

Chương 3

Phần 2

Bộ nguồn kiểu đóng ngắt

43

Bộ nguồn kiểu đóng ngắt

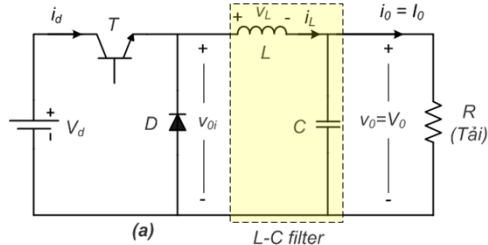
Các bộ nguồn kiểu đóng ngắt (Switching Mode Power Supply) hiện được sử dụng rộng rãi do có hiệu suất cao hơn và kích thước nhỏ hơn so với bộ nguồn một chiều kiểu tuyến tính (Linear Mode Power Supplies) cùng công suất. Đó là vì các khoá bán dẫn trong nguồn một chiều kiểu đóng ngắt chỉ hoạt động ở chế 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)

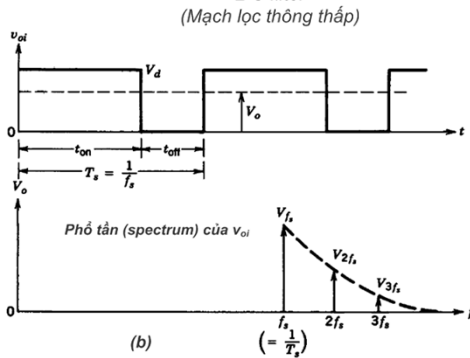
- Bộ nguồn kiểu giảm áp (Buck converter)
- Bộ nguồn kiểu tăng áp (Boost converter)
- Bộ nguồn kiểu tăng / giảm áp (Buck/Boost converter)
- Bộ nguồn Cuk

44

Bộ nguồn kiểu giảm áp



(a): Sơ đồ nguyên lý bộ nguồn kiểu giảm áp



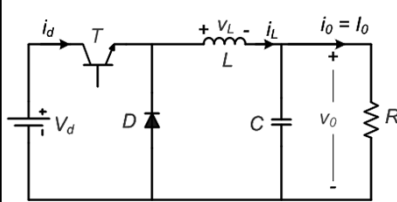
(b): Dạng sóng ngõ ra và phổ tần của \$v_o\$

Điện áp tại ngõ vào \$v_{oi}\$ của mạch lọc thông thấp là tín hiệu đóng cắt.

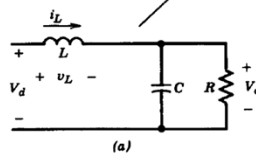
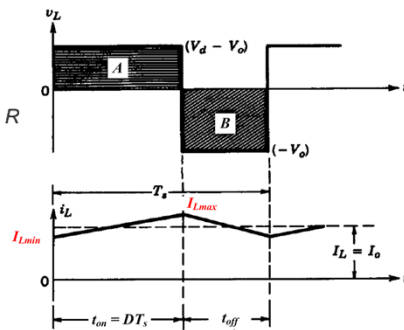
Phổ tần của điện áp \$v_{oi}\$ có tần số từ \$f_s\$ trở lên nên mạch lọc này dễ dàng loại bỏ các sóng hài trong điện áp \$v_{oi} \rightarrow v_o \approx V_o\$.

45

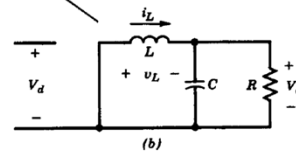
Bộ nguồn kiểu giảm áp



Bộ nguồn kiểu giảm áp



(a)



(b)

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 $L \geq 0$) và *tụ lọc C đủ lớn để áp ra v_o là phẳng* ($v_o = V_o$).

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:

$$(V_d - V_o)t_{on} = V_o(T_s - t_{on})$$

Hay:

$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{t_{on}}{T_s} = D$$

→ Ở chế độ dòng liên tục, điện áp ngõ ra V_o biến thiên tuyến tính với tỉ số điều chế D .

