

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KINH TÊ - KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP
KHOA ĐIỆN

ĐỒ ÁN 2
THIẾT KẾ BỘ BIẾN ĐỔI DC-DC BUCK ĐỂ NẠP ACQUI TỪ
PANEL PV

TÊN ĐỀ TÀI:

(Thiết kế bộ biến đổi DC-DC BUCK để nạp acqui từ PANEL PV)

Ngành đào tạo: Công nghệ kỹ thuật Điện – Điện tử

Họ và tên sinh viên: Nguyễn Cao Kỳ
Lớp : D10A1 – HN
MSSV : 16104100052

Người hướng dẫn :

Hà Nội - 2019

NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Hà Nội, Ngày Tháng Năm 2018

NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN DUYỆT

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Hà Nội, Ngày Tháng Năm 2018

CHƯƠNG 1

Tổng quan về bộ biến đổi 1 chiều DC-DC

1) Tổng quan về bộ biến đổi 1 chiều dc-dc

Ngày nay, các bộ biến đổi sử dụng trong các hệ thống rất thông dụng bởi hiệu suất và chất lượng điện áp. Các bộ biến đổi điện áp một chiều là một trong những bộ biến đổi được sử dụng nhiều nhất. Trong đó, bộ biến đổi giảm áp (Buck Converter) sẽ cho điện áp đầu ra giảm đi so với điện áp đầu vào. Nó được ứng dụng rộng rãi trong nhiều thiết bị hay hệ thống khác nhau như: cấp nguồn cho máy tính và laptop, các bộ sạc điện thoại, nạp pin từ năng lượng mặt trời...

Như chúng ta đã biết thì nguồn điện là một phần rất quan trọng đối với một mạch điện hay một hệ thống điện nào đó. Nguồn điện ảnh hưởng trực tiếp đến hoạt động của mạch hay hệ thống. Đối với mỗi mạch điện hay hệ thống nó cần đòi hỏi các nguồn đầu vào khác nhau từ một nguồn đầu vào cố định hay có sẵn. Nguồn DC được sử dụng rất rộng rãi và được sử dụng hầu hết trong các mạch điện hay các hệ thống điện. Nhưng để sử dụng nguồn DC vào hệ thống của mình thì nguồn DC này cần phải được biến đổi thành nguồn DC khác hay nhiều nguồn DC cung cấp cho hệ thống. Ví dụ như mình có 1 nguồn đầu vào là 12V mà hệ thống của mình nó chạy tới 100V thì lúc này chúng ta phải biến đổi điện áp từ 12V lên 100V để chạy được hệ thống của chúng ta.

Hiện nay thì nguồn xung hay nói cách khác nó là các bộ nguồn biến đổi DC-DC nó được sử dụng phổ biến hầu hết trên các mạch điện và các hệ thống điện tự động. Với ưu điểm là khả năng cho hiệu suất đầu ra cao, tổn hao thấp, ổn định được điện áp đầu ra khi đầu vào thay đổi, cho nhiều đầu ra khi với một đầu vào....Nguồn xung hiện nay có rất nhiều loại khác nhau nhưng nó được chia thành 2 nhóm nguồn : Cách ly và không cách ly

* Nhóm nguồn không cách ly :

- + Boot
- + Buck
- + Buck - Boost

* Nhóm nguồn cách ly :

- + flyback
- + Forward
- + Push-pull

+ Half Bridge

+

Mỗi loại nguồn trên đều có những ưu nhược điểm khác nhau. Nên tùy theo yêu cầu của nguồn mà ta chọn các kiểu nguồn xung như trên. Sau đây là nguyên tắc hoạt động của từng bộ nguồn trên mình chỉ nói về các bộ nguồn hay dùng trong thực tế :

1.1 Nguồn xung kiểu : Buck

Đây là kiểu biến đổi nguồn cho điện áp đầu ra nhỏ hơn so với điện áp đầu vào tức là $V_{in} > V_{out}$

Xét một mạch nguyên lý sau :

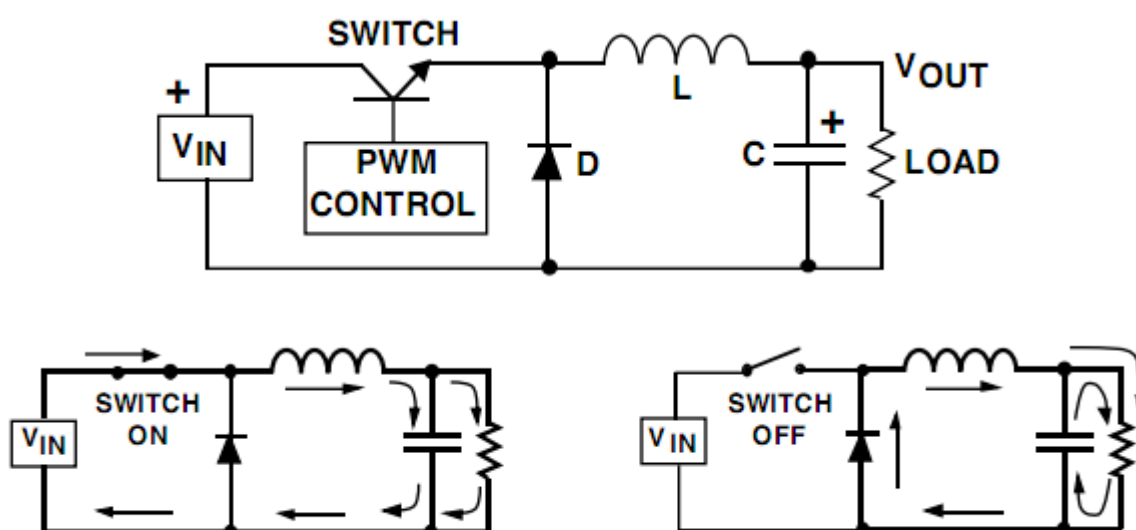


FIGURE 29. BUCK REGULATOR

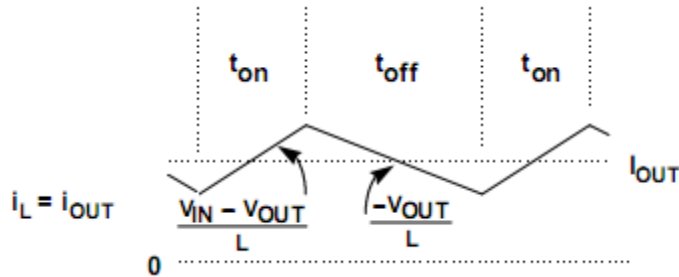
Mạch có cấu tạo nguyên lý đơn giản chỉ dùng một van đóng cắt nguồn điện và phân lọc đầu ra. Điện áp đầu ra được điều biến theo độ rộng xung

Khi " Switch On" được đóng tức là nối nguồn vào mạch thì lúc đó dòng điện đi qua cuộn cảm và dòng điện trong cuộn cảm tăng lên, tại thời điểm này thì tụ điện được nạp đồng thời cũng cung cấp dòng điện qua tải. Chiều dòng điện được chạy theo hình vẽ

Khi " Swith Off" được mở ra tức là ngắt nguồn ra khỏi mạch. Khi đó trong cuộn cảm tích lũy năng lượng từ trường và tụ điện điện được tích lũy trước đó sẽ phóng qua tải. Cuộn cảm có xu hướng giữ cho dòng điện không đổi và giảm dần. Chiều của dòng điện trong thời điểm này như trên hình vẽ.

Quá trình đóng cắt liên tục tạo tải một điện áp trung bình theo luật băm xung PWM. Dòng điện qua tải sẽ ở dạng xung tam giác

đảm bảo cho dòng liên tục qua tải. Tần số đóng cắt khá cao để đảm bảo triệt nhiễu công suất cho mạch. Van công suất thường sử dụng các van như Transistor tốc độ cao, Mosfet hay IGBT... Điện áp đầu ra được tính như sau:



$$V_{out} = V_{in} * (t_{on} / (t_{on} + t_{off})) = V_{in} * D \quad (\text{với } D \text{ là độ rộng xung } \%)$$

Với t_{on} , t_{off} lần lượt là thời gian mở và thời gian khóa của van

Đối với kiểu nguồn Buck này thì cho công suất đầu ra rất lớn so với công suất đầu vào vì sử dụng cuộn cảm, tổn hao công suất thấp. Do vậy nên nguồn buck được sử dụng nhiều trong các mạch giảm áp nguồn DC. ví dụ như từ điện áp 17V DC mà muốn hạ xuống 12V DC thì dùng nguồn Buck là hợp lý.

1.2 Nguồn xung kiểu : Boot

Kiểu dạng nguồn xung này cho điện áp đầu ra lớn hơn điện áp đầu vào : $V_{in} < V_{out}$

Xét một mạch nguyên lý như sau :

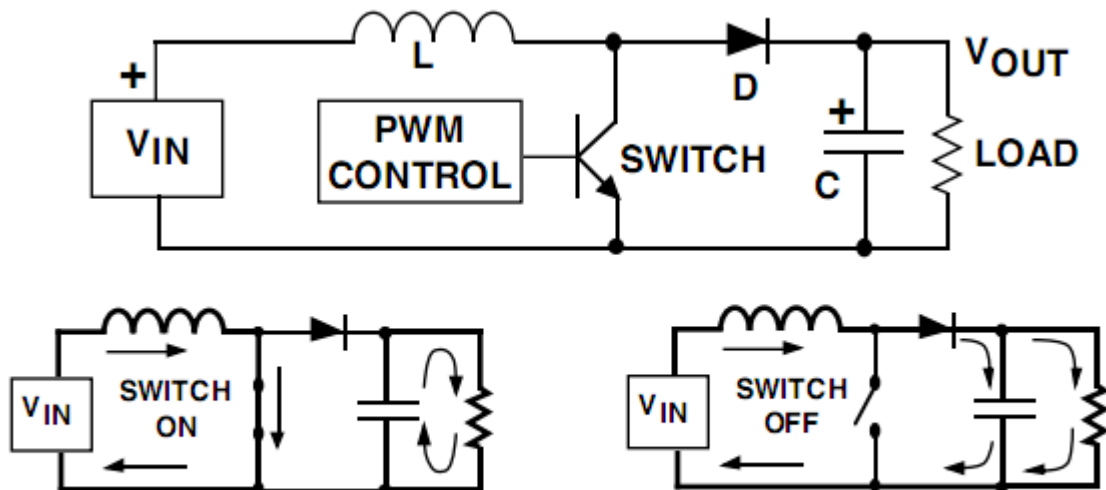


FIGURE 31. BOOST REGULATOR

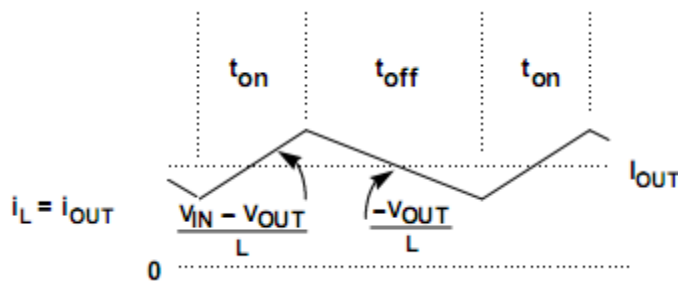
Mạch có cấu tạo nguyên lý khá đơn giản. Cũng dùng một nguồn đóng cắt, dùng cuộn cảm và tụ điện. Điện áp đầu ra phụ thuộc vào điều biến độ rộng xung và giá trị cuộn cảm L

Khi “Switch On” được đóng lại thì dòng điện trong cuộn cảm được tăng lên rất nhanh, dòng điện sẽ qua cuộn cảm qua van và xuống đất. Dòng điện không qua diode và tụ điện phóng điện cung cấp cho tải. Ở thời điểm này thì tải được cung cấp bởi tụ điện. Chiều của dòng điện như trên hình vẽ

Khi “Switch Off” được mở ra thì lúc này ở cuối cuộn dây xuất hiện với 1 điện áp bằng điện áp đầu vào. Điện áp đầu vào cùng với điện áp ở cuộn cảm qua diode cấp cho tải và đồng thời nạp cho tụ điện. Khi đó điện áp đầu ra sẽ lớn hơn điện áp đầu vào, dòng qua tải được cấp bởi điện áp đầu vào. Chiều của dòng điện được đi như hình vẽ!

