

REKABENTUK PEMENGKAL ARUS TERUS 5V, 10A

Oleh

Mohamad Farid bin Osman

Disertasi ini dikemukakan kepada

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

**Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan
untuk ijazah dengan kepujian**

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN ELEKTRIK)

**Pusat Pengajian Kejuruteraan
Elektrik dan Elektronik
Universiti Sains Malaysia**

Mac 2005

ABSTRAK

Matlamat utama projek ini adalah untuk merekabentuk satu litar pemenggal arus terus untuk aplikasi 5V, 10A. Fungsi litar ini adalah untuk menukar satu sumber masukan voltan arus terus kepada keluaran voltan arus terus. Voltan masukan diantara 10V hingga 48V boleh digunakan. Tetapi dalam projek ini, voltan masukan 10V dipilih. Projek ini juga mensasarkan kecekapan litar melebihi 80%. Analisis litar dijalankan menggunakan perisian Psim bagi menguji litar yang telah direkabentuk. Di antara analisis-analisis yang dijalankan adalah mengubah nilai-nilai parameter seperti frekuensi pensuisan dan kitar tugas agar sesuai dengan keperluan litar. Rekabentuk litar pensuisan pula menggunakan teknik PWM yang mampu menghasilkan isyarat dengan kadar tempoh pensuisan yang pantas. Untuk memastikan litar pemenggal beroperasi pada kecekapan yang tinggi, frekuensi pensuisan yang baik ditentukan. Litar bekalan kuasa yang menjadi masukan voltan arus terus juga direkabentuk. Litar bekalan kuasa ini mengandungi penerus titi yang berfungsi sebagai penukar voltan arus ulang-alik kepada voltan arus terus. Keseluruhan projek menggunakan pendekatan dalam bidang elektronik kuasa.

ABSTRACT

The main objective of this project is to design dc converter or well-known as dc chopper for 5V, 10A application. The use of chopper circuit is to convert an unregulated dc voltage from the supply to the regulated dc voltage. The input voltage can be varied from 10V to 36V. Anyway, 10V input voltage has been choose. This project should be design with high efficiency which is 80%. By using the Pesim, analysis of chopper circuit has been made. This approach is used to determine whether the circuit was design correctly and having a good condition. Analysis has been made by varying the switching frequency which will result in good efficiency due to no power dissipated at switch used. When switch is use, control circuit is required to control the switch. In this project, PWM technique is used. It can switch the transistor very fast. That's why this technique is used. In addition, this technique will ensure good performance. To ensure that the chopper circuit operated at high efficiency, the appropriate frequency should be determined. In this project, 20kHz frequency with 50us for each switching cycle have been choose. Power supply for chopper circuit is also designed. It contains a rectifier circuit which is function to convert ac voltage from the main power supply to dc voltage. The theory in power electronics are widely used in this project.

PENGHARGAAN

Bersyukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurni-Nya memberikan kekuatan dari segi rohani dan jasmani untuk menyiapkan projek tahun akhir ini. Semoga usaha ini mendapat keberkatan dan keredhaan-Nya.

Jutaan terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam menyiapkan projek tahun akhir ini. Kepada penyelia, Prof. Madya Dr. Soib bin Taib yang memberi tunjuk ajar dan penerangan yang jelas dalam melaksanakan projek tahun akhir yang ini. Ucapan terima kasih juga buat keluarga yang sentiasa bersama-sama saya memberikan dorongan kepada saya dalam menjayakan projek tahun ini. Ribuan terima kasih kepada juruteknik-juruteknik makmal elektronik dan makmal kuasa di atas kerjasama dalam penyediaan komponen dan penggunaan alatan di dalam makmal. Selain dari itu, ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada semua tenaga pengajar di Pusat Pengajian Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik dan semua staf sokongan yang terlibat secara langsung atau pun tidak langsung. Saya juga merakamkan ucapan terima kasih kepada rakan-rakan diatas sokongan, kerjasama dan membantu saya menyiapkan projek tahun akhir ini.

Semoga dengan penglibatan mereka ini mendapat berkat dari Yang Maha Esa. Segala jasa baik mereka amatlah dihargai.

Terima kasih.

KANDUNGAN

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PENGHARGAAN	iii
JADUAL ISI KANDUNGAN	iv

BAB 1 PENGENALAN

1.1	Pengenalan	1
1.2	Objektif	2
1.3	Skop Dan Pendekatan Projek	3
1.4	Struktur Projek	4

BAB 2 KAJIAN ILMIAH

2.1	Analisis Keadaan Mantap Pemenggal Buck-boost	6
2.2	Pemenggal Buck-boost	7
2.2.1	Prinsip Operasi Pemenggal Buck-boost	8
2.2.2	Analisis Pemenggal Buck-boost	10
2.2.3	Analisis Arus Berterusan	12
2.2.4	Analisis Arus Tidak Berterusan	13
2.3	Pensuisan Suis	14
2.3.1	Teknik pensuisan	15
2.3.2	Pemodulatan Lebar Denyut (PWM)	16
2.4	Bekalan Kuasa	17

BAB 3	REKABENTUK LITAR	
3.1	Spesifikasi Pemenggal Buck-boost	20
3.2	Parameter-parameter Litar Pemenggal	21
3.3	Simulasi	22
3.4	Analisis voltan terhadap kitar tugas.	25
3.5	Litar PWM	27
3.6	Pemacu MOSFET	29
3.7	Bekalan Kuasa	31
BAB 4	KEPUTUSAN	
4.1	Litar Bekalan Kuasa	34
4.2	Litar Pensuisan	35
4.2	Litar Pemenggal Buck-boost	37
BAB 5	KESIMPULAN	
5.1	Perbincangan	41
5.2	Cadangan	42
5.3	Kesimpulan	43
RUJUKAN		
LAMPIRAN		

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Pemenggal arus terus ialah penukar voltan arus terus. Ia digunakan samada untuk meningkatkan atau menurunkan voltan arus terus pada keluaran daripada suatu sumber voltan arus terus. Pemenggal arus terus digunakan secara meluas dalam bidang industri. Dalam bidang automobil elektrik, pemenggal arus terus digunakan sebagai pengawal motor, kereta troli dan trak angkat susun. Pemenggal boleh digunakan untuk mengembalikan semula tenaga kepada sumber motor arus terus semasa membrek. Ini akan menjimatkan tenaga dalam sistem kenderaan yang selalu membrek. Ia berupaya menukarkan suatu sumber voltan arus terus yang tetap kepada suatu nilai voltan arus terus yang berbeza-beza. Ini dapat dilakukan dengan mengubah nilai kitar tugasnya.

Seperti pengubah (transformer), pemenggal arus terus boleh beroperasi untuk penggunaan langkah-turun atau langkah-naik. Antara kebaikan menggunakan pemenggal arus ialah kerana ia mempunyai kawalan operasi yang licin dan mempunyai kecekapan litar yang tinggi dan mempunyai sambutan dinamik yang pantas. Terdapat pelbagai jenis pemenggal yang boleh diklasifikasikan berdasarkan fungsi setiap unit. Antara topologi-topologi yang digunakan ialah buck (langkah turun), boost (langkah naik), buck-boost (kombinasi langkah turun dan langkah naik) dan sebagainya. Pemenggal arus terus digunakan sebagai bekalan kuasa kepada pelbagai jenis litar elektronik. Dalam projek ini topologi buck-boost dipilih untuk menjalankan operasi litar pemenggal arus terus.

1.2 Objektif

Matlamat utama projek ini ialah untuk menghasilkan satu voltan keluaran 5Vdc dan arus keluaran 10A. Arus keluaran yang besar memberikan risiko yang tinggi dalam perlaksanaannya. Dalam menjayakan projek ini, pengatur buck-boost dipilih.