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

$P_o = V_o I_o$. Từ đó suy ra:

$$\frac{I_o}{I_d} = \frac{V_d}{V_o} = \frac{T_s}{t_{on}} = \frac{1}{D}$$

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: $\frac{di_L}{dt} = \frac{v_L}{L}$, ta có:

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT_s} = \frac{(V_d - V_o)}{L}$$

Do đó:

$$\Delta i_L = \left(\frac{V_d - V_o}{L} \right) DT_s = \frac{V_o}{L} (1 - D) T_s$$

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

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

48

Bộ nguồn kiểu giảm áp

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

Từ đó suy ra:

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

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

Để mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục: $I_{L\min} \geq 0$, 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 như sau:

$$Lf_s \geq \frac{(1-D)R}{2}$$

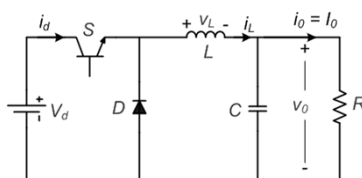
Từ công thức trên có thể chọn L và f_s để mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục: ví dụ, khi cho trước f_s có thể suy ra giá trị điện cảm tối thiểu cần thiết là:

$$L \geq L_{\min} = \frac{(1-D)R}{2f_s}$$

49

Bộ nguồn kiểu giảm áp

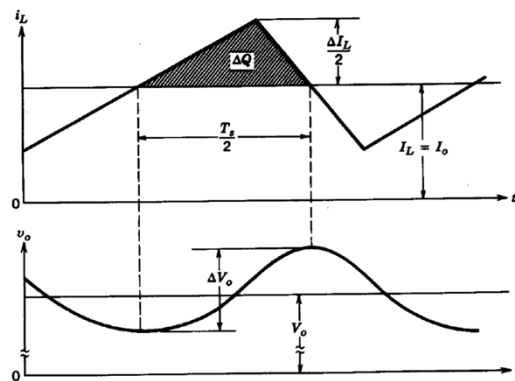
Dạng sóng điện áp ngõ ra và chọn tụ lọc C



Ở phần trước, giả thiết tụ lọc C rất lớn nên điện áp ngõ ra v_o có thể xem là phẳng: $v_o = V_o$.

Trong thực tế, với giá trị nhất định của tụ C , điện áp ra v_o sẽ có dạng sóng (ripple) như hình.

Bài toán đặt ra là: với những thông số đã biết của mạch, hãy tính chọn tụ C để dạng sóng áp ngõ ra ΔV_o nhỏ hơn một giá trị cho trước nào đó.



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:

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

$$\text{Ta có: } q = C V_o \Rightarrow (Q + \Delta Q) = C (V_o + \Delta V_o)$$

Trong đó:

- q : điện tích tức thời,
- $Q = C V_o$: điện tích tương ứng với điểm làm việc có điện áp V_o

Suy ra biến thiên điện tích ΔQ tương ứng với biến thiên điện áp ngõ ra ΔV_o như sau:

$$\Delta Q = C \Delta V_o \Rightarrow \Delta V_o = \frac{\Delta Q}{C}$$

Lượng điện tích nạp ΔQ có thể tính ra từ hình trước, 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 ΔV_o ở trên, suy ra:

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

Hay:

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{(1 - D)}{8 L C f_s^2} = \frac{\pi^2}{2} (1 - \gamma) \left(\frac{f_c}{f_s} \right)^2$$

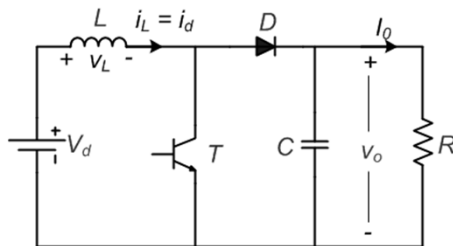
$$\text{Trong đó: } f_s = \frac{1}{T_s}, \text{ và: } f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Công thức cho thấy dạng sóng điện áp có thể giảm đi rất nhiều bằng cách chọn tần số cắt f_c 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