Điện áp ra tải còn phụ thuộc giá trị của cuộn cảm tích lũy năng lượng và điều biến độ rộng xung (điều khiển thời gian on/off). Tần số đóng cắt van là khá cao hàng Khz để triệt nhiễu công suất và tăng công suất đầu ra. Dòng qua van đóng cắt nhỏ hơn dòng đầu ra. Van công suất thường là Transior tốc độ cao, Mosfet hay IGBT... Diode là diode xung, công suất

Công thức tính các thông số đầu ra của nguồn Boot như sau :



$$I_{pk} = 2 \times I_{out,max} \times (V_{out} / V_{in,min})$$

$$T_{don} = (L \times I_{pk}) / (V_{out} - V_{in})$$

Điện áp đầu ra được tính như sau :

$$V_{out} = ((T_{on} / T_{don}) + 1) \times V_{in}$$

Với : T_{on} là thời gian mở của Van

I_{pk} là dòng điện đỉnh

Trong nguồn Boot thì điện áp đầu ra lớn hơn so với điện áp đầu vào do đó công suất đầu vào phải lớn hơn so với công suất đầu ra. Công suất đầu ra phụ thuộc vào cuộn cảm L. Hiệu suất của nguồn Boot cũng khá cao nên được dùng nhiều trong các mạch nâng áp do nó truyền trực tiếp nên công suất của nó rất lớn. Ví dụ như mạch biến đổi từ nguồn 12VDC lên 310VDC chẳng hạn.

Nguồn Boot có 2 chế độ:

- Chế độ không liên tục: Nếu điện cảm của cuộn cảm quá nhỏ, thì trong một chu kỳ đóng cắt, dòng điện sẽ tăng dần nạp năng lượng cho điện cảm rồi giảm dần, phóng năng lượng từ điện cảm sang tải. Vì điện cảm nhỏ nên năng lượng trong điện cảm cũng nhỏ, nên hết một chu kỳ, thì năng lượng trong điện cảm cũng giảm đến 0. Tức là trong một chu kỳ dòng điện sẽ tăng từ 0 đến max rồi giảm về 0.
- Chế độ liên tục: Nếu điện cảm rất lớn, thì dòng điện trong 1 chu kỳ điện cảm sẽ không thay đổi nhiều mà chỉ dao động quanh giá trị trung bình. Chế độ liên tục có hiệu suất và chất lượng bộ nguồn tốt hơn nhiều chế độ không liên tục, nhưng đòi hỏi cuộn cảm có giá trị lớn hơn nhiều lần.

1.3 NGUỒN XUNG KIỂU FLYBACK

Đây là kiểu nguồn xung truyền công suất gián tiếp thông qua biến áp. Cho điện áp đầu ra lớn hơn hay nhỏ hơn điện áp đầu vào. Từ một đầu vào có thể cho nhiều điện áp đầu ra

Sơ đồ nguyên lý như sau :

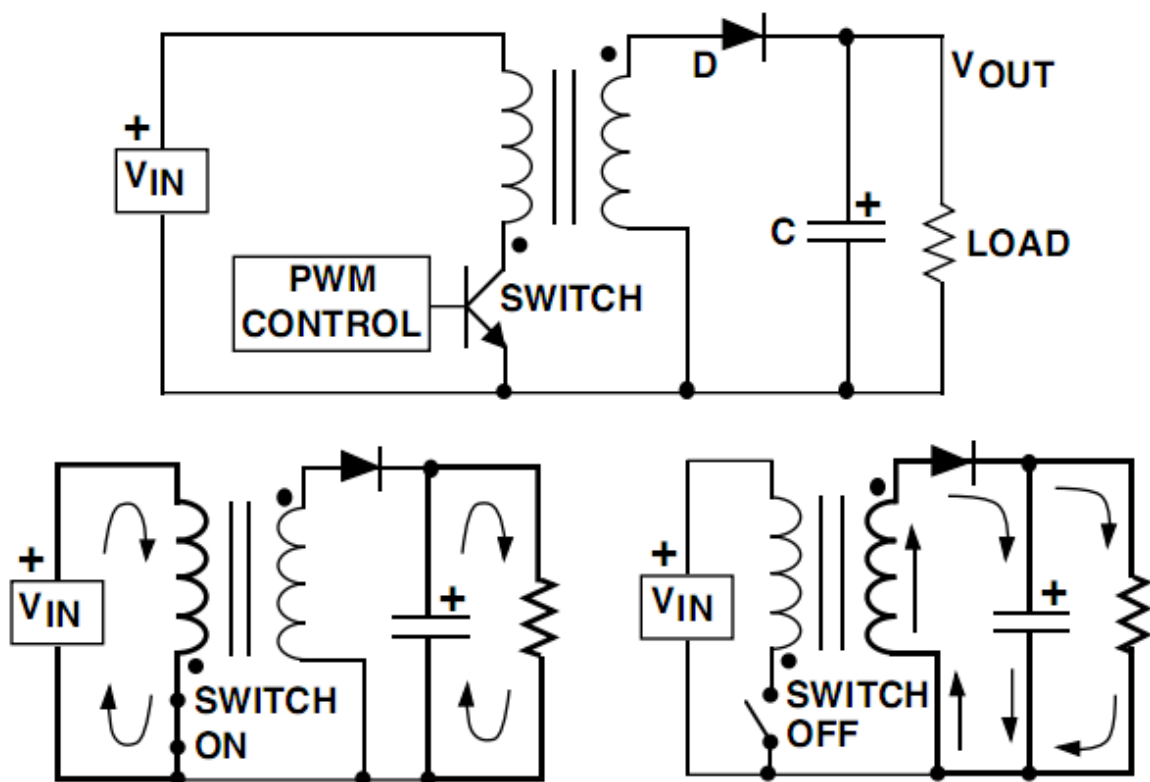


FIGURE 33. SINGLE-OUTPUT FLYBACK REGULATOR

Mạch có cấu tạo bởi 1 van đóng cắt và 1 biến áp xung. Biến áp dùng để truyền công suất từ đầu vào cho đầu ra. Điện áp đầu ra phụ thuộc vào tần số xung PWM và tỉ số truyền của lõi

Như chúng ta đã biết chỉ có dòng điện biến thiên mới tạo được ra từ thông và tạo được ra sức điện động cảm ứng trên các cuộn dây trên biến áp. Do đây là điện áp một chiều nên dòng điện không biến thiên theo thời gian do đó ta phải dùng van đóng cắt liên tục để tạo ra được từ thông biến thiên.