Dalam merealisasikan objektif projek ini, litar pensuisan merupakan salah satu bahagian penting. Oleh itu litar pensuisan diberi penekanan agar projek ini berjaya dilaksanakan dengan kecekapan yang tinggi. Tujuan litar pensuisan ialah untuk menjana gelombang pemodulatan lebar denyut atau lebih dikenali sebagai PWM. Litar pensuisan diuji untuk pelbagai nilai frekuensi untuk mendapatkan frekuensi yang sesuai untuk memberi isyarat buka dan tutup kepada suis yang digunakan. Dalam projek ini MOSFET dipilih sebagai suis kerana ia mampu beroperasi dengan kecekapan yang tinggi.

Penggunaan perisian Pesim digunakan dengan meluas dalam projek ini. Simulasi litar pemenggal buck-boost dijalankan menggunakan perisian ini. Tujuan simulasi dijalankan ialah untuk memastikan samada litar dapat beroperasi dengan baik dan parameter-parameter litar dapat ditentukan. Nilai komponen yang digunakan adalah berdasarkan simulasi yang dijalankan. Helaian data bagi setiap komponen dilampirkan dalam bahagian lampiran.

1.3 Skop Dan Pendekatan Projek

Matlamat utama projek ini ialah untuk menghasilkan pemenggal arus terus untuk aplikasi 5V, 10A. Oleh itu, kefahaman yang mendalam mengenai pemenggal arus terus amatlah perlu. Penentuan parameter-parameter litar ditentukan melalui pengiraan dari teori. Untuk merekabentuk suatu pemenggal arus terus yang berkecekapan tinggi, teknik pensuisan yang sesuai diperlukan. Litar pensuisan dalam pemenggal buck-boost berfungsi sebagai litar kawalan terhadap suis semikonduktor yang digunakan. Teknik pemodulatan lebar denyut (PWM) menjadi asas kepada litar pensuisan. Teknik ini sesuai untuk diaplikasi kerana dapat mengawal suis pada frekuensi yang tinggi. Oleh itu pemenggal arus terus yang direkabentuk akan mempunyai kecekapan litar yang tinggi. Namun begitu masih terdapat kehilangan pada suis ketika pensuisan.

Pengetahuan yang meluas dalam bidang elektronik kuasa adalah penting dalam melaksanakan projek ini. Keseluruhan projek ini adalah aplikasi kepada teori dalam bidang elektronik kuasa.

Secara praktik, pemenggal arus terus boleh dilaksanakan dengan pelbagai nilai voltan masukan dan voltan keluaran. Walaubagaimanapun, pemenggal buck-boost yang dihasilkan dalam projek ini, menggunakan hanya satu nilai voltan masukan dengan voltan keluaran 5V. Ini bagi memastikan objektif utama projek ini tercapai.

1.4 Struktur Projek

Projek ini dibahagikan kepada 5 bahagian utama. Bahagian-bahagian itu ialah pengenalan, kajian ilmiah, rekabentuk litar, keputusan dan kesimpulan.

Bab 1 memberikan sedikit pengenalan secara menyeluruh mengenai projek yang dijalankan. Ini termasuk objektik, skop dan pendekatan yang digunakan untuk menjalankan projek ini.

Dalam Bab 2 merupakan kajian ilmiah yang dijalankan selama hampir setahun mengenai litar pemenggal arus terus. Analisis pemenggal buck-boost juga dibincangkan secara teori dan praktik dalam bab ini. Pelbagai rumus matematik yang berkaitan diperolehi melalui analisis pemenggal buck-boost. Rumus-rumus ini akan digunakan dalam Bab 3 untuk penentuan parameter-parameter penting litar buck-boost. Teknik pensuisan juga dibincangkan dalam bahagian ini. Pemodulatan lebar jalur (PWM) menjadi pilihan sebagai teknik pensuisan yang akan menentukan kecekapan litar yang terhasil. Dalam bab ini juga, teori mengenai litar penerus dijelaskan. Litar penerus ini akan digunakan dalam bekalan kuasa.

Bab 3 pula adalah langkah-langkah dalam merekabentuk litar. Parameter-parameter litar diperolehi menggunakan rumus-rumus matematik dalam Bab 2. Sebelum litar sebenar dilaksanakan, simulasi dijalankan menggunakan perisian Pesim. Simulasi ini bertujuan untuk memastikan rekabentuk yang akan dilaksanakan akan beroperasi dengan baik. Hasil simulasi juga ditunjukkan dalam bahagian ini. Setelah simulasi, barulah pelaksanaan litar sebenar boleh dilaksanakan. Rekabentuk litar pensuisan yang

lengkap terdiri daripada litar kawalan PWM dan pemacu MOSFET. Ini juga dibincangkan secara terperinci dalam bab ini. Sebagai tambahan, keluaran PWM daripada litar PWM dan pemacu Mosfet ditunjukkan.

Bab 4 membincangkan segala keputusan yang diperolehi daripada pelaksanaan projek setelah ujian makmal dijalankan pada keseluruhan litar. Hasil daripada litar pensuisan dan litar pemenggal dijelaskan.

Bab 5 ialah kesimpulan daripada projek yang dilaksanakan. Masalah-masalah yang timbul dalam melaksanakan projek ini juga dinyatakan. Beberapa cadangan diberikan agar dapat memperbaiki projek ini pada masa yang akan datang.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Analisis Keadaan Mantap Pemenggal Buck-boost

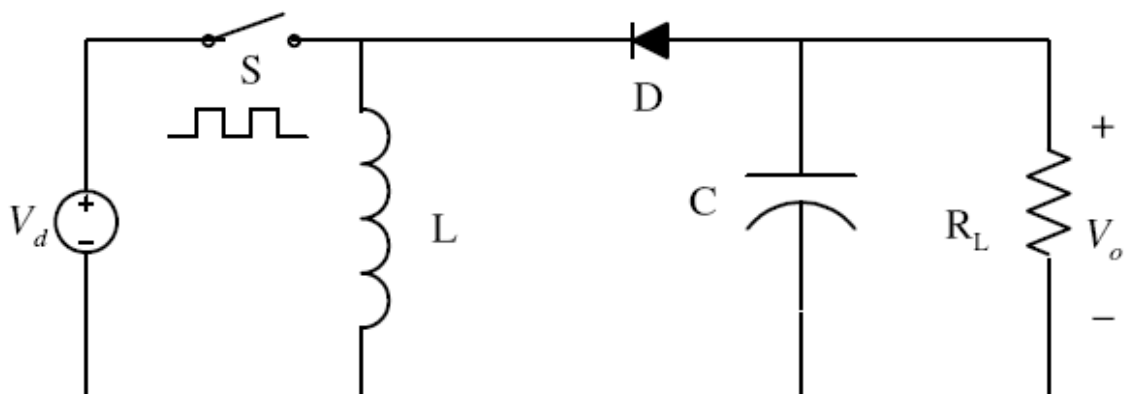
Satu peringkat kuasa boleh beroperasi dalam keadaan arus berterusan atau tidak berterusan. Keadaan arus berterusan dapat disifatkan sebagai arus yang melalui induktor untuk semua kitar pensuisan pada keadaan mantap adalah berterusan dan sebaliknya bagi keadaan arus tidak berterusan. Bagi keadaan arus yang berterusan, arus akan meningkat apabila suis ditutup sehingga suis dibuka. Apabila suis mula dibuka arus akan menurun sehingga suis ditutup semula (arus adalah sifar). Arus akan kembali meningkat apabila suis ditutup semula [1].