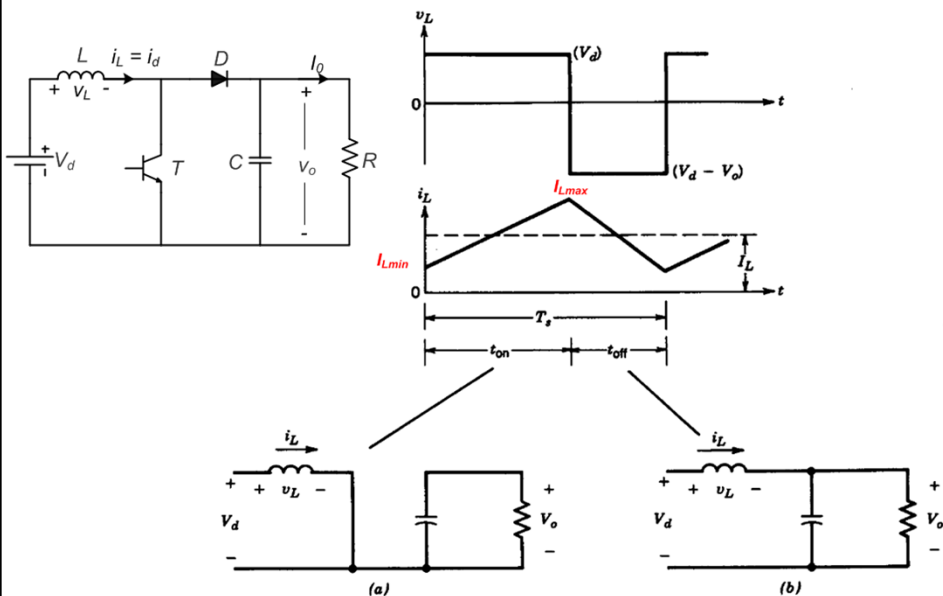


Giả thiết:

- Mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục (dòng $i_L \geq 0$)
- Tụ C đủ lớn để v_o có thể coi là phẳng ($v_o = V_o$).

53

Bộ nguồn kiểu tăng áp



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:

$$V_d t_{on} + (V_d - V_o) t_{off} = 0$$

Từ đó suy ra:

$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{T_s}{t_{off}} = \frac{1}{1-D} \Rightarrow V_o = \frac{V_d}{1-D}$$

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

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

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 dạng sóng điện áp trên L có thể tính ra độ biến thiên dòng i_L ($\Delta i_L = I_{L\max} - I_{L\min}$) như sau:

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

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: $P_o = \frac{V_o^2}{R} = P_d = V_d I_d = V_d I_L$, từ đó suy ra:

$$I_L = \frac{I_o}{(1-D)} = \frac{V_o}{R(1-D)} = \frac{V_d}{R(1-D)^2}$$

Từ đây có thể tính được:

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

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

56

Bộ nguồn kiểu tăng áp

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

Để mạch hoạt động ở trạng thái dòng liên tục: $I_{L\min} \geq 0$. 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:

$$Lf_s \geq \frac{D(1-D)^2 R}{2}$$

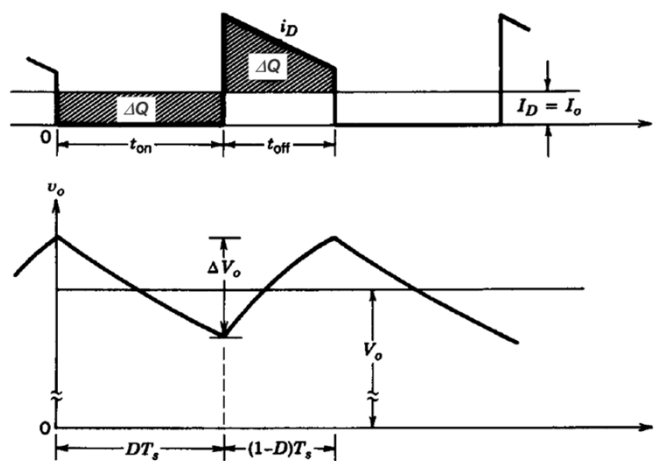
Ví dụ, nếu cho trước f_s có thể tính được giá trị điện cảm nhỏ nhất để đảm bảo dòng liên tục với tải cho trước R như sau:

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

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 .

