

2-4 Penukar Boost

Kendalian penukar boost. Penukar boost adalah penukar langkah naik yang menghasilkan voltan keluaran lebih tinggi daripada voltan masukannya. Sebagaimana litar buck, litar ini juga mengandungi tiga komponen utama iaitu suis, diod dan pearuh.

Rajah 2-4 menunjukkan penukar boost. Semasa suis on, diod pincang balikan dan tenaga dari masukan dihantar ke pearuh. Pada ketika ini, tenaga ke beban disalurkan oleh pemuat. Semasa suis off, arus pearuh akan mengalir menerusi diod, memindahkan sebahagian tenaga yang tersimpan ke beban. Sebagaimana litar buck, litar ini juga mempunyai dua ragam pengaliran; ragam pengaliran berterusan dan ragam pengaliran tak berterusan, bergantung kepada keadaan arus pearuh. Arus pearuh yang tidak jatuh ke sifar menghasilkan ragam pengaliran berterusan dan arus pearuh yang jatuh ke sifar untuk beberapa ketika menghasilkan ragam pengaliran tak berterusan.

2-4-1 Analisis litar penukar boost

Analisis untuk penukar boost berasaskan kepada anggapan berikut:

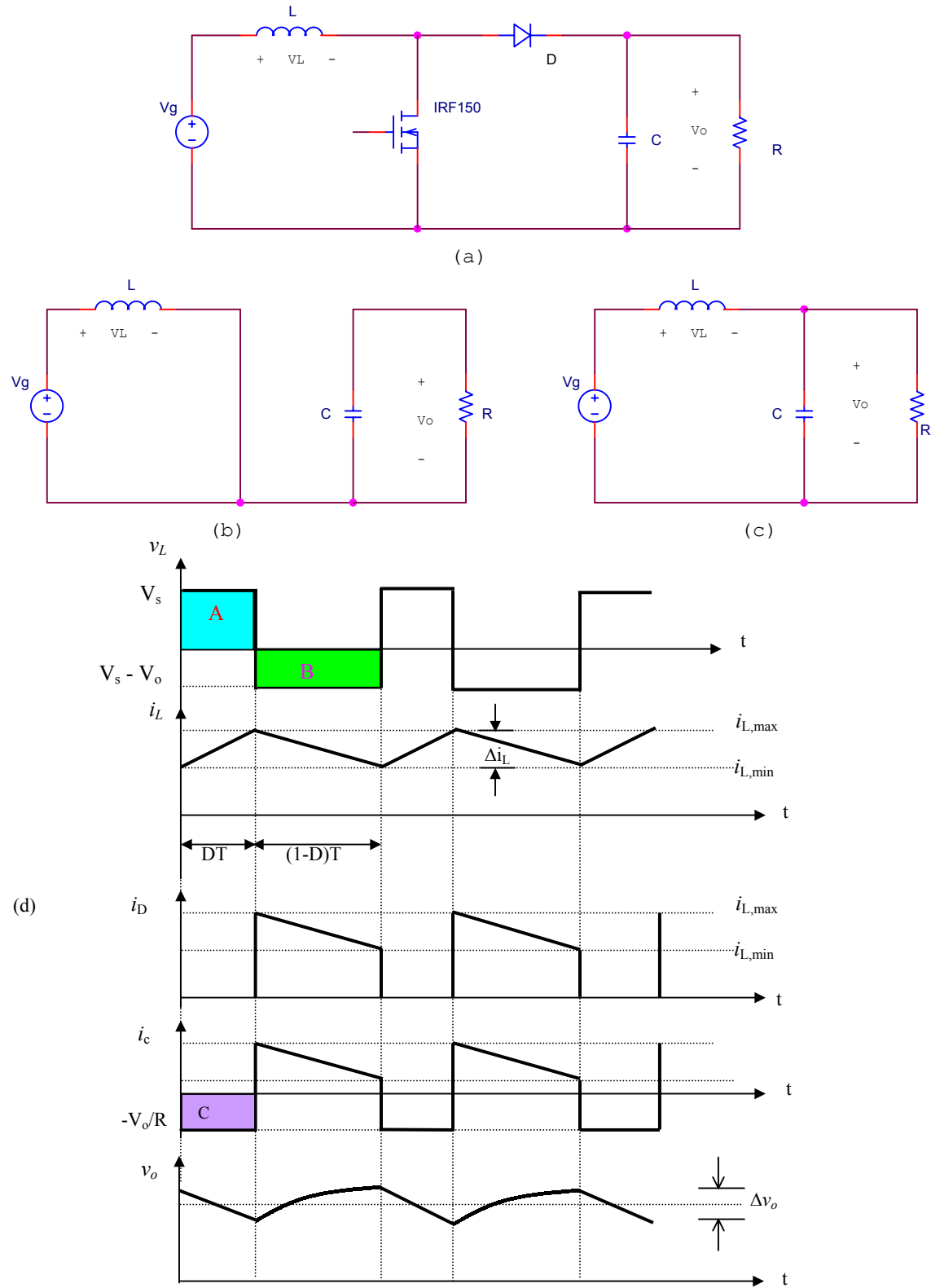
1. Kendalian litar dalam keadaan mantap.
2. Arus pearuh berterusan (ragam pengaliran berterusan).
3. Pemuat adalah amat besar sehingga voltan keluaran boleh dianggap malar pada nilai V_o . Ini adalah anggapan tertib pertama; anggapan tertib berikutnya akan mempertimbangkan nilai terhingga bagi pemuat 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.