Khi “Switch on ” được đóng thì dòng điện trong cuộn dây sơ cấp tăng dần lên. Cực tính của cuộn dây sơ cấp có chiều như hình vẽ và khi đó bên cuộn dây thứ cấp sinh ra một điện áp có cực tính dương như hình vẽ. Điện áp ở sơ cấp phụ thuộc bởi tỷ số giữa cuộn dây sơ cấp và thứ cấp. Lúc này do diode chặn nên tải được cung cấp bởi tụ C

Khi “Switch Off” được mở ra. Cuộn dây sơ cấp mất điện đột ngột lúc đó bên thứ cấp đảo chiều điện áp qua Diode cung cấp cho tải và đồng thời nạp điện cho tụ

Trong các mô hình của nguồn xung thì nguồn Flybach được sử dụng nhiều nhất bởi tính linh hoạt của nó, cho phép thiết kế được nhiều nguồn đầu ra với 1 nguồn đầu vào duy nhất kể cả đảo chiều cực tính. Các bộ biến đổi kiểu Flyback được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống sử dụng nguồn pin hoặc acqui, có một nguồn điện áp vào duy nhất để cung cấp cho hệ thống cần nhiều cấp điện áp(+5V,+12V,-12V) với hiệu suất chuyển đổi cao. Đặc điểm quan trọng của bộ biến đổi Flyback là pha(cực tính) của biến áp xung được biểu diễn bởi các dấu chấm trên các cuộn sơ cấp và thứ cấp (trên hình vẽ)

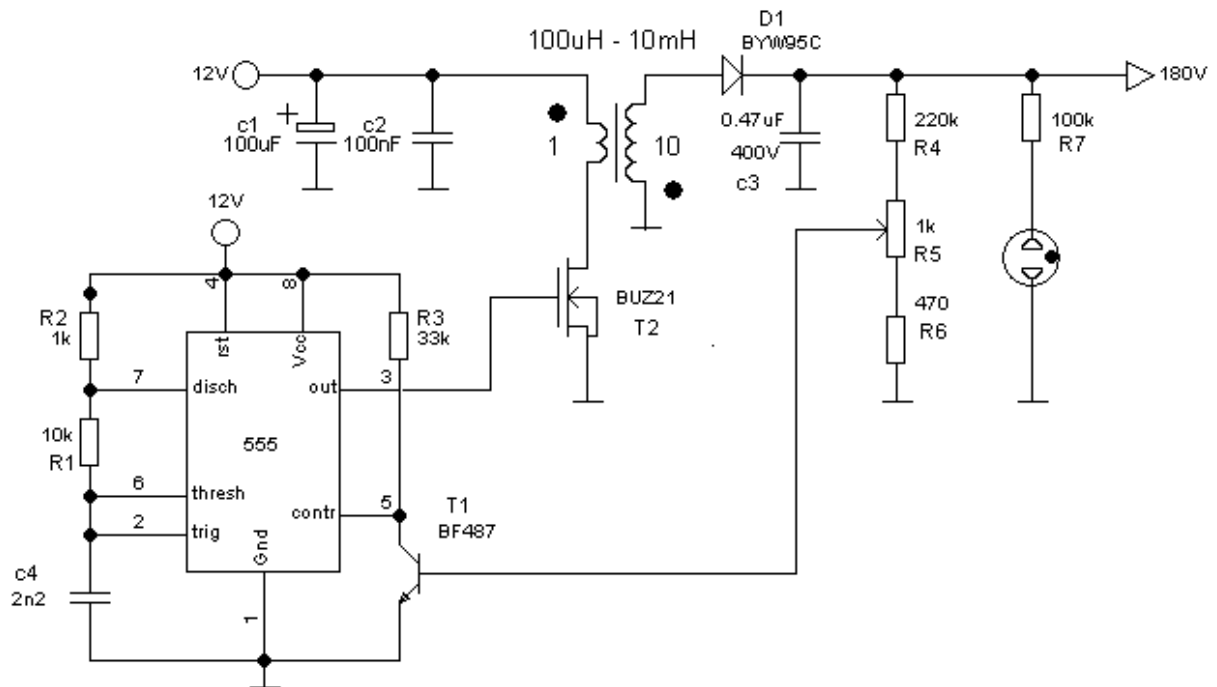
Công thức tính toán cho nguồn dùng Flyback

$$V_{out}=V_{in} \times (n_2/n_1) \times (T_{on} \times f) \times (1/(1-(T_{on} \times f)))$$

với :

- n_2 = cuộn dây thứ cấp của biến áp
- n_1 = Cuộn dây sơ cấp biến áp
- T_{on} = thời gian mở của Q1 trong 1 chu kì
- f là tần số băm xung ($T=1/f = (T_{on} + T_{off})$)

Nguồn xung kiểu Flyback hoạt động ở 2 chế độ : Chế độ liên tục (dòng qua thứ cấp luôn > 0) và chế độ gián đoạn (dòng qua thứ cấp luôn bằng 0)



Đây là mạch nâng áp dùng nguồn chuyển đổi flyback. Điện áp đầu vào 12V cho đầu ra tới 180V. Sử dụng IC555 và có ổn định điện áp đầu ra

1.4 NGUỒN XUNG KIỂU PUSH-PULL

Đây là dạng kiểu nguồn xung được truyền công suất gián tiếp thông qua biến áp, cho điện áp đầu ra nhỏ hơn hay lớn hơn so với điện áp đầu vào. từ một điện áp đầu vào cũng có thể cho nhiều điện áp đầu ra. Nó được gọi là nguồn đẩy kéo

Sơ đồ nguyên lí:

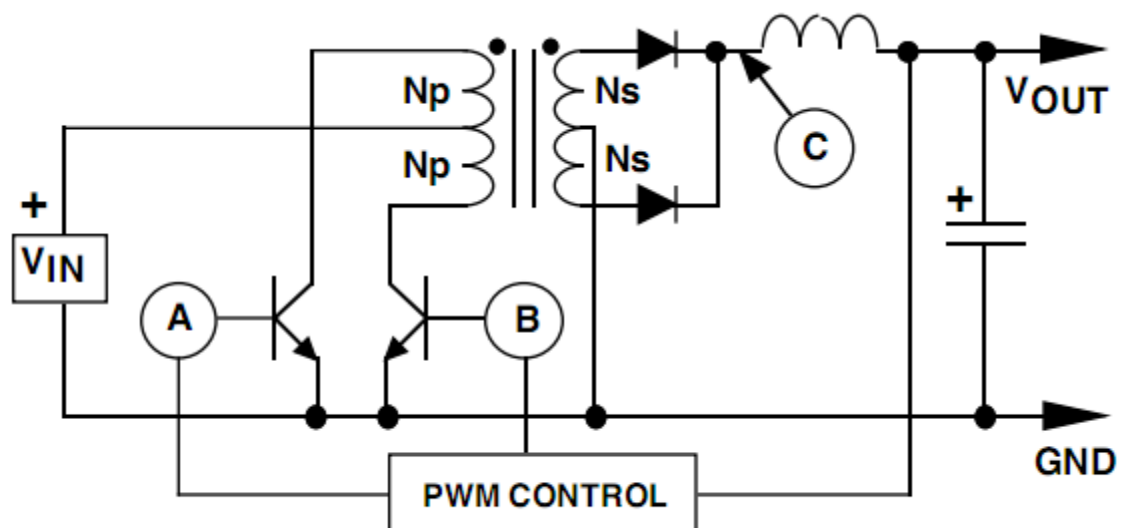


FIGURE 35. PUSH-PULL CONVERTER

Đối với nguồn xung loại Push-Pull này thì dùng tới 2 van để đóng cắt biến áp xung và mỗi van dẫn trong 1 nửa chu kì. Nguyên tắc cũng gần giống với nguồn flyback

Khi A được mở B đóng thì cuộn dây N_p ở phía trên sơ cấp có điện đồng thời cảm ứng sang cuộn dây N_s phía trên ở thứ cấp có điện và điện áp sinh ra có cùng cực tính. Dòng điện bên thứ cấp qua Diode cấp cho tải. Như trên hình vẽ

Khi B mở và A đóng thì cuộn dây N_p ở phía dưới sơ cấp có điện đồng thời cảm ứng sang cuộn dây N_s phía dưới thứ cấp có điện và điện áp này sinh ra cũng cùng cực tính. Như trên hình vẽ.

Với việc đóng cắt liên tục hai van này thì luôn luôn xuất hiện dòng điện liên tục trên tải. Chính vì ưu điểm này mà nguồn Push Pull cho hiệu suất biến đổi là cao nhất và được dùng nhiều trong các bộ nguồn như UPS, Inverter...

Công thức tính cho nguồn Push-pull

$$V_{out} = (V_{in}/2) \times (n_2/n_1) \times f \times (T_{on,A} + T_{on,B})$$

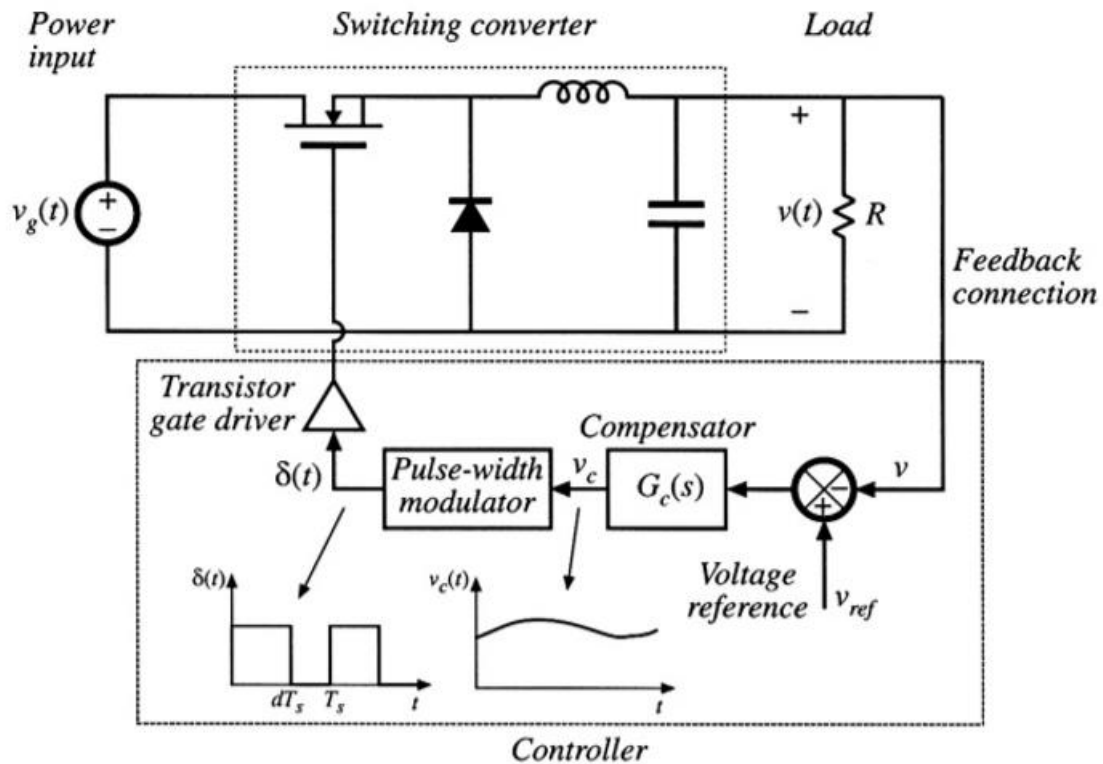
Với :

- V_{out} = Điện áp đầu ra - V
- V_{in} = Điện áp đầu vào – Volts
- $n_2 = 0.5 \times$ cuộn dây thứ cấp. Tức là cuộn dây thứ cấp sẽ quấn sau đó chia 1/2. Đơn vị tính bằng Vòng
- n_1 = Cuộn dây sơ cấp
- f = Tần số đóng cắt – Hertz
- $T_{on,A}$ = thời gian mở Van A – Seconds
- $T_{on,B}$ = Thời gian mở Van B – Seconds

CHƯƠNG 2: CHỌN VÀ PHÂN TÍCH MẠCH LỰC

2) Cấu trúc mạch lực:

Cấu trúc vòng điều khiển điện áp của mạch có dạng chung như sau:



2.1) Tính toán các thông số cơ bản:

Các yêu cầu thiết kế:

- $V_{in} = 17 \text{ V}$
- $V_{out} = 12 \text{ V}$
- $I_{Load} = 2 \text{ A}$
- $f_{sw} = 100 \text{ kHz}$ (tần số chuyển mạch)
- $I_{ripple} = 0.3 \times I_L$

1. Trình bày cấu trúc mạch lực và nguyên tắc phát xung điều khiển.
2. Tính chọn giá trị danh định và lựa chọn cụ thể (nhà SX, mã sản phẩm) tất cả các phần tử trong mạch: Van bán dẫn, tụ điện, điện cảm,... theo các thông số kỹ thuật yêu cầu.
3. Xây dựng chương trình mô phỏng bộ biến đổi kiểm chứng thiết kế.