Beberapa andaian asas dibuat dalam menganalisis litar buck-boost seperti yang dinyatakan dibawah:

- i) Kejatuhan voltan dan arus pada suis adalah sifar ketika suis dibuka.
- ii) Lengahan masa pensuisan suis tutup dan buka diabaikan serta kehilangan pada induktor dan kapasitor diabaikan.
- iii) Arus yang melalui induktor adalah berterusan. Ini bermakna arus pada induktor sentiasa melebihi sifar.
- iv) Sambutan pada litar adalah berkala. Ini bermakna arus yang melalui induktor adalah berkala. Nilai pada mula dan akhir pensuisan adalah sama. Jadi perubahan arus induktor adalah sifar.

2.2 Pemenggal Buck-boost

Pemenggal buck-boost adalah kombinasi 2 topologi iaitu pemenggal lankah turun (buck) dan pemenggal lankah naik (boost). Ia dapat menghasilkan samada voltan keluaran yang lebih rendah ataupun voltan keluaran yang lebih tinggi bergantung kepada kitar tugas yang digunakan. Jika kitar tugas kurang daripada 0.5, voltan keluaran yang dihasilkan adalah lebih rendah daripada voltan masukan dan jika kitar tugas lebih daripada 0.5, voltan keluaran yang lebih tinggi daripada voltan masukan akan terhasil. Secara asasnya, tenaga akan disimpan pada induktor ketika suis ditutup dan akan dipindahkan kepada beban ketika suis dibuka. Gambarajah litar ideal buck-boost yang terdiri daripada suis semikonduktor, diod, induktor, kapasitor dan beban ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Mekanisma penting bagi litar pemenggal Buck-boost ini ialah suis semikonduktor yang akan mengawal masa suis ditutup, t_{ON} dan masa ketika suis dibuka, t_{OFF} . Litar kawalan bagi suis ini dikenali sebagai litar pensuisan perlu direkabentuk untuk mengawal operasi tutup dan buka suis [2].



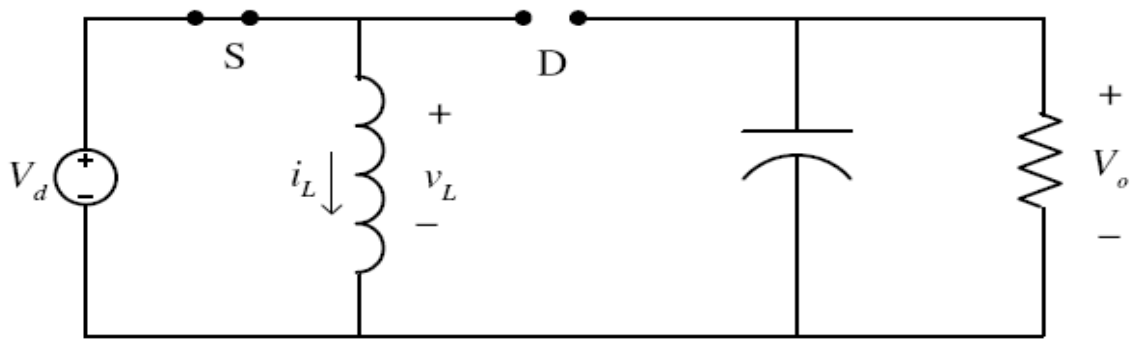
Rajah 2.1: Pemenggal Buck-boost

2.2.1 Prinsip Operasi Pemenggal Buck-boost

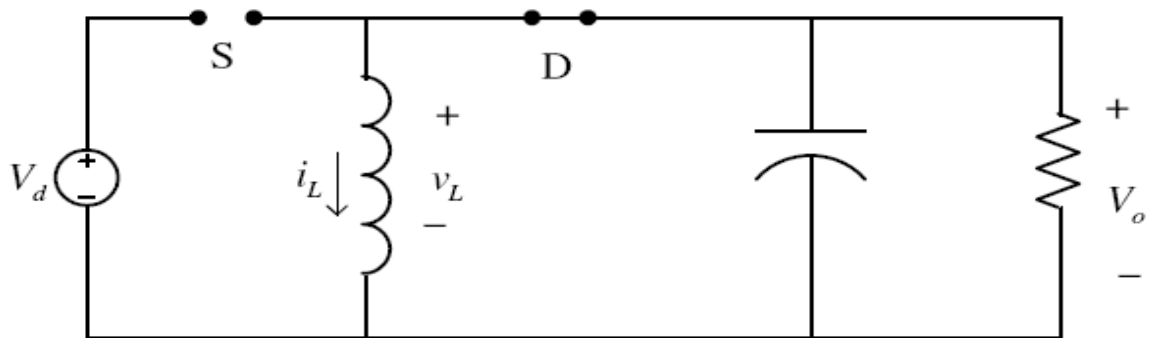
Operasi litar ini dapat dibahagikan kepada dua mod. Kedua-dua mod ini berlaku dalam satu tempoh pensuisan. Semasa mod 1, Suis, S ditutup dan diod, D akan pincang balikan. Arus dari punca masukan arus terus akan meningkat secara linear dan mengalir melalui peraruh, L dan tidak melalui beban kerana beban dipisahkan daripada bekalan kuasa oleh diod. Arus akan terus meningkat sehingga suis dibuka. Tenaga yang terhasil akan disimpan dalam induktor [5].

Semasa mod 2, suis dibuka sementara diod akan berada pada pincang hadapan dan mula mengkonduksi. Pada mod 2, arus pada beban dibekalkan oleh kapasitor penapis. Pada ketika ini, tenaga yang disimpan oleh induktor pada mod 1 akan dipindahkan kepada beban. Tenaga yang tersimpan dalam induktor boleh dihitung iaitu ($= i^2 L/2$). Arus pada induktor akan mengalami kejatuhan sehingga suis ditutup semula pada kitar yang seterusnya [5].

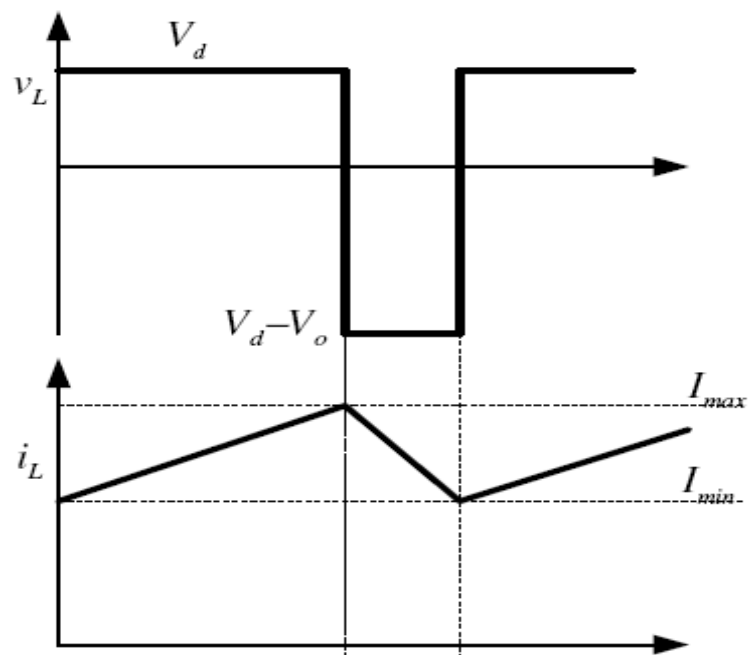
Litar setara untuk kedua-dua mod operasi ditunjukkan dalam Rajah 2.2 dan Rajah 2.3. Litar setara pada mod 1 menyerupai pemenggal langkah naik dan litar setara pada mod 2 dapat dilihat sebagai pemenggal langkah turun. Disebabkan inilah pemenggal buck-boost boleh beroperasi sebagai pemenggal langkah naik apabila kitar tugas ditetapkan lebih dari 50% dan pemenggal langkah turun apabila kitar tugas disetkan kurang dari 50%. Rajah 2.4 menunjukkan gelombang voltan dan arus pada keadaan mantap [2].



Rajah 2.2: Litar setara semasa mod 1



Rajah 2.3: Litar setara semasa mod 2



Rajah 2.4: Gelombang voltan dan arus pada keadaan mantap.

2.2.2 Analisis Pemenggal Buck-boost

Mod 1: Ketika suis ditutup $0 \leq t \leq kT$

Dari Rajah 2.2, persamaan pembezaan dapat diberikan seperti berikut:

$$V_s = V_L = L \frac{di}{dt} \quad (2.1)$$

Arus induktor akan meningkat secara linear dari I_1 ke I_2 pada masa t_1 (suis dibuka) dan boleh ditunjukkan seperti persamaan (2.2).

$$I_2 - I_1 = \frac{V_s}{L} kT \quad (2.2)$$

Mod 2: Ketika suis dibuka $kT \leq t \leq T$

Rajah 2.3 memberikan persamaan (2.3) dan (2.4).

$$0 = V_L + V_C = L \frac{di}{dt} + V_C \quad (2.3)$$

$$\frac{di}{dt} = -\frac{V_C}{L} \quad (2.4)$$

Arus induktor pada ketika ini akan berkurang sehingga suis ditutup semula pada t_2 (suis ditutup) dengan tempoh masa suis dibuka t_2 ialah $(1-k)T$.

$$I_1 - I_2 = \frac{-V_C}{L} (1-k)T \quad (2.5)$$

Hubungan voltan masukan dan keluaran diperolehi dengan menyelesaikan persamaan (2.2) dan (2.5).

$$V_C = -V_s \left(\frac{k}{1-k} \right) \quad (2.6)$$

Dari persamaan (2.6), dapat diperhatikan bahawa voltan keluaran bagi pemenggal buck-boost adalah sentiasa berada pada polariti yang bertentangan dengan voltan masukannya. Dari persamaan ini juga, dapat diperhatikan bahawa voltan keluaran bergantung kepada nilai kitar tugas yang digunakan. Dengan anggapan bahawa litar pemenggal tidak menghasilkan kehilangan, purata arus masukan, I_S boleh dihubungkan dengan purata arus keluaran, I_O melalui persamaan (2.7) [2].

$$I_S = I_0 \frac{k}{1-k} \quad (2.7)$$

Kuasa masukan, P_I dan kuasa keluaran, P_O diberikan sebagai

$$P_I = V_S \times I_{PURATA} \quad (2.8)$$

$$P_O = \frac{V_C^2}{R} \quad (2.9)$$

$$I_{PURATA} = \left(\frac{I_2 + I_1}{2} \right) k \quad (2.10)$$

Dengan anggapan bahawa tiada kehilangan pada litar, kuasa keluaran yang terhasil adalah sama dengan kuasa masukan dimana $P_I = P_O$.

$$\left(\frac{I_2 + I_1}{2} \right) k V_S = \frac{V_C^2}{R} \quad (2.11)$$

$$I_2 + I_1 = \frac{2kV_S}{(1-k)^2 R} \quad (2.12)$$

Arus minimum, I_1 dapat diberikan melalui persamaan (2.13) manakala arus maksima, I_2 diberikan oleh persamaan 2.14.

$$I_1 = \frac{kV_S}{(1-k)^2 R} - \frac{V_S}{2L} kT \quad (2.13)$$

$$I_2 = \frac{kV_S}{(1-k)^2 R} + \frac{V_S}{2L} kT \quad (2.14)$$

2.2.3 Analisis Arus Berterusan

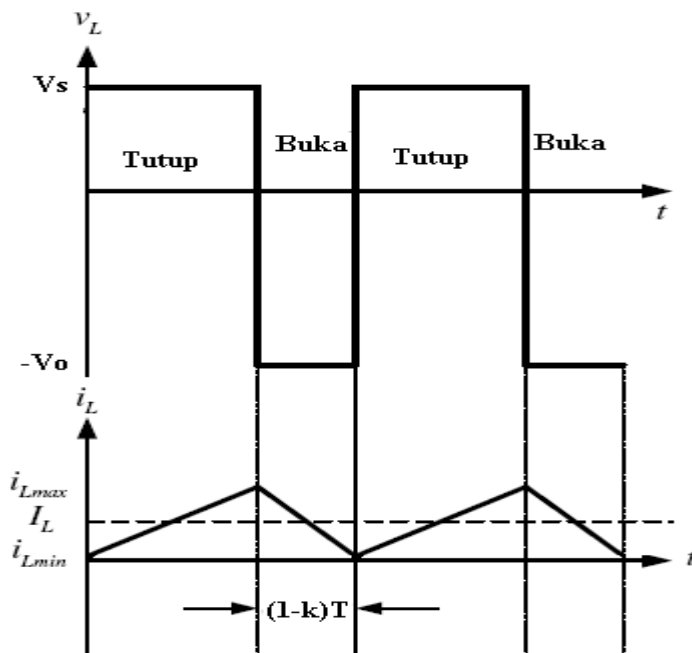
Operasi arus yang berterusan dinyatakan sebagai arus akan sentiasa mengalir melalui induktor, L dengan arus minimum adalah sifar. Rajah 2.5 menunjukkan arus melalui induktor secara berterusan dimana apabila suis ditutup, arus akan meningkat dan akan menyusut sehingga sifar pada keadaan suis dibuka dan kembali meningkat semasa suis ditutup semula [2].

$$0 = \frac{kV_s}{(1-k)^2 R} - \frac{V_s}{2L} kT \quad (2.15)$$

$$L = \frac{(1-k)^2 RT}{2} \quad (2.16)$$

$$L > \frac{(1-k)^2 R}{2f} \quad (2.17)$$

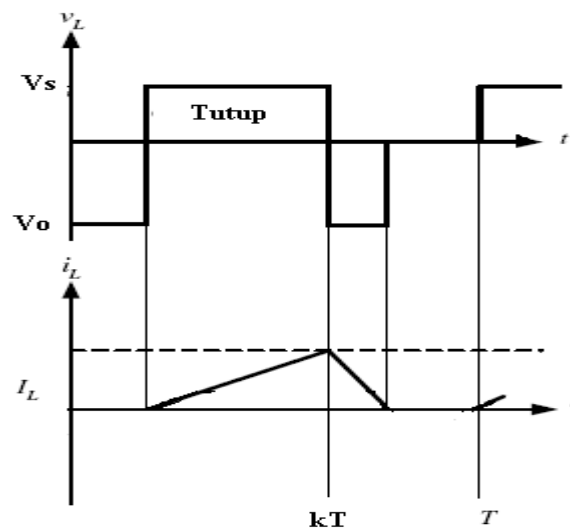
Persamaan (2.17) merupakan nilai induktor minimum untuk beroperasi dalam keadaan arus berterusan [3].



Rajah 2.5: Arus yang melalui induktor secara berterusan

2.2.4 Analisis Arus Tidak Berterusan

Dalam keadaan arus yang melalui induktor tidak berterusan, arus akan meningkat apabila suis ditutup. Arus akan terus meningkat sehingga suis dibuka. Apabila suis dibuka, arus akan merosot sehingga nilai sifar dan terus pada nilai sifar sehinggalah suatu ketika arus akan kembali meningkat secara linear apabila suis ditutup. Hal ini berbeza dengan arus induktor yang berterusan dimana arus minimum ialah sifar dan tidak akan merosot kurang daripada sifar. Rajah 2.6 menunjukkan arus mengalir melalui induktor tidak berterusan [2]



Rajah 2.6: Arus melalui induktor tidak berterusan

Arus riak puncak-ke-puncak

$$\Delta I = I_2 - I_1 = \frac{V_s k}{fL} \quad (2.18)$$

Pada mod 1, ketika transistor ditutup, kapasitor, C membekalkan arus kepada beban dalam tempoh $t_1 = kT$. Purata arus yang dinyahcas oleh kapasitor adalah arus pada beban. Voltan riak kapasitor diberikan oleh persamaan (2.19) [2].

$$\Delta V_C = \frac{1}{C} \int_0^{t_{on}} I_o dt = \frac{I_o kT}{C} \quad (2.19)$$

$$\Delta V_o = \frac{I_o k}{fC} \quad (2.20)$$

2.3 Pensuisan Suis

Semikonduktor kuasa merupakan elemen penting dalam sesuatu pemenggal arus terus. Teknik pensuisan yang sesuai digunakan bagi memastikan litar pemenggal yang direkabentuk beroperasi dengan kecekapan yang tinggi. Dalam kes ini, MOSFET kuasa akan dipicu pada get dengan kawalan masa ketika suis ditutup, t_{on} dan masa ketika suis dibuka t_{off} . Walaubagaimanapun, kehilangan akan berlaku kepada suis apabila voltan dan arus diaruhkan kepada suis. Oleh itu, dalam merekabentuk litar pemenggal buck-boost, litar pensuisan dianggap tiada kehilangan. Untuk mengurangkan kehilangan pada suis, frekuensi yang besar digunakan. Hasilnya, litar pemenggal arus terus yang direkabentuk dapat beroperasi dengan kecekapan yang tinggi

Penggunaan frekuensi pensuisan yang tinggi bagi suatu litar penukar kuasa akan menyebabkan kehilangan kuasa semasa pensuisan samada ketika suis dibuka mahupun ditutup. Bagi melindungi peranti suis pemenggal, litar perlindungan (snubber) digunakan. Litar perlindungan RCD yang mudah biasanya digunakan untuk menghadkan dv/dt daripada nilai maksima yang dibenarkan [2,5]. Litar ini mengandungi diod, perintang dan kapasitor dimana dapat mengurangkan kesan elektrik semasa pensuisan. Antara kebaikan melaksanakan litar ini pada suis ialah:

1. Dapat mengurangkan kadar peningkatan dV/dt bagi voltan transistor.
2. Kehilangan pensuisan dipindahkan daripada transistor kepada perintang.

2.3.1 Teknik pensuisan

Rekabentuk litar yang dihasilkan harus stabil dalam apa jua keadaan operasinya. Oleh itu teknik pensuisan merupakan komponen penting dalam rekabentuk pemenggal arus terus. Frekuensi, f dan kitar tugas, k merupakan dominan kepada seluruh litar pensuisan pada litar pemacu. Kecekapan sesebuah pemenggal arus bergantung kepada pensuisan disebabkan oleh penukaran kuasa pada pemenggal bergantung kepada frekuensi pensuisan yang digunakan. Kehilangan kuasa yang tinggi akan berlaku pada frekuensi yang terlalu tinggi disebabkan oleh arus dan voltan yang tinggi diaruhkan pada suis. Terdapat dua kaedah kawalan suis iaitu:

1. Operasi frekuensi tetap dimana frekuensi pemenggalan, f dan tempoh pemenggalan, T dibiarkan malar tetapi masa suis ditutup, t_1 berubah-ubah. Lebar denyut akan berubah dan kawalan jenis ini dipanggil pemodulatan lebar denyut (PWM) [2].
2. Operasi frekuensi boleh ubah dimana frekuensi pemenggalan, f berubah dan samada masa tutup, t_1 atau masa buka, t_2 dibiarkan malar. Frekuensi perlulah diubah pada julat yang besar untuk mendapatkan julat voltan keluaran penuh. Kawalan jenis ini akan menghasilkan harmonik pada frekuensi yang tidak boleh dijangkakan dan rekabentuk penuras menjadi semakin sukar [2].

Litar kawalan dengan operasi frekuensi pensuisan yang tetap dengan masa suis ditutup, t_1 berubah-ubah adalah lebih baik berbanding operasi frekuensi yang tidak malar. Hubungan antara frekuensi pensuisan dan kitar tugas diberikan oleh persamaan berikut:

$$k = \frac{t_1}{t_1 + t_2} = \frac{t_1}{T} = f(t_1) \quad (2.21)$$

T merupakan tempoh bagi satu kitar pensuisan iaitu:

$$T = t_1 + t_2 \quad (2.2)$$

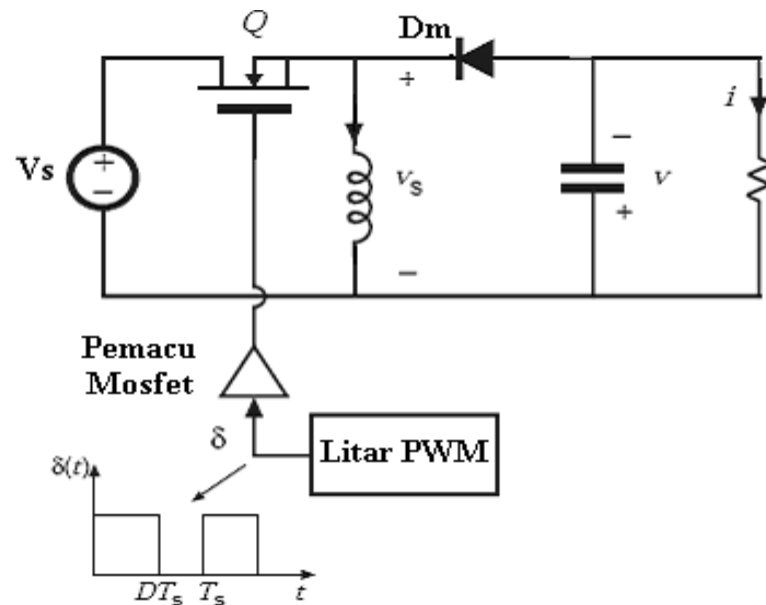
Di sini, t_1 merupakan tempoh suis ditutup dan t_2 adalah merupakan tempoh suis dibuka. Voltan keluaran arus terus bergantung kepada kitar tugas yang digunakan. Perubahan pada kitar tugas untuk pemenggal langkah turun mestilah kurang daripada 50% [3].

2.3.2 Pemodulatan Lebar Denyut (PWM)

Teknik pensuisan PWM digunakan dengan meluas dalam bidang elektronik kuasa. Secara asasnya, litar pensuisan ini terdiri daripada pengayun yang menggunakan pembanding. Litar pengayun menukarkan isyarat gelombang a.t kepada isyarat a.u mata gergaji. [4].

Frekuensi pemenggalan dan masa-tutup, t_1 ditetapkan agar malar. Lebar bagi setiap denyut berubah. Kawalan jenis ini dinamakan Pemodulatan Lebar Jalur (PWM). Dalam teknik PWM ini, suis akan dibuka dan ditutup beberapa kali dalam suatu kitar bergantung kepada frekuensi yang digunakan. Walaubagaimana pun, apabila bilangan

denyut ditingkatkan, ia akan meningkatkan magnitud komponen harmonik peringkat tinggi. Namun demikian ia dengan mudah dapat disingkirkan dengan menggunakan penuras. Fungsi litar pensuisan dapat ditunjukkan dalam Rajah 2.7 [2].



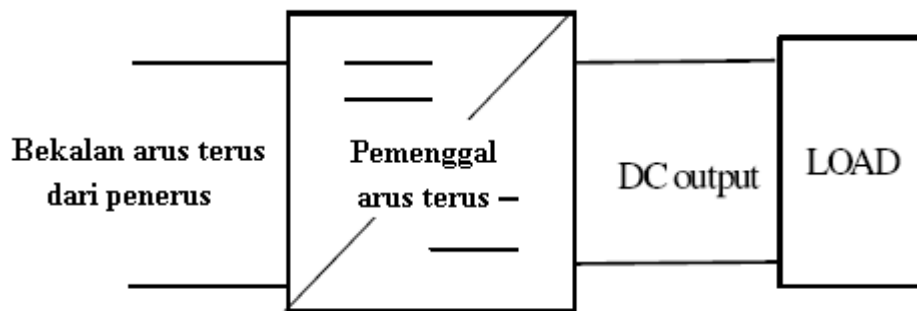
Rajah 2.7: Teknik pensuisan dalam pemenggal buck-boost

2.4 Bekalan Kuasa

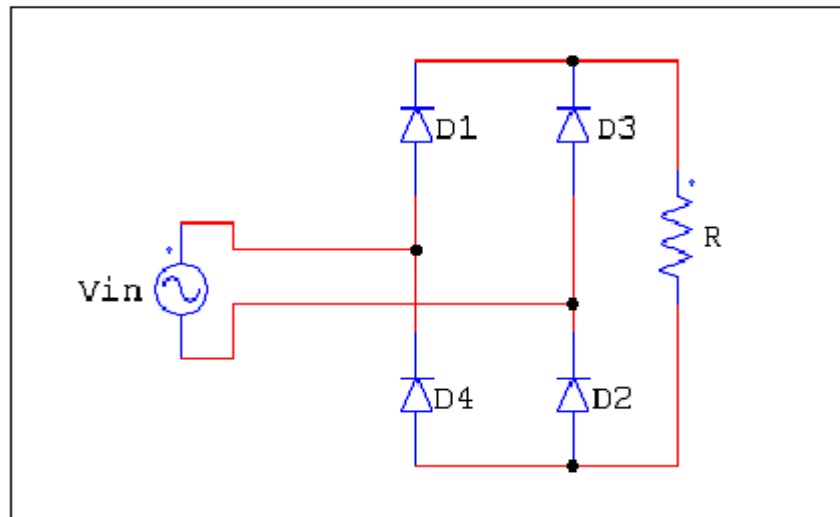
Dalam merekabentuk litar pemenggal arus terus, bekalan kuasa voltan arus terus bagi litar pemenggal ini dibekalkan oleh penerus. Tujuan penerus digunakan dalam rekabentuk ini adalah untuk menukarkan voltan arus ulang-alik (a.u) kepada voltan arus terus (a.t). Seterusnya voltan keluaran penerus digunakan sebagai bekalan kuasa a.t bagi pemenggal. Gambarajah blok pemenggal arus terus ditunjukkan dalam Rajah 2.8 [3].

Penerus titi adalah penerus yang digunakan dengan meluas dalam bidang elektronik kuasa. Gambarajah skematik bagi penerus titi dapat ditunjukkan dalam Rajah 2.9 manakala gelombang voltan masukan dan keluarannya ditunjukkan masing-masing dalam Rajah 2.10 dan Rajah 2.11.

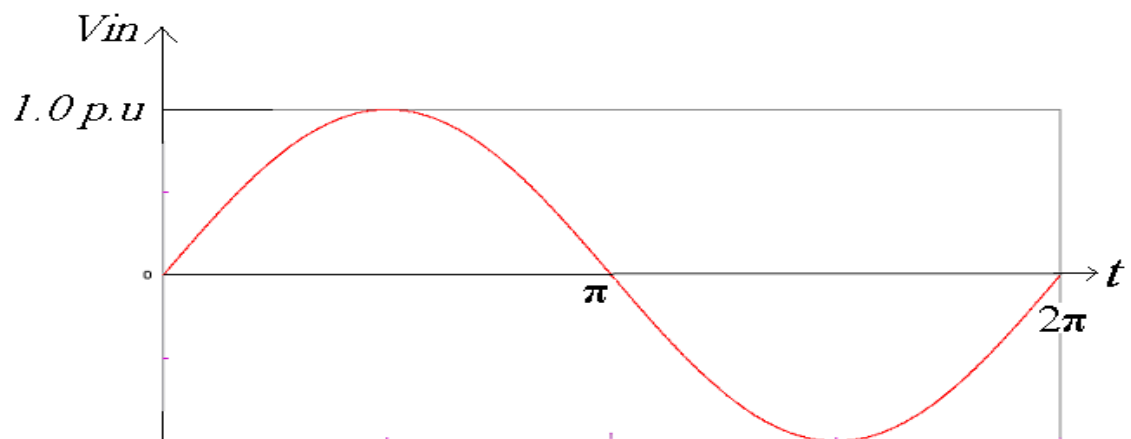
Semasa separuh kitar positif, diod D1 dan D2 akan pincang-hadapan dan diod D3 dan D4 akan pincang-balikan. Diod D1 dan D2 akan mengkondukt sehingga voltan yang melaluinya adalah sifar. Pada separuh kitar negatif, diod D3 dan D4 pula mengalami keadaan pincang-hadapan dan diod D1 dan D2 akan pincang-balikan. Maka diod D3 dan D4 akan mengkondukt pada separuh kitar negatif sehingga voltan meningkat kepada sifar. Hanya 2 diod yang akan mengkondukt dalam sesuatu masa [2].



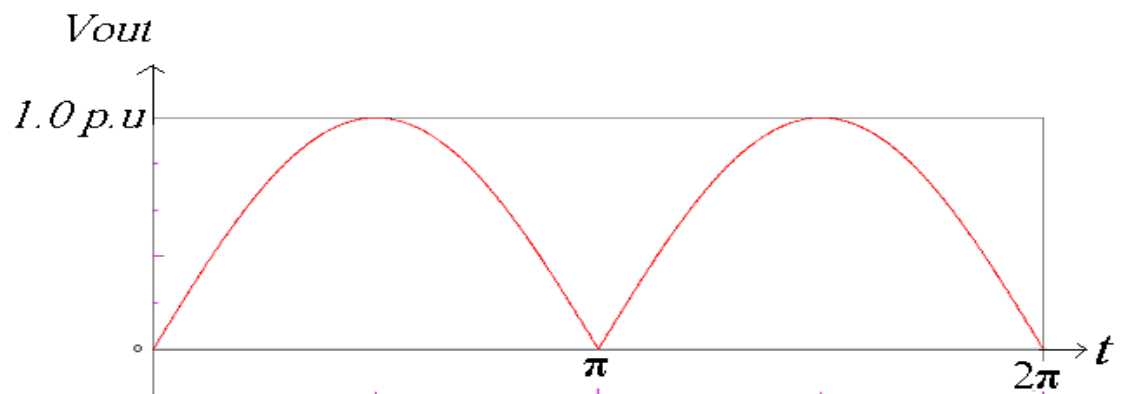
Rajah 2.8: Gambarajah blok pemanggal arus terus



Rajah 2.9: Gambarajah litar penerus titi



Rajah 2.10: Gelombang voltan masukan penerus



Rajah 2.11: Gelombang voltan keluaran penerus

BAB 3

REKABENTUK LITAR

3.1 Spesifikasi Pemenggal Buck-boost

Parameter-parameter litar dapat ditentukan melalui pengiraan secara teori. Untuk menentukan parameter-parameter ini, spesifikasi litar ditentukan terlebih dahulu. Spesifikasi litar pemenggal buck-boost yang direkabentuk ditunjukkan dalam Jadual 3.1. Dari pengiraan secara teori, parameter-parameter penting bagi pemenggal buck-boost ini dapat ditentukan berdasarkan spesifikasi litar pemenggal buck-boost yang akan direkabentuk. Parameter-parameter tersebut ialah *kitar tugas*, *tempoh*, *masa ketika suis ditutup dan dibuka*, *arus masukan*, *nilai induktor dan kapasitor*. Parameter-parameter ini penting dalam melaksanakan projek ini.

Jadual 3.1: Spesifikasi pemenggal

Voltan masukan	10 Vdc $\pm$ 10%
Voltan keluaran	5 Vdc
Arus keluaran	10A
Frekuensi pensuisan	20kHz
Voltan riak kapasitor	<60mV puncak-ke-puncak

3.2 Parameter-parameter Litar Pemenggal

Parameter-parameter pemenggal buck-boost diperolehi di bawah adalah berdasarkan pengiraan dari teori.

- i. kitar tugas, k

$$k = \frac{V_o}{V_s + V_o} = 0.33$$

- ii. tempoh, masa ketika suis ditutup, t_1 dan masa ketika suis dibuka, t_2

$$T = \frac{1}{f} = 0.05\text{ms}$$

$$t_1 = kT = 0.0165\text{ms}$$

$$t_2 = (1 - k)T = 0.0335\text{ms}$$

- iii. arus masukan, I_s

$$I_s = \frac{kI_o}{1 - k} = 4.925\text{A}$$

- iv. induktor, L

$$L > \frac{(1 - k)^2 R}{2f} > 5.61\mu\text{H}$$

maka, induktor yang dipilih ialah $47\mu\text{H}$

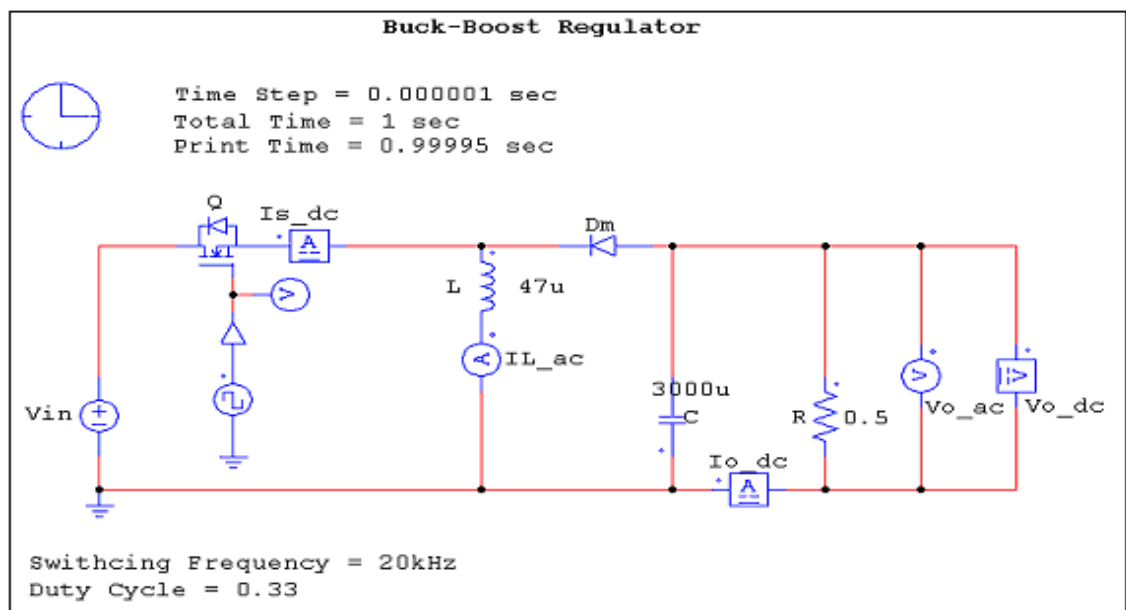
- v. kapasitor, C

$$\Delta I = \frac{V_s k}{fL} = 3.51\text{A}$$

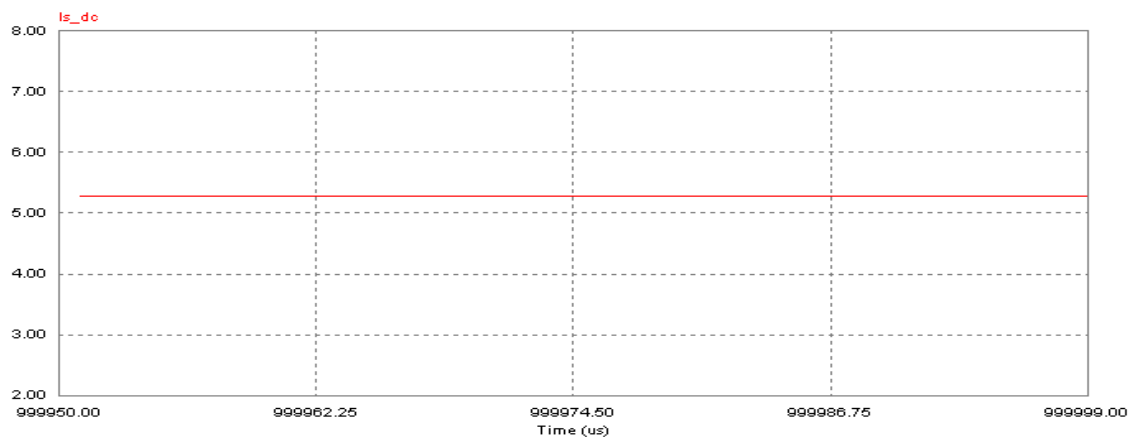
$$C = \frac{I_o k}{\Delta V_o \times f} = 2750\mu\text{F}$$

3.3 Simulasi

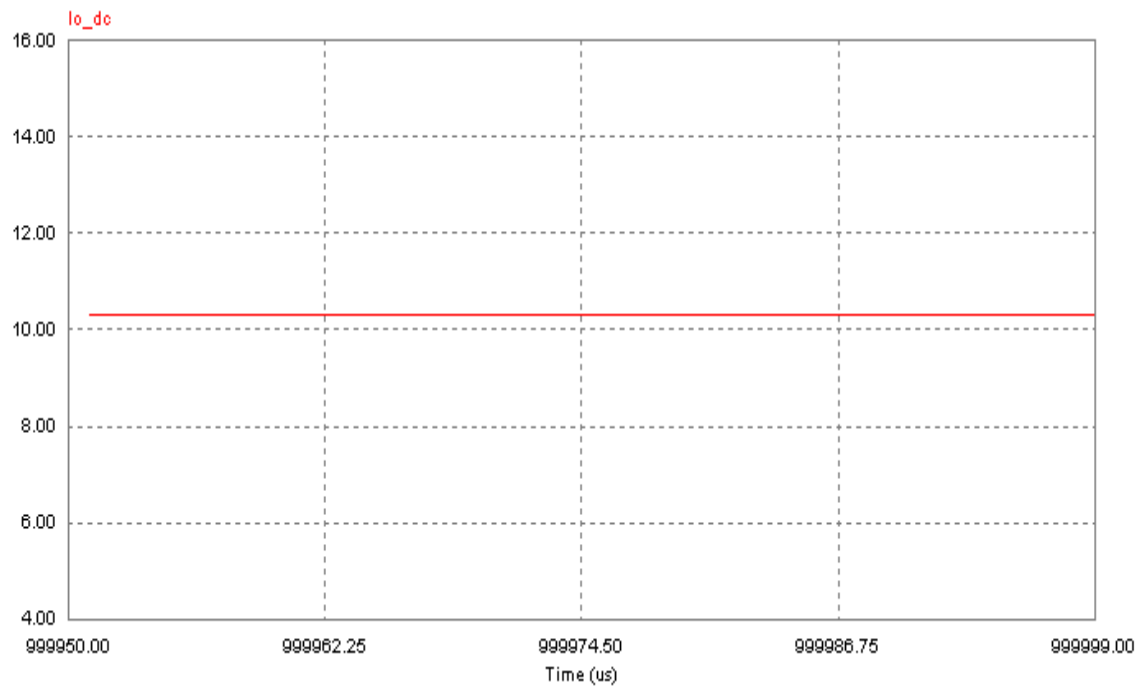
Setelah parameter-parameter pemenggal buck-boost diketahui, simulasi dijalankan menggunakan perisian Pesim. Parameter-parameter ini digunakan dalam simulasi. Gambarajah skematik litar pemenggal buck-boost ditunjukkan dalam Rajah 3.1. Simulasi dijalankan untuk voltan masukan 10Vdc dengan frekuensi pensuisan 20kHz. Hasil simulasi ditunjukkan dalam Rajah 3.2– Rajah 3.6.