Xét mạch hoạt động quanh điểm làm việc (V_o , I_o) nào đó, từ đồ thị trước có thể tính được biến thiên điện tích ΔQ trên tụ như sau:

$$\Delta Q = \frac{V_o}{R} DT_s = C \Delta V_o$$

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

$$\Delta V_o = \frac{V_o DT_s}{RC} = \frac{V_o D}{RCf_s}$$

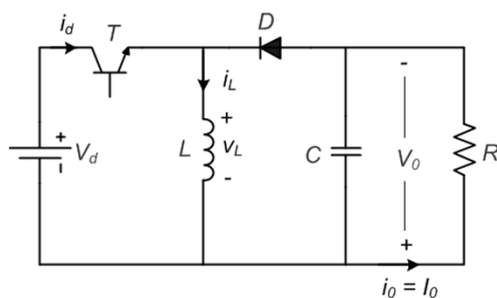
$$\text{Hoặc: } \frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf_s} = D \frac{T_s}{\tau} \quad (\text{trong đó: } \tau = RC)$$

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

59

Bộ nguồn kiểu tăng/giảm áp

Sơ đồ nguyên lý



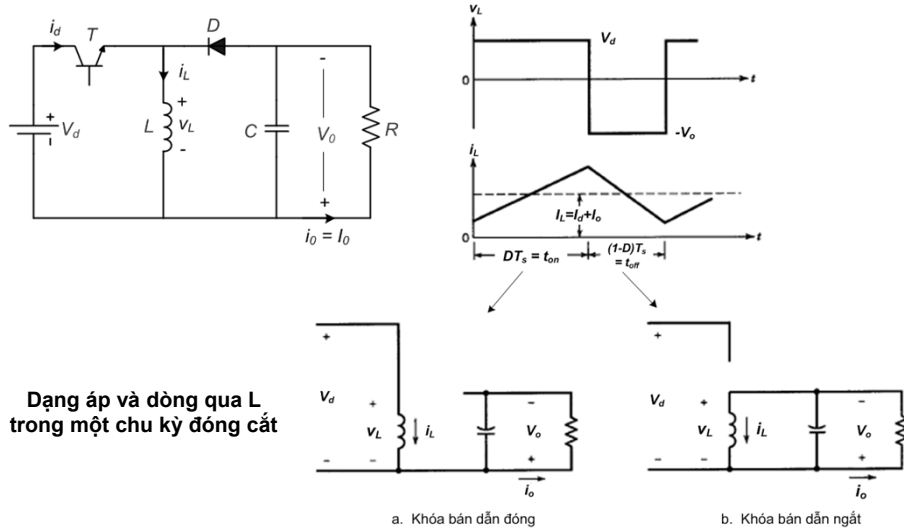
Giả thiết:

- Mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục (dòng $i_L \geq 0$)
- Tụ C đủ lớn để v_o có thể coi là phẳng ($v_o = V_o$).

60

Bộ nguồn kiểu tăng/giảm áp

Quan hệ giữa dòng/áp ngõ ra và ngõ vào



Bộ nguồn kiểu tăng/giảm áp

Quan hệ giữa dòng/áp ngõ ra và ngõ vào

Từ đồ thị biến thiên điện áp trên L trong một chu kỳ đóng cắt của transistor T, với lưu ý là điện áp trung bình trên L trong một chu kỳ bằng zero, ta có:

$$V_d DT_s + (-V_o)(1-D)T_s = 0$$

Suy ra quan hệ giữa áp nguồn V_d và áp ra V_o là:

$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{D}{1-D} \Rightarrow V_o = \frac{D}{1-D} V_d$$

Công thức trên cho thấy tùy thuộc vào giá trị của tỉ số điều chế D , điện áp ngõ ra V_o có thể lớn hoặc nhỏ hơn điện áp ngõ vào V_d .

Nếu bỏ qua tổn hao trên các phần tử của mạch, ta có: $P_o = P_d$, từ đây suy ra quan hệ giữa dòng nguồn I_d và dòng ngõ ra I_o như sau:

$$\frac{I_d}{I_o} = \frac{D}{1-D}$$

Bộ nguồn kiểu tăng/giảm áp

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

Từ dạng sóng điện áp trên cuộn L có thể tính được biến thiên dòng ΔI_L như sau:

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT_s} = \frac{V_d}{L} \quad \text{hoặc} \quad \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{(1-D)T_s} = \frac{V_o}{L}$$

Suy ra:

$$\Delta i_L = \frac{V_d}{L} DT_s = \frac{V_o}{L} (1-D)T_s$$

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

$$I_L = I_d + I_o = DI_L + \frac{V_o}{R} \rightarrow I_L = \frac{V_o}{(1-D)R} = \frac{V_d D}{(1-D)^2 R}$$

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:

$$I_{L\max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_d D}{(1-D)^2 R} + \frac{V_d DT_s}{2L} = \frac{V_o}{(1-D)R} + \frac{V_o(1-D)T_s}{2L}$$

$$I_{L\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_d D}{(1-D)^2 R} - \frac{V_d DT_s}{2L} = \frac{V_o}{(1-D)R} - \frac{V_o(1-D)T_s}{2L}$$

Để mạch có thể hoạt động ở chế độ dòng liên tục, cần có: $I_{L\min} \geq 0$, từ đó suy ra quan hệ giữa L và f_s để mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục là:

$$(Lf_s) \geq \frac{(1-D)^2 R}{2}$$

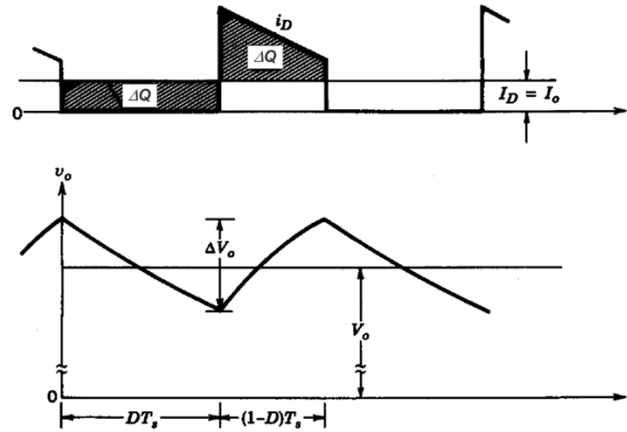
Ví dụ, nếu cho trước giá trị của tần số đóng cắt f_s , có thể suy ra giá trị tối thiểu của L để mạch luôn hoạt động ở chế độ dòng liên tục là:

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

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 ΔV_o 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 ΔV_o và biến thiên điện tích ΔQ trên tụ C cho bởi công thức:

$$\Delta Q = \frac{V_o}{R} DT_s = C \Delta V_o$$

Từ đó tính ra biểu thức của ΔV_o :

$$\Delta V_o = \frac{V_o DT_s}{RC} = \frac{V_o D}{RC f_s}$$

Hoặc:

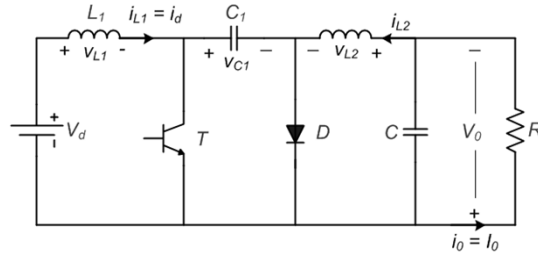
$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RC f_s} = D \frac{T_s}{\tau} \quad (\text{với } \tau = RC)$$

Ta thấy các công thức này tương tự các công thức cho bộ biến đổi kiểu tăng áp ở mục trước, do ngõ ra của hai bộ biến đổi này tương tự nhau.

66

Bộ nguồn Cúk

Sơ đồ nguyên lý

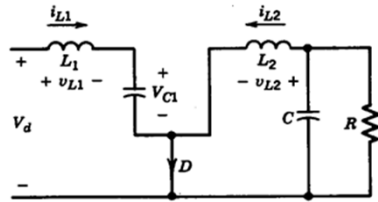


- Tương tự như bộ nguồn kiểu tăng-giảm áp, điện áp ra V_o của bộ nguồn Cúk có thể cao hoặc thấp hơn điện áp vào V_d , và áp **ra ngược cực tính** với áp vào.
- Cuộn cảm L_1 đóng vai trò như một mạch lọc ngõ vào, giúp giảm sóng hài dòng của nguồn V_d . Tuy nhiên, khác với các bộ biến đổi khảo sát ở trên, sự trao đổi năng lượng giữa ngõ ra và ngõ vào của bộ biến đổi Cúk thông qua tụ C_1 (thay vì cuộn cảm).
- Giả thiết mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục (dòng qua L_1 và $L_2 \geq 0$) và dợn sóng điện áp trên tụ C_1 và C là không đáng kể và có thể bỏ qua.

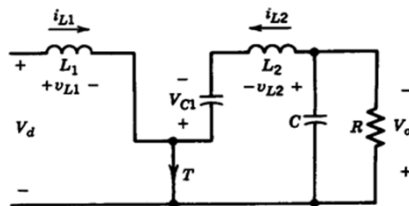
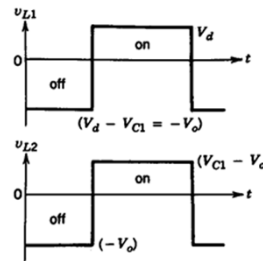
67

Bộ nguồn Cúk

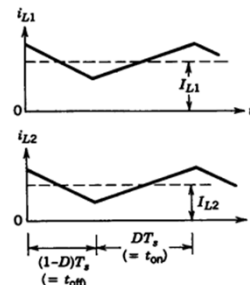
Quan hệ giữa dòng/áp ngõ ra và ngõ vào



Mạch tương đương trong khoảng thời gian $(1-D)T_s$
T off, D on



Mạch tương đương trong khoảng thời gian DT_s
T on, D off



Dạng sóng dòng, áp trên L_1 và L_2

68

Bộ nguồn Cúk

Quan hệ giữa dòng/áp ngõ ra và ngõ vào

Ở chế độ xác lập, điện áp trung bình trên L_1 và L_2 là zero, do đó:

$$V_{C1} = V_d + V_o$$

Vì vậy, ở chế độ xác lập, điện áp V_{C1} lớn hơn V_d và V_o . Giả thiết tụ C_1 đủ lớn để có thể xem điện áp trên tụ C_1 là không đổi. Từ dạng sóng trên các cuộn dây L_1 và L_2 , và từ điều kiện ở chế độ xác lập thì điện áp trung bình trên L_1 và L_2 bằng zero, ta suy ra:

$$L_1: V_d D T_s + (V_d - V_{C1})(1 - D) T_s = 0$$

$$\Rightarrow V_{C1} = \frac{1}{1 - D} V_d$$

$$L_2: (V_{C1} - V_o) D T_s - V_o (1 - D) T_s = 0$$

$$\Rightarrow V_{C1} = \frac{1}{D} V_o$$

69

Bộ nguồn Cúk

Quan hệ giữa dòng/áp ngõ ra và ngõ vào

Từ các biểu thức trên, có thể suy ra quan hệ giữa V_d và V_o là:

$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{D}{1 - D} \Rightarrow V_o = \frac{D}{1 - D} V_d$$

Công thức trên cho thấy tùy thuộc vào giá trị của tỉ số điều chế D , điện áp ngõ ra V_o có thể lớn hoặc nhỏ hơn điện áp ngõ vào V_d .

Nếu bỏ qua tổn hao trên các phần tử của mạch, ta có: $P_o = P_d$, từ đây suy ra quan hệ giữa dòng nguồn I_d và dòng ngõ ra I_o như sau:

$$\frac{I_d}{I_o} = \frac{D}{1 - D}$$

Lưu ý là: $I_{L1} = I_d$ và $I_{L2} = I_o$.

70

Bộ nguồn Cúk

Tính chọn L_1, L_2

Cuộn cảm L_1 và L_2 thường chọn sao cho mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục, nghĩa là dòng qua các cuộn dây này luôn luôn lớn hơn zero: $I_{L1\min} \geq 0$ và $I_{L2\min} \geq 0$.

Từ đồ thị biến thiên điện áp trên L_1 , biến thiên dòng ΔI_{L1} tính bởi:

$$\Delta I_{L1} = \frac{V_d D T_s}{L_1} = \frac{V_d D}{L_1 f_s}$$

Suy ra:

$$I_{L1\min} = I_d - \frac{\Delta I_{L1}}{2} = \frac{D}{1-D} \frac{V_o}{R} - \frac{V_d D}{2 L_1 f_s}$$

Để mạch ở chế độ dòng liên tục, như đã đề cập ở trên, ta cần có: $I_{L1\min} \geq 0$, suy ra cần chọn L_1 thỏa điều kiện:

$$L_1 \geq L_{1\min} = \frac{(1-D)^2 R}{2 D f_s}$$

71

Bộ nguồn Cúk

Tính chọn L_1, L_2

Tương tự, ta có:

$$\Delta I_{L2} = \frac{V_d D T_s}{L_2} = \frac{V_d D}{L_2 f_s}$$

$$\text{Và: } I_{L2\min} = I_o - \frac{\Delta I_{L2}}{2} = \frac{V_o}{R} - \frac{V_d D}{2 L_2 f_s}$$

Để mạch ở chế độ dòng liên tục, ta cũng cần: $I_{L2\min} \geq 0$, suy ra điều kiện để chọn L_2 là:

$$L_2 \geq L_{2\min} = \frac{(1-D)R}{2 f_s}$$

72

Bộ nguồn Cúk

Dạng sóng điện áp và chọn tụ lọc C_1 , C

Tụ C_1 được chọn từ điều kiện giới hạn dạng sóng điện áp ΔV_{C1} ở trong phạm vi cho trước.

Dạng sóng điện áp ΔV_{C1} có thể tính được bằng cách tính toán biến đổi điện áp trên tụ C_1 khi khóa bán dẫn ngắt, và dòng qua tụ cũng là dòng qua L_1 . Giả thiết dòng i_{L1} là không đổi (bỏ qua dạng sóng dòng ΔI_{L1}), ta có thể tính ΔV_{C1} như sau:

$$\Delta V_{C1} \approx \frac{1}{C_1} \int_{DT_s}^{T_s} i_{L1} dt = \frac{I_{L1}}{C_1} (1-D)T_s = \frac{I_d}{C_1} (1-D)T_s = \frac{I_o DT_s}{C_1} = \frac{V_o DT_s}{RC_1}$$

$$\text{Suy ra: } \frac{\Delta V_{C1}}{V_o} \approx \frac{D}{RC_1 f_s}$$

Để tính chọn C , lưu ý là các linh kiện ở ngõ ra của mạch bao gồm: L_2 , C , R giống như cấu hình ngõ ra của bộ nguồn kiểu giảm áp (buck converter). Do đó, có thể suy ra công thức để tính chọn C là:

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{(1-D)}{8L_2 C f_s^2}$$