2.1.1. Tính toán cuộn cảm L

Khi van ở trạng thái ON thì điện áp trên hai đầu cuộn cảm bằng [1]:

$$v_L(t) = V_g - v(t)$$

Hay gần đúng sẽ là:

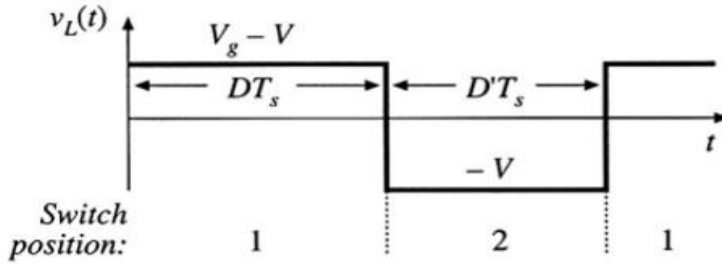
$$v_L(t) = V_g - V \quad (2.2)$$

Trong đó v_L tính theo công thức:

$$v_L = L \frac{di_L(t)}{dt} \quad (2.3)$$

Từ đó ta được:

$$\frac{di_L(t)}{dt} = \frac{v_L(t)}{L} \approx \frac{V_g - V}{L} \quad (2.4)$$



Hình 2.2 Đồ thị điện áp trên cuộn cảm theo thời gian

Khi van ở trạng thái mở thì điện áp cuộn cảm bằng:

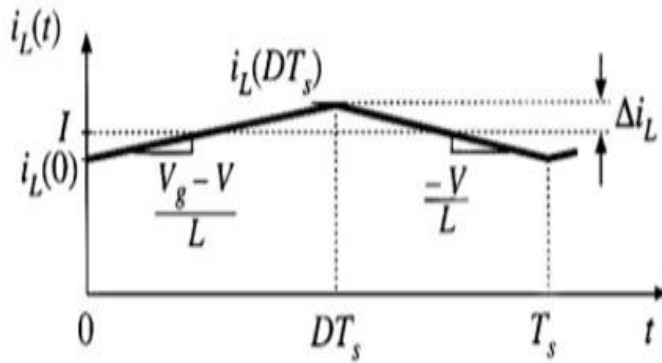
$$v_L(t) = -v(t) \quad (2.5)$$

Với $v(t) \approx V$ thì:

$$v_L(t) = -V \quad (2.6)$$

Suy ra :

$$\frac{di_L(t)}{dt} = -\frac{V}{L} \quad (2.7)$$



Hình 2.3 Đồ thị dòng điện qua cuộn cảm theo thời gian

Dòng điện qua cuộn cảm được miêu tả như Hình 2.3, ta có thể thấy dòng điện $I_{peak} = I + \Delta i_L$, trong đó Δi_L là độ gợn (độ dao động) của dòng điện qua cuộn cảm.

Nên độ gợn peak-to-peak sẽ là $2\Delta i_L$ và bằng :

$$2\Delta i_L = \frac{V_g - V}{L} DT_s \quad (2.8)$$

Suy ra:

$$L = \frac{V_g - V}{2\Delta i_L} DT_s \quad (2.9)$$

Với giá trị Δi_L thường được chọn khoảng $10 \div 20\% I_{out}$.

Ta chọn: $\Delta i_L = 10\% I_{out} = 0,2A$

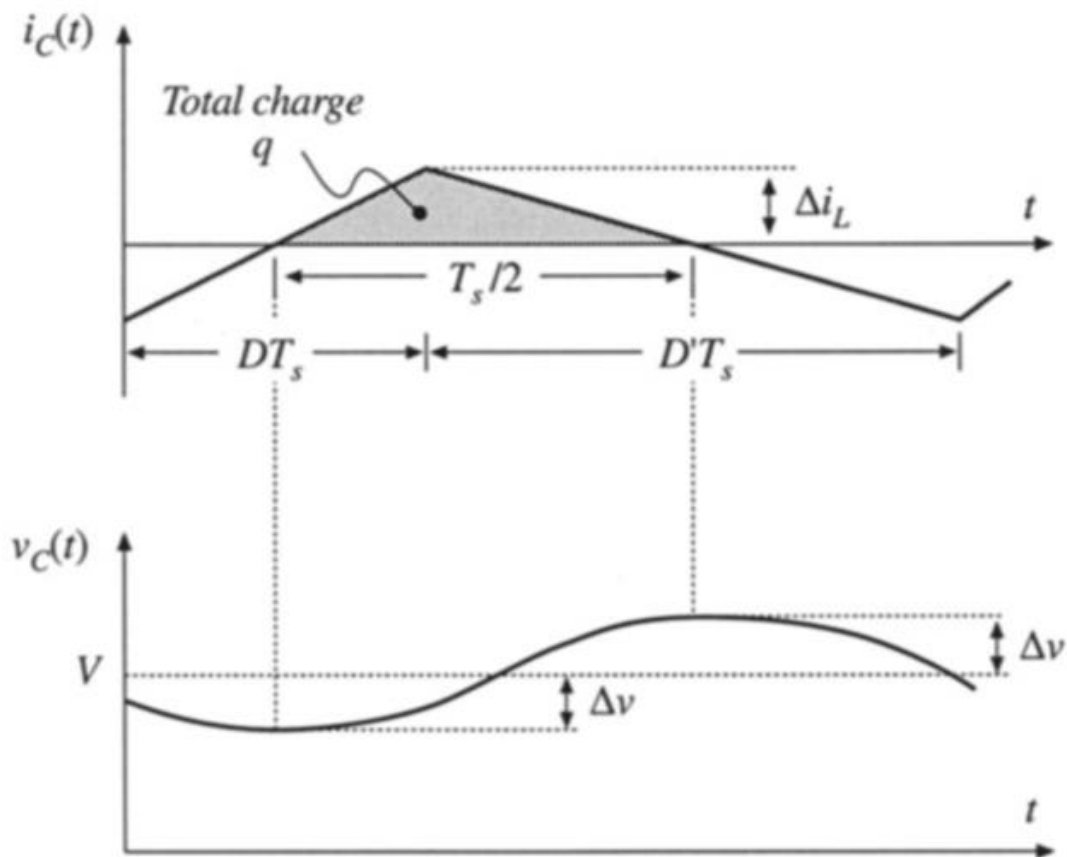
Hệ số đóng cắt của van đóng cắt:

$$D = \frac{V}{V_g} = \frac{12}{17} = 0,7 \quad (2.10)$$

Thay các thông số từ yêu cầu vào $L = \frac{V_g - V}{2\Delta i_L} DT_s$ (2.9), ta tính được giá trị cuộn cảm như sau:

$$L = \frac{V_g - V}{2\Delta i_L} DT_s = \frac{17 - 12}{2 \cdot 0,2 \cdot 100 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,7 = 87 \mu F \quad (2.11)$$

2.1.2 Tính toán tụ C đầu ra



Hình 2.4 Dòng điện và điện áp trên tụ [6]

a) Tính toán giá trị điện dung C của tụ điện

Lượng điện tích trong tụ được tính theo công thức [1]:

$$(\text{change in charge}) = C \cdot (\text{change in voltage}) \quad (2.12)$$

Hình 2.4 mô tả hình dạng dòng điện và điện áp trên tụ, từ đó ta có:

$$q = C(2\Delta v) \quad (2.13)$$

hay:

$$q = \frac{1}{2} V \cdot \Delta i_L \frac{T_s}{2} \quad (2.14)$$

Từ $q = C(2\Delta v)$ (2.13) hay: $q = \frac{1}{2} V \cdot \Delta i_L \frac{T_s}{2}$ (2.14), ta được:

$$\Delta v = \frac{\Delta i_L \cdot T_s}{8C} \quad (2.15)$$

Suy ra :

$$C = \frac{\Delta i_L \cdot T_s}{8\Delta v} \quad (2.16)$$

Chọn độ dao động điện áp: $\Delta v = 1\% V = 1\% \cdot 12 = 0,12 \text{ V}$

Thay các thông số từ yêu cầu vào Suy ra: $C = \frac{\Delta i_L \cdot T_s}{8\Delta v}$ (2.16), ta tính được giá trị điện dung của tụ điện như sau :

$$C = \frac{\Delta i_L \cdot T_s}{8\Delta v} = \frac{1}{8 \cdot 0,012 \cdot 100 \cdot 10^3} \approx 10 \mu F$$

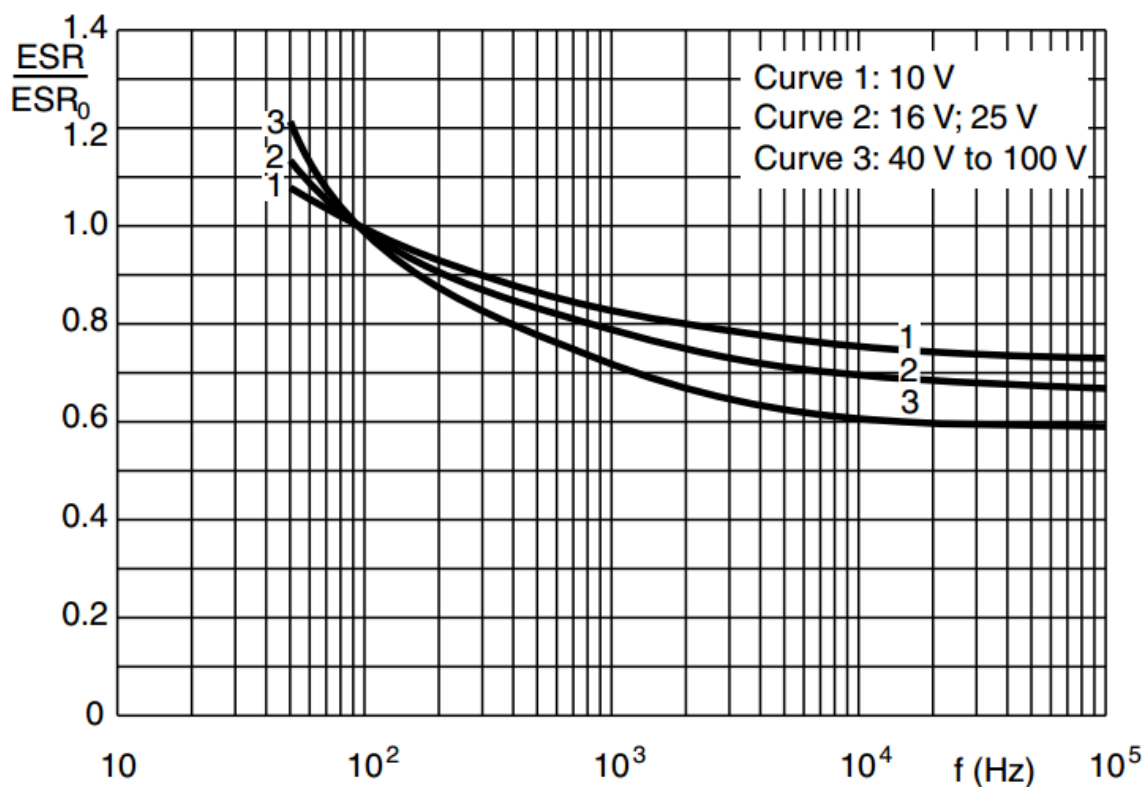
Chọn tụ điện theo catalogue của nhà sản xuất: $C = 4700 \mu F$ (chọn theo kinh nghiệm)

a) Tính toán điện trở R_{ESR} của tụ điện

Sau khi tính toán và chọn được tụ điện C, dựa vào datasheet ta có thể xác định được điện trở R_{ESR} của tụ điện [2]:

Với $f_s = 100 \text{ kHz}$ và R_{ESR_0} là điện trở đo tại nhiệt độ $20^\circ C$ ở tần số 100 Hz . Từ đồ thị trên datasheet (hình 2.5), ta có thể xác định được tỉ số giữa R_{ESR} và R_{ESR_0} khoảng 0,77.

Tra bảng datasheet (bảng 2.1), ta có $R_{ESR_0} = 0,10 \Omega \Rightarrow R_{ESR} \cong 0,0789 \Omega$.



Case Ø D x L = 10 mm x 30 mm to 21 mm x 38 mm
ESR₀ = Typical at 20 °C, 100 Hz

Fig. 10 - Typical multiplier of ESR as a function of frequency

Hình 2.5 Đồ thị thể hiện mối liên hệ giữa điện trở và tần số của tụ điện C [2]

C _R 100 Hz (μF)	NOMIAL CASE SIZE Ø D x L (mm)	CASE CODE	I _r 100 Hz 125°C (mA)	I _{L1} 1 min (μA)	I _{L5} 5 min (μA)	tan δ 100 Hz	ESR 100 Hz (Ω)
100	6.5 x 18	4	130	10	6	0.20	3.50
220	10 x 18	6	240	17	8.4	0.18	1.30
470	10 x 25	7	380	32	13	0.18	0.61
470	12.5 x 30	01	550	32	13	0.16	0,54
680	12.5 x 30	01	640	45	18	0.20	0,47
1000	15 x 30	02	830	64	24	0.20	0.32
1500	18 x 30	03	1100	94	34	0.22	0.23
2200	18 x 30	03	1190	136	48	0.26	0.19
3300	18 x 38	04	1550	202	70	0.27	0.13
4700	21 x 38	05	1700	286	90	0.30	0.10

Bảng 2.1 Bảng tra datasheet về tụ điện [2]

2.1.3 . Chọn van bán dẫn

a) Van đóng cắt

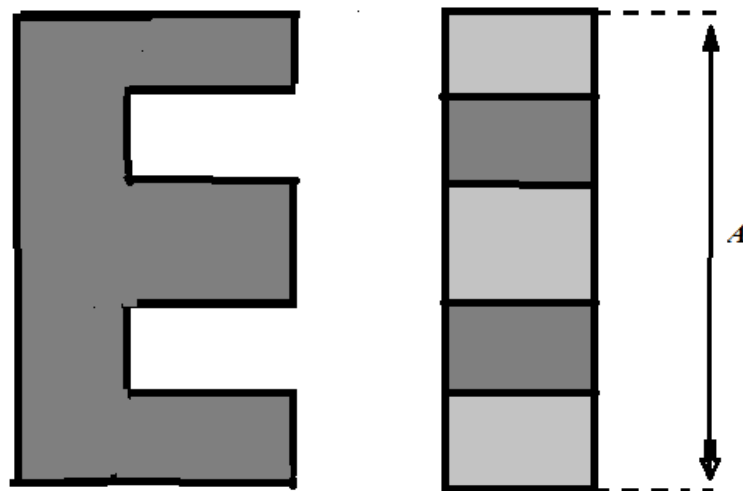
chọn van đóng cắt là MOSFET tần số cao . Dòng $I_L=I_{out}=1A$ nên chọn MOSFET I540N

có thể chịu đựng dòng tối đa là 33A , điện áp tối đa là 100V.

b) Diode

Chọn loại diode tần số cao Schottky SB540 chịu được dòng 5A và điện áp 40V.

2.1.4. Thiết kế cuộn cảm dung phương pháp $K_g[1]$



Hình 2.6 Hình dạng lõi thép của cuộn kháng

Với $L = 87\mu H$ như đã tính toán ở trên

Tính toán hệ số K_g :

$$K_g \geq \frac{\rho L^2 I_{max}^2}{B_{max}^2} \cdot 10^8 (cm^5) \quad (2.18)$$

Giả sử : $R=1\Omega$.

Với các thông số : $\rho = 1,724 \cdot 10^6$ (chọn dây đồng)

$$I_{max}=2A$$

$$B_{max}=0,25 \text{ T}$$

$$K_u=0,6$$

$$\text{Thay vào } K_g \geq \frac{\rho L^2 I_{max}^2}{B_{max}^2 R K_u} \cdot 10^8 (\text{cm}^5) \quad (2.18)$$

$$K_g \geq \frac{1.724 \cdot 10^{-6} \cdot (56 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 2^2}{0.25^2 \cdot 1.0,6}$$

$$\text{ta được : } K_g \approx 1,39818 \cdot 10^{-3}$$

Dựa vào Bảng 2.2 Bảng chọn lõi thép , chọn lại giá trị $K_g = 1,39818 \cdot 10^{-3}$ và chọn lõi thép EE19 có các thông số như sau:

$$\text{Diện tích mặt cắt trụ giữa: } A_c = 0,19 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diện tích cửa sổ: } W_A = 0,19 \text{ cm}^2$$

$$\text{Độ dài trung bình 1 vòng dây: } MLT = 3,4 \text{ cm}$$

$$\text{Hệ số từ thẩm: } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

Bảng 2.2. Bảng chọn lõi thép

Core type (A) (mm)	Geometrical constant K_g cm^5	Geometrical constant K_{gfe} cm^x	Cross-section al area A_c (cm^2)	Bobbin windi ng area W_A (cm^2)	Mean length h per turn MLT (cm)	Magnetic path length l_m	Core weight (g)
EE12	$0.731 \cdot 10^{-3}$	$0.458 \cdot 10^{-3}$	0.14	0.085	2.28	2.7	2.34
EE16	$2.02 \cdot 10^{-3}$	$0.842 \cdot 10^{-3}$	0.19	0.190	3.40	3.45	3.29
EE19	$4.07 \cdot 10^{-3}$	$1.3 \cdot 10^{-3}$	0.23	0.284	3.69	3.94	4.83
EE22	$8.26 \cdot 10^{-3}$	$1.8 \cdot 10^{-3}$	0.41	0.196	3.99	3.96	8.81
EE30	$85.7 \cdot 10^{-3}$	$6.7 \cdot 10^{-3}$	1.09	0.476	6.60	5.77	32.4
EE40	0.209	$11.8 \cdot 10^{-3}$	1.27	1.10	8.50	7.70	50.3
EE50	0.909	$28.4 \cdot 10^{-3}$	2.26	1.78	10.0	9.58	116
EE60	1.38	$36.4 \cdot 10^{-3}$	2.47	2.89	12.8	11.0	135
EE70/68/ 19	5.06	$127 \cdot 10^{-3}$	3.24	6.75	14.0	9.0	280