

2-5 Penukar Buck -boost

Kendalian penukar buck-boost. Penukar buck-boost adalah penukar langkah naik/turun yang menghasilkan voltan keluaran lebih tinggi atau lebih rendah daripada voltan masukannya. Litar ini, sebenarnya, menggabungkan ciri litar buck dan litar boost dalam sebuah litar yang tersendiri. Walau bagaimanapun magnitud voltan keluaran bagi litar buck-boost adalah negatif. Sebagaimana litar buck dan boost, litar ini juga mengandungi empat komponen utama iaitu suis aktif, diod, pearly dan pemuat.

Rajah 2-5 menunjukkan penukar buck-boost. Semasa suis on, diod pincang balikan dan tenaga dari masukan dihantar ke pearly. Pada ketika ini, tenaga ke beban disalurkan oleh pemuat. Semasa suis off, arus pearly akan mengalir menerusi diod, memindahkan sebahagian tenaga yang tersimpan ke beban. Perhatikan bahawa sumber bekalan tidak pernah bersambung secara langsung kepada beban. Apa yang berlaku adalah tenaga dari sumber akan disalurkan ke pearly semasa suis on dan dipindahkan ke beban apabila suis off. Oleh sebab itulah penukar ini juga dikenali sebagai penukar tak langsung. Sebagaimana litar buck dan boost, litar ini juga mempunyai dua ragam pengaliran; ragam pengaliran berterusan dan ragam pengaliran tak berterusan, bergantung kepada keadaan arus pearly. Arus pearly yang tidak jatuh ke sifar menghasilkan ragam pengaliran berterusan dan arus pearly yang jatuh ke sifar untuk beberapa ketika menghasilkan ragam pengaliran tak berterusan.