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

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

atau



Rajah 2-4 (a) litar penukar buck (b) litar semasa suis on untuk selang masa DT (c) litar semasa suis off untuk selang masa $(1-D)T$ (d) gelombang-gelombang penting.

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

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

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

Perlu juga diingat bahawa untuk litar penukar boost,

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

Untuk litar penukar 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

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

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 pearuh 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 ic.

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

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 2-4-1-1 Penukar Boost (analisis)

Penukar boost mempunyai parameter seperti berikut:

$$\begin{aligned} V_g &= 12V \\ V_o &= 30V \\ L &= 120\mu\text{H} \\ C &= 150\mu\text{F} \\ f &= 25\text{kHz} \\ R &= 50\Omega \end{aligned}$$

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)

$$D = 1 - \frac{V_g}{V_o} = 1 - \frac{12}{30} = 0.6$$

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

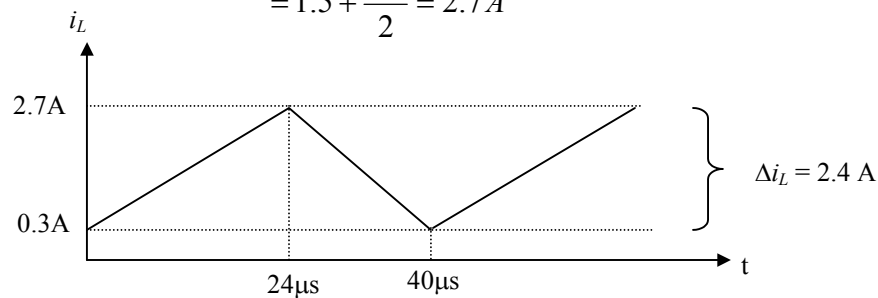
$$\begin{aligned} \Delta i_L &= \frac{1}{L} V_g \times DT \\ &= \frac{1}{120 \times 10^{-6}} 12 \times 0.6 \times 40 \times 10^{-6} = 2.4 A \end{aligned}$$

Arus pearuh purata diperoleh melalui persamaan (2-14)

$$I_L = \frac{V_o}{(1-D)R} = \frac{30}{(1-0.6)50} = 1.5 A$$

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

$$\begin{aligned} i_{L,\min} &= I_L - \frac{\Delta i_L}{2} \\ &= 1.5 - \frac{2.4}{2} = 0.3 A \\ i_{L,\max} &= I_L + \frac{\Delta i_L}{2} \\ &= 1.5 + \frac{2.4}{2} = 2.7 A \end{aligned}$$



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

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

$$\begin{aligned}\Delta v_o &= \frac{1}{C} \times \frac{V_o}{R} \times DT \\ &= \frac{1}{150 \times 10^{-6}} \times \frac{30}{50} \times (0.6)(40 \times 10^{-6}) = 0.096V\end{aligned}$$

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

Contoh 2-4-1-2 Penukar boost (reka bentuk)

Sebuah penukar boost dikehendaki untuk menghasilkan voltan keluaran $V_o = 12V$ daripada sebuah bateri $V_g = 6V$. Rintangan setara beban $R = 4 \Omega$ 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 0.02V.

Penyelesaian

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

$$\therefore D = \frac{V_o - V_g}{V_o} = \frac{12 - 6}{12} = 0.5$$

$$I_o = \frac{V_o}{R} = \frac{12}{4} = 3A$$

Diketahui $I_o = (1-D)I_L$

$$\therefore I_L = \frac{I_o}{(1-D)} = \frac{3}{(1-0.5)} = 6A$$

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

$$\therefore \Delta i_L = 0.2 \times 6A = 1.2A$$

Diketahui bahawa

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

$$L = \frac{1}{\Delta i_L} V_g \times DT = \frac{1}{1.2} 6 \times 0.5 \times 5 \times 10^{-6} = 12.5 \mu H$$

(c) Diberi Δv_o adalah 0.02V.

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

$$C = \frac{1}{\Delta v_o} \times \frac{V_o}{R} \times DT = \frac{1}{0.02} \times \frac{12}{4} \times 0.5 \times (5 \times 10^{-6}) = 375 \mu F$$

Glosari

Penukar DC-DC – DC-DC Converter

Pemenggal – Chopper

Penukar boost – 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