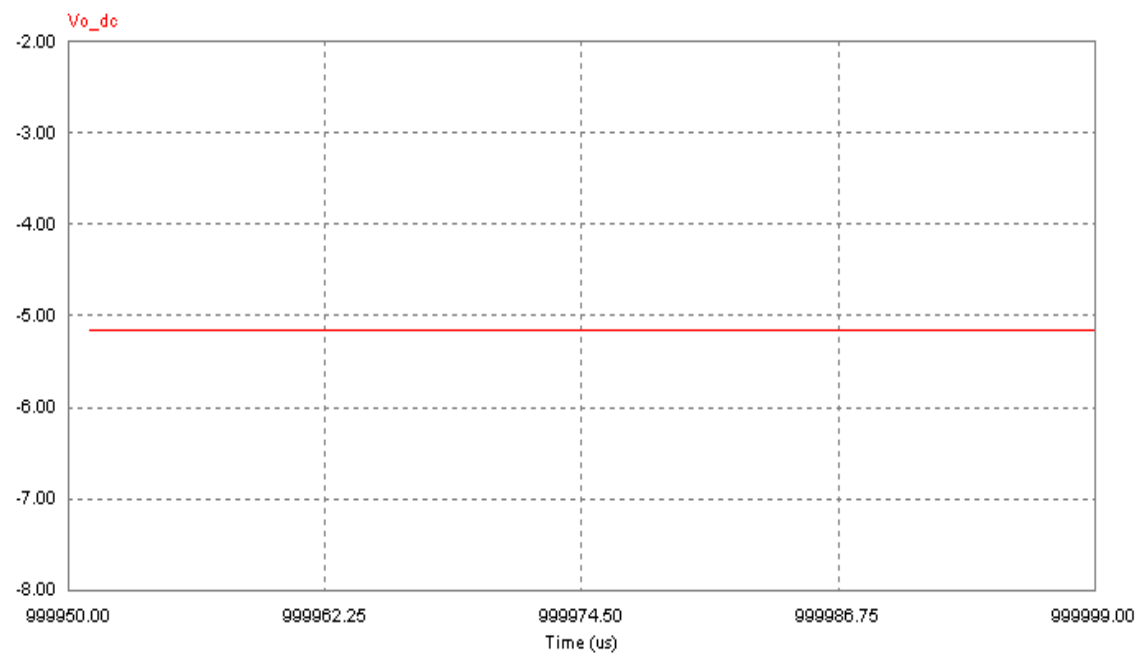
Rajah 3.1: Gambarajah skematik litar pemenggal buck-boost



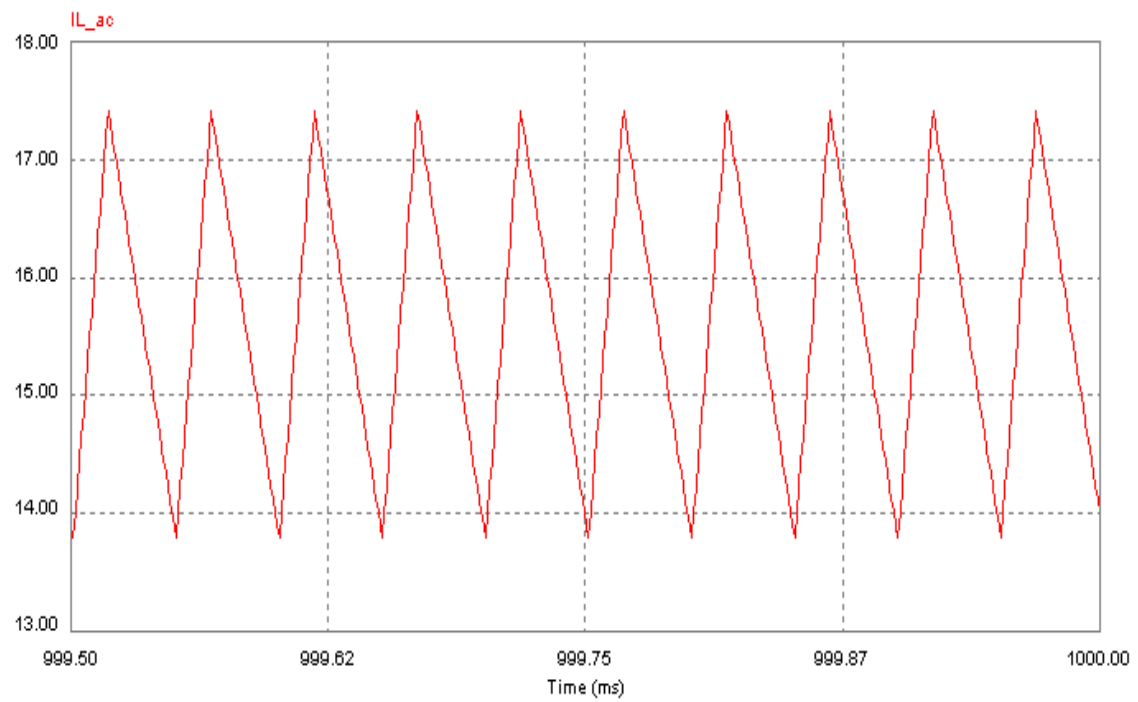
Rajah 3.2: Gelombang arus masukan



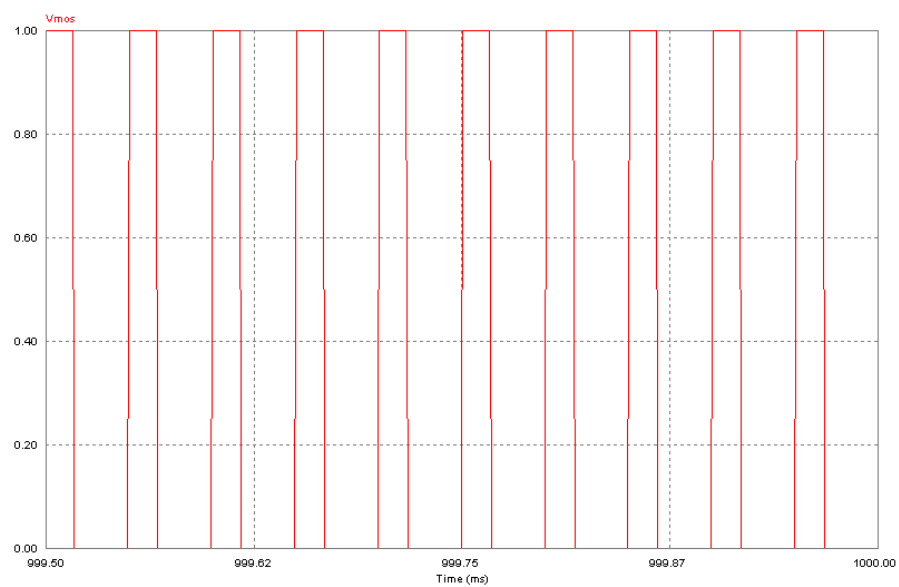
Rajah 3.3: Gelombang arus keluaran



Rajah 3.4: Gelombang voltan keluaran



Rajah 3.5: Arus riak induktor.



Rajah 3.6: Gelombang voltan pada pensuisan 20kHz