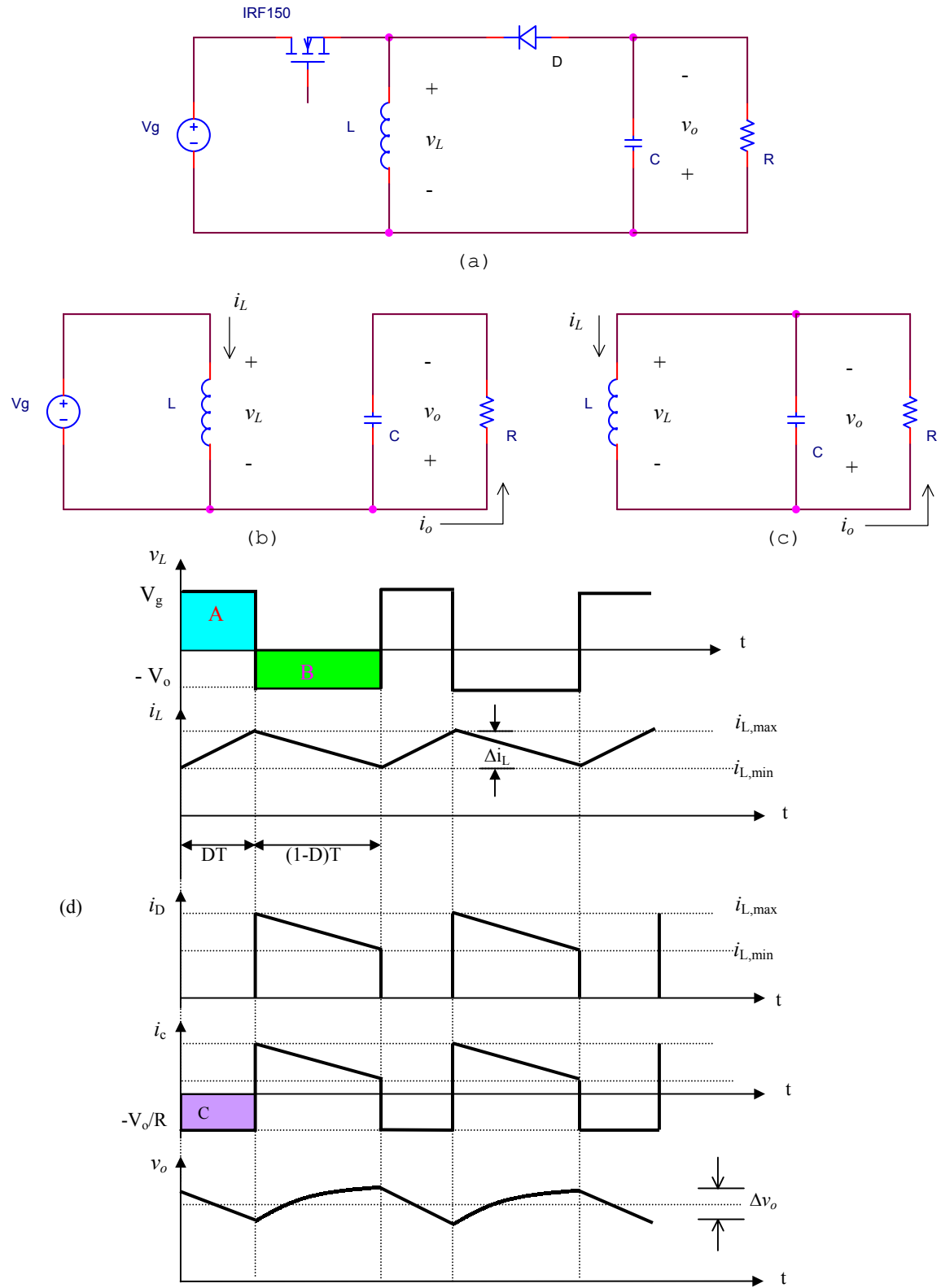
2-5-1 Analisis litar penukar buck-boost

Analisis untuk penukar buck-boost berasaskan kepada anggapan berikut:

1. Kendalian litar dalam keadaan mantap.
2. Arus pearly berterusan (ragam pengaliran berterusan).
3. Pemuat adalah amat besar sehingga voltan keluaran boleh dianggap malar pada nilai V_o . Ini adalah anggapan tertib pertama; anggapan tertib berikutnya akan mempertimbangkan nilai terhingga bagi pemuat bagi menilai riak pada voltan keluaran.
4. Tempoh pensuisan adalah T ; suis berkeadaan tertutup untuk selang masa DT dan berkeadaan terbuka untuk selang masa $(1-D)T$.
5. Komponen-komponen litar adalah unggul.

Mendapatkan hubungan purata voltan keluaran-masukan, V_o/V_g . Dalam keadaan mantap, gelombang v_L akan berulang dari satu kitar ke kitar yang berikutnya. Oleh itu kamiran voltan v_L terhadap masa untuk selang masa T adalah bersamaan dengan sifar.

$$\int_0^T v_L dt = \int_0^{t_{on}} v_L dt + \int_0^{t_{off}} v_L dt = 0$$
$$V_g \times DT + (-V_o) \times (1-D)T = 0$$



Rajah 2-5 (a) Litar penukar buck-boost (b) litar semasa suis on untuk selang masa DT (c) litar semasa suis off untuk selang masa $(1-D)T$ (d) gelombang-gelombang penting.

$$V_o = \frac{D}{1-D} V_g \quad (2-9a)$$

atau

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{D}{1-D} \quad (2-9b)$$

Di samping hubungan hubungan antara voltan keluaran purata dengan voltan masukan, kita juga boleh mendapatkan hubungan antara arus keluaran dengan arus masukan purata. Dengan menganggap litar tanpa kehilangan, $P_g = P_o$,

oleh itu

$$V_g I_g = V_o I_o$$

dan

$$\frac{I_o}{I_g} = \frac{V_g}{V_o} = \frac{(1-D)}{D} \quad (2-10)$$

Perlu juga diingat bahawa untuk litar penukar buck-boost,

$$I_L = I_g + I_o \quad (2-11)$$

Untuk litar penukar buck-boost dalam ragam pengaliran berterusan, kita dapati bahawa voltan keluaran berubah secara tidak linear dengan kitar tugas suis untuk suatu nilai voltan masukan. Ia tidak bergantung kepada parameter litar yang lain selain kitar tugas suis.

Mendapatkan persamaan riak arus pearuh, Δi_L Riak puncak ke puncak bagi arus aruhan boleh diperolehi melalui

$$\begin{aligned} \Delta i_L &= \frac{1}{L} \int_0^{DT} v_L dt \\ &= \frac{1}{L} [\text{luas di bawah graf } v_L \text{ (luas A)}] \\ &= \frac{1}{L} V_g \times DT \end{aligned} \quad (2-12a)$$

atau

$$\Delta i_L = \frac{1}{L} (V_o) \times (1-D)T \quad (2-12b)$$

Daripada Δi_L kita boleh dapatkan $i_{L,\min}$ dan $i_{L,\max}$.

$$i_{L,\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} \quad (2-13a)$$

$$i_{L,\max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} \quad (2-13b)$$

Untuk mendapatkan nilai arus peraruh purata, kita boleh mendapatkannya dengan menggunakan hubungan persamaan (2-10) dan (2-11)

$$I_o = (1-D)I_L$$

maka

$$I_L = \frac{I_o}{(1-D)} = \frac{V_o}{(1-D)R} \quad (2-14)$$

Mendapatkan riak voltan keluaran, Δv_o . Seperti yang dinyatakan dalam anggapan sebelum ini, riak pada voltan keluaran, sama dengan riak voltan pemuat, boleh dianggarkan dengan menggunakan maklumat arus pemuat i_c .

$$\begin{aligned} \Delta v_o &= \Delta v_c = \frac{1}{C} \int i_c dt \\ &= \frac{1}{L} [\text{luas di bawah graf } i_c] \\ &= \frac{1}{C} \times \frac{V_o}{R} \times DT \end{aligned}$$

maka

$$\Delta v_o = \frac{1}{C} \times \frac{V_o}{R} \times DT \quad (2-15)$$

Perhatikan bahawa, bagi tujuan bukan penjumlahan luas di bawah graf i_c diambil sebagai bernilai positif.

Contoh 2-5-1-1 Penukar Buck-boost (analisis)

Penukar boost mempunyai parameter seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 V_g &= 12V \\
 V_o &= 9V \\
 L &= 100\mu\text{H} \\
 C &= 750\mu\text{F} \\
 f &= 25\text{kHz} \\
 R &= 3\Omega
 \end{aligned}$$

Anggap komponen litar adalah unggul dan C adalah amat besar, kira (a) kitar tugas suis D , (b) nilai pearuh minimum dan maksimum, dan (c) riak voltan keluaran. Lakarkan gelombang yang berkaitan dan labelkan. Kendalian dalam ragam pengaliran berterusan.

Penyelesaian (a) kitar tugas, D diperoleh daripada persamaan (2-9a)

$$D = \frac{V_o}{V_o + V_g} = \frac{9}{9 + 12} = 0.429$$

(b) riak arus pearuh diperoleh dengan menggunakan persamaan (2-12a)

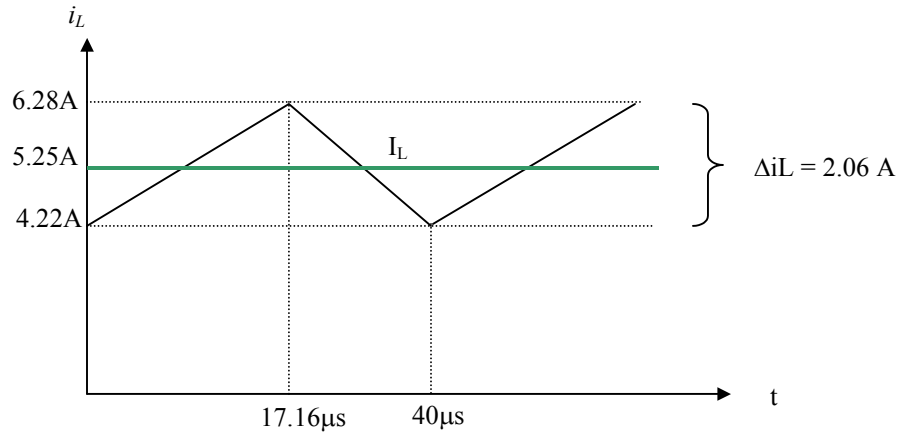
$$\begin{aligned}
 \Delta i_L &= \frac{1}{L} V_g \times DT \\
 &= \frac{1}{100 \times 10^{-6}} 12 \times 0.429 \times 40 \times 10^{-6} = 2.06A
 \end{aligned}$$

Arus pearuh purata diperoleh melalui persamaan (2-14)

$$I_L = \frac{V_o}{(1-D)R} = \frac{9}{(1-0.429)3} = 5.25A$$

Arus pearuh minimum dan maksimum diperoleh melalui persamaan (2-13a) dan (2-13b)

$$\begin{aligned}
 i_{L,\min} &= I_L - \frac{\Delta i_L}{2} \\
 &= 5.25 - \frac{2.06}{2} = 4.22A \\
 i_{L,\max} &= I_L + \frac{\Delta i_L}{2} \\
 &= 5.25 + \frac{2.06}{2} = 6.28A
 \end{aligned}$$



Perhatikan bahawa arus pearuh minimum adalah positif, ini mengesahkan kendalian dalam ragam pengaliran berterusan.

(c) Riak voltan keluaran boleh dikira berdasarkan pers. (2-15)

$$\begin{aligned}\Delta v_o &= \frac{1}{C} \times \frac{V_o}{R} \times DT \\ &= \frac{1}{750 \times 10^{-6}} \times \frac{9}{3} \times (0.429)(40 \times 10^{-6}) = 0.069V\end{aligned}$$

Perhatikan bahawa Δv_o adalah kecil, mengesahkan anggapan bahawa voltan keluaran malar kerana C yang besar.

Contoh 2-5-1-2 Penukar buck-boost (reka bentuk)

Sebuah penukar buck-boost dikehendaki untuk menghasilkan voltan keluaran $V_o = 24V$ daripada sebuah bateri $V_g = 12V$. Rintangan setara beban $R = 6 \Omega$ dan frekuensi pensuisan $f_s = 200 \text{ kHz}$.

- Dapatkan nilai kitar tugas, D dan arus purata pearuh, I_L .
- Kira nilai L supaya riak puncak-ke-puncak bagi arus pearuh, Δi_L , bersamaan dengan 20% daripada arus purata pearuh, I_L .
- Pilih C supaya riak puncak-ke-puncak voltan keluaran, Δv_o adalah kurang 1% daripada voltan keluaran V_o .

Penyelesaian (a) Daripada hubungan $\frac{V_o}{V_g} = \frac{D}{1-D}$

$$\therefore D = \frac{V_o}{V_o + V_g} = \frac{24}{24 + 12} = 0.667$$

$$I_o = \frac{V_o}{R} = \frac{24}{6} = 4 A$$

$$\text{Diketahui } I_o = (1 - D)I_L$$

$$\therefore I_L = \frac{I_o}{(1 - D)} = \frac{4}{(1 - 0.667)} = 12 A$$

(b) Diberi Δi_L bersamaan dengan 20% daripada arus purata pearuh.

$$\therefore \Delta i_L = 0.2 \times 12 A = 2.4 A$$

Diketahui bahawa

$$\Delta i_L = \frac{1}{L} V_g \times DT$$

$$L = \frac{1}{\Delta i_L} V_g \times DT = \frac{1}{2.4} 12 \times 0.667 \times 5 \times 10^{-6} = 16.675 \mu H$$

(c) Diberi Δv_o adalah kurang 1% daripada V_o .

$$\therefore \Delta v_o \leq 0.01 \times 24 V = 0.24 V$$

$$\Delta v_o = \frac{1}{C} \times \frac{V_o}{R} \times DT$$

$$C = \frac{1}{\Delta v_o} \times \frac{V_o}{R} \times DT = \frac{1}{0.24} \times \frac{24}{6} \times 0.667 \times (5 \times 10^{-6}) = 55.58 \mu F$$

Nilai C yang lebih besar daripada 55.58 μF perlu dipilih.

Glosari

Penukar DC-DC – DC-DC Converter

Pemenggal – Chopper

Penukar buck-boost – Buck-boost Converter

Ragam Pengaliran Berterusan – Continuous Conduction Mode (CCM)

Ragam Pengaliran Tak Berterusan – Discontinuous Conduction Mode (DCM)

Pearuh – Inductor

Pemuat – Capacitor

Penapis lulus rendah – Low pass filter

Riak – Ripple

Anggaran tertib pertama – First order approximation

Anggaran tertib kedua – Second order approximation