

REKABENTUK BEKALAN KUASA MOD PENSUISAN

NORAZAH ABDULLAH

Universiti Sains Malaysia

2006

ABSTRAK

Rekabentuk Bekalan Kuasa Mod Pensuisan (Design of Switch Mode Power Supply) yang dikenali sebagai SMPS merupakan bekalan kuasa yang mempunyai kecekapan yang tinggi dan berkeupayaan untuk membekalkan arus beban yang tinggi (high-load current) pada voltan rendah (low voltage). SMPS membekalkan kuasa melalui penggunaan dua suis MOSFET yang berfungsi dalam dua keadaan iaitu 'on' dan 'off'. Topologi yang digunakan dalam rekabentuk SMPS ialah penukar push-pull (push-pull converter). Kawalan pensuisan MOSFET dilakukan dengan teknik *Pulse Width Modulation* (PWM) yang menggunakan IC pengawal PWM SG 3524. Rekabentuk SMPS ini akan menghasilkan voltan keluaran maksimum.....

PENGHARGAAN:

Alhamdulillah, bersyukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurnia serta keberkatannya saya telah dapat menyiapkan Projek Tahun Akhir setelah menempuh pelbagai dugaan dan cabaran.

Justeru itu, saya ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada penyelia projek tahun akhir saya, Dr. Ir Syafrudin Bin Masri kerana telah banyak memberi tunjuk ajar serta bimbingan dan nasihat sepanjang tempoh projek ini dijalankan.

Selain itu, saya mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan ribuan terima kasih kepada En Nazir yang telah membantu dan memberi panduan ketika saya menjalankan projek tahun ini. Saya juga ingin merakamkan penghargaan yang tidak terhingga kepada semua kaki tangan Pusat Pengajian Elektrik dan Elektronik kerana telah menyediakan pelbagai kemudahan makmal seperti komponen-komponen elektrik sepanjang tempoh ujikaji dijalankan.

Akhir sekali saya ingin mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada rakan-rakan seperjuangan yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan masalah dan memberi dorongan serta semangat.

KANDUNGAN

BAB 1

Pengenalan

1.1 Latar belakang

Rekabentuk Bekalan Kuasa Mod Pensuisan (Design of Switch Mode Power Supply) yang dikenali sebagai SMPS merupakan bekalan kuasa yang mempunyai kecekapan yang tinggi dan berkeupayaan untuk membekalkan arus beban yang tinggi (high-load current) pada voltan rendah (low voltage). Pembekal kuasa ini merupakan bekalan kuasa yang tidak linear dan merupakan pembekal kuasa yang membekalkan bekalan kuasa melalui komponen yang mempunyai kehilangan kuasa yang rendah seperti kapasitor, induktor dan transformