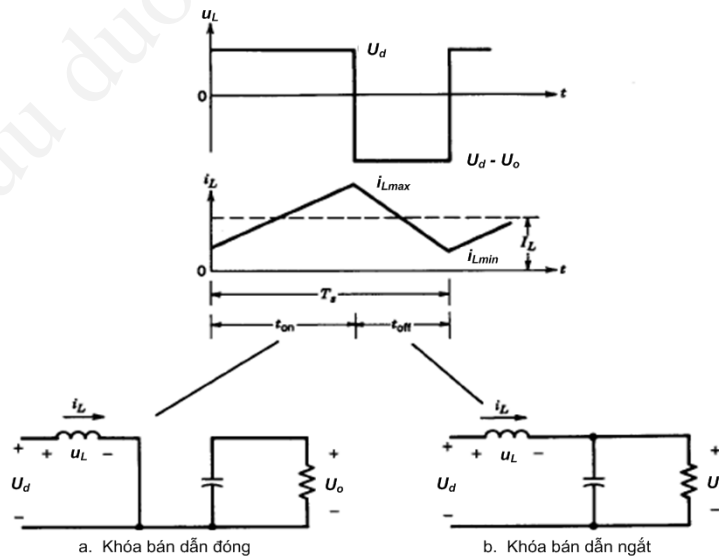
Sơ đồ nguyên lý bộ nguồn kiểu tăng áp



Giả thiết mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục (dòng qua L là liên tục) và tụ C đủ lớn để U_o có thể coi là phẳng.

53

Bộ nguồn kiểu tăng áp



Dạng áp và dòng qua L trong một chu kỳ đóng cắt

54

Bộ nguồn kiểu tăng áp

Quan hệ giữa dòng/áp ngõ ra và ngõ vào

Ở chế độ xác lập, áp trung bình trên điện cảm L bằng zero, suy ra:

$$U_d t_{on} + (U_d - U_o) t_{off} = 0$$

Từ đó suy ra:

$$\frac{U_o}{U_d} = \frac{T_s}{t_{off}} = \frac{1}{1-\gamma}$$

Giả thiết tổn hao trên mạch bằng zero: $P_d = P_o$, có thể suy ra:

$$\frac{I_o}{I_d} = (1-\gamma)$$

Lưu ý là: $I_d = I_L$.

55

Bộ nguồn kiểu tăng áp

Quan hệ giữa L và f_s để mạch ở chế độ dòng liên tục

Từ đồ thị dạng dòng áp trên L ở chế độ dòng liên tục, có thể tính được độ biến thiên dòng $\Delta I_L = I_{L\max} - I_{L\min}$ như sau:

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{\gamma T_s} = \frac{U_d}{L}$$

Suy ra:

$$\Delta i_L = \frac{U_d}{L} \gamma T_s = \frac{U_o}{L} (1-\gamma) \gamma T_s$$

Dòng trung bình I_L qua cuộn dây có thể tính được từ sự cân bằng công suất giữa ngõ ra

và ngõ vào của mạch: $P_o = \frac{U_o^2}{R} = U_d I_d = U_d I_L$, vậy:

$$I_L = \frac{I_o}{(1-\gamma)} = \frac{U_o}{R(1-\gamma)} = \frac{U_d}{R(1-\gamma)^2}$$

56

Bộ nguồn kiểu tăng áp

Quan hệ giữa L và f_s để mạch ở chế độ dòng liên tục

Từ đây có thể tính được:

$$I_{L\max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{U_d}{(1-\gamma)^2 R} + \frac{U_d \gamma T_s}{2L} = \frac{U_o}{(1-\gamma)R} + \frac{U_o(1-\gamma)\gamma T_s}{2L}$$

$$I_{L\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{U_d}{(1-\gamma)^2 R} - \frac{U_d \gamma T_s}{2L} = \frac{U_o}{(1-\gamma)R} - \frac{U_o(1-\gamma)\gamma T_s}{2L}$$

Ở trạng thái biên liên tục, $I_{L\min} = 0$, từ đó ta có thể suy ra quan hệ của L và f_s cần thiết để mạch luôn ở chế độ dòng liên tục với tải cho trước:

$$I_{L\min} = 0 = \frac{U_d}{(1-\gamma)^2 R} - \frac{U_d \gamma T_s}{2L}$$

Vậy:

$$(Lf_s)_{\min} = \frac{\gamma(1-\gamma)^2 R}{2}$$

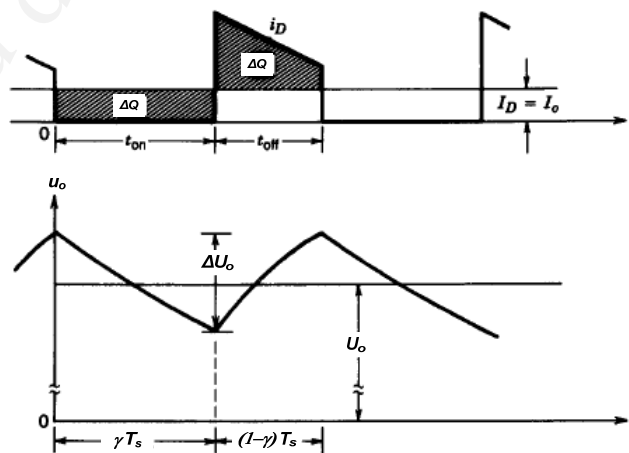
Nếu cho trước f_s có thể tính được giá trị điện cảm nhỏ nhất để đảm bảo dòng liên tục với tải cho trước R như sau:

$$L_{\min} = \frac{\gamma(1-\gamma)^2 R}{2f_s}$$

57

Bộ nguồn kiểu tăng áp

Dạng sóng điện áp ngõ ra và chọn tụ lọc C



Dạng sóng điện áp trên tụ C tương ứng với dòng qua diode D

58

Bộ nguồn kiểu tăng áp

Dạng sóng điện áp ngõ ra và chọn tụ lọc C

Giả thiết là toàn bộ thành phần xoay chiều (dạng sóng) trong dòng qua diode, i_D , chạy qua tụ C, còn thành phần trung bình của dòng này chạy qua tải, phần tô đen trên hình trước biểu thị điện tích nạp xả trên tụ C trong một chu kỳ biến thiên của i_D .

Giả thiết dòng tải I_o không đổi, từ đồ thị trước có thể tính được biến thiên điện tích

ΔQ trên tụ:

$$\Delta Q = \frac{U_o}{R} \gamma T_s = C \Delta U_o$$

Từ công thức trên suy ra dạng sóng điện áp trên tụ:

$$\Delta U_o = \frac{U_o \gamma T_s}{RC} = \frac{U_o \gamma}{RC f_s}$$

Hoặc:

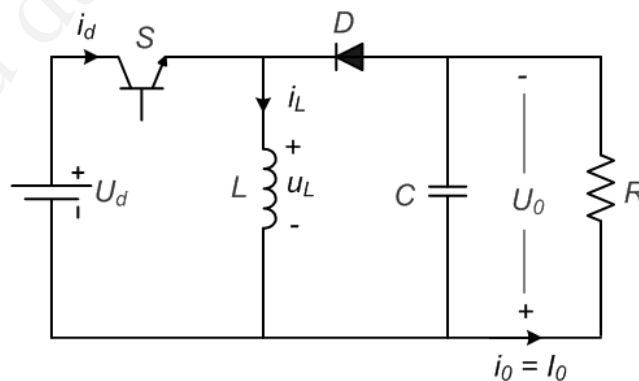
$$\frac{\Delta U_o}{U_o} = \frac{\gamma}{RC f_s} = \gamma \frac{T_s}{\tau} \quad (\text{với } \tau = RC)$$

Từ đây, với yêu cầu về dạng sóng áp ngõ ra cho trước, có thể tính được tụ C cần thiết cho mạch lọc.

59

Bộ nguồn kiểu tăng/giảm áp

Sơ đồ nguyên lý

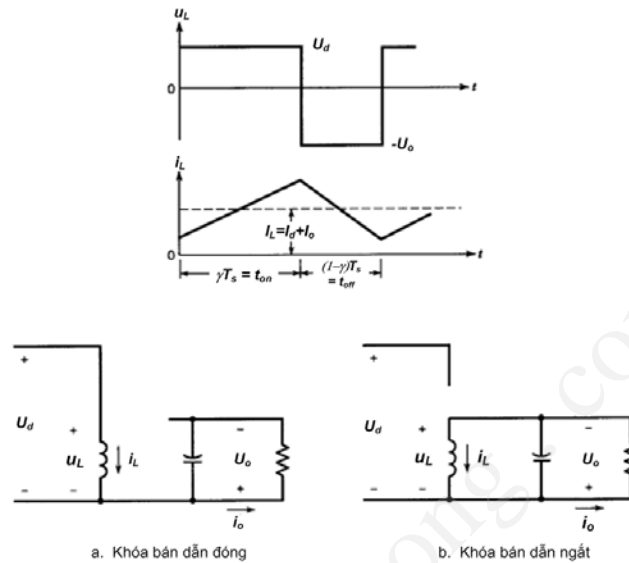


Giả thiết mạch ở chế độ dòng liên tục, nghĩa là dòng qua cuộn cảm L liên tục

Lưu ý là điện áp ngõ ra U_o ngược dấu với điện áp ngõ vào U_d

60

Bộ nguồn kiểu tăng/giảm áp



Dạng áp và dòng qua L trong một chu kỳ đóng cắt

61

Bộ nguồn kiểu tăng/giảm áp

Quan hệ giữa dòng/áp ngõ ra và ngõ vào

Lưu ý là điện áp trung bình trên L trong một chu kỳ bằng zero nên:

$$U_d \gamma T_s + (-U_o)(1-\gamma)T_s = 0$$

Suy ra quan hệ giữa áp nguồn U_d và áp ra U_o là:

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

Tương tự các mục trên, nếu giả thiết là: $P_o = P_d$, ta có:

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

Công thức trên cho thấy tùy thuộc vào giá trị γ , áp ra U_o có thể nhỏ hơn hay lớn hơn áp nguồn U_d .

62

Bộ nguồn kiểu tăng/giảm áp

Quan hệ giữa L và f_s để mạch ở chế độ dòng liên tục

Dựa vào đồ thị biến thiên của i_L , có thể tính được biến thiên dòng ΔI_L như sau:

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{\gamma T_s} = \frac{U_d}{L} \quad \text{hoặc} \quad \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{(1-\gamma)T_s} = \frac{U_o}{L}$$

Suy ra:

$$\Delta i_L = \frac{U_d}{L} \gamma T_s = \frac{U_o}{L} (1-\gamma) T_s$$

Lưu ý là dòng trung bình I_L qua cuộn L là tổng dòng trung bình I_d của nguồn và dòng qua diod D (cũng là dòng tải I_o). Do đó, ta có quan hệ:

$$I_L = I_d + I_o = \gamma I_L + \frac{U_o}{R}$$

Vậy:

$$I_L = \frac{U_o}{(1-\gamma)R} = \frac{U_d \gamma}{(1-\gamma)^2 R}$$

63

Bộ nguồn kiểu tăng/giảm áp

Quan hệ giữa L và f_s để mạch ở chế độ dòng liên tục

Từ đó suy ra:

$$I_{L\max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{U_d \gamma}{(1-\gamma)^2 R} + \frac{U_d \gamma T_s}{2L} = \frac{U_o}{(1-\gamma)R} + \frac{U_o (1-\gamma) T_s}{2L}$$

$$I_{L\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{U_d \gamma}{(1-\gamma)^2 R} - \frac{U_d \gamma T_s}{2L} = \frac{U_o}{(1-\gamma)R} - \frac{U_o (1-\gamma) T_s}{2L}$$

Để mạch có thể hoạt động ở chế độ dòng liên tục, cần có điều kiện là $i_L \geq 0$. Để xác định điểm biên liên tục, dòng $I_{L\min}$ được cho bằng zero, từ đó suy ra giá trị nhỏ nhất của L và f_s để mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục là:

$$(Lf_s)_{\min} = \frac{(1-\gamma)^2 R}{2}$$

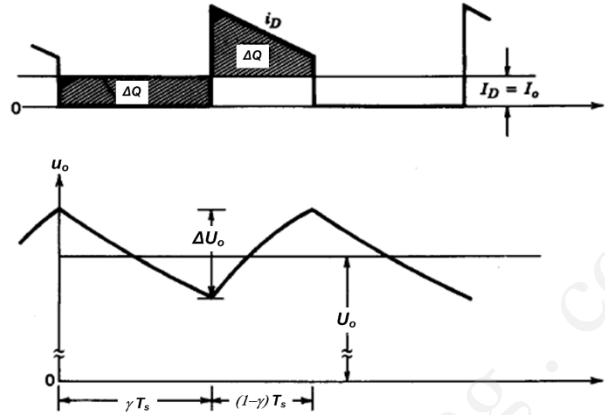
Hoặc:

$$L_{\min} = \frac{(1-\gamma)^2 R}{2f_s}$$

64

Bộ nguồn kiểu tăng/giảm áp

Dạng sóng điện áp ngõ ra và chọn tụ lọc C



Dạng sóng điện áp trên tụ C tương ứng với dòng qua diode D

65

Bộ nguồn kiểu tăng/giảm áp

Dạng sóng điện áp ngõ ra và chọn tụ lọc C

Hình trước cho thấy quan hệ giữa dạng sóng điện áp ngõ ra và dòng qua diode D. Tương tự bộ biến đổi điện áp kiểu tăng áp đã khảo sát, quan hệ giữa dạng sóng điện áp ngõ ra ΔU_o và biến thiên điện tích nạp tụ ΔQ cho bởi công thức:

$$\Delta Q = \frac{U_o}{R} \gamma T_s = C \Delta U_o$$

Từ đó tính ra biểu thức của ΔU_o :

$$\Delta U_o = \frac{U_o \gamma T_s}{RC} = \frac{U_o \gamma}{RC f_s}$$

Hoặc:

$$\frac{\Delta U_o}{U_o} = \frac{\gamma}{RC f_s} = \gamma \frac{T_s}{\tau} \quad (\text{với } \tau = RC)$$

Ta thấy các công thức này tương tự các công thức cho bộ biến đổi kiểu tăng áp ở mục trên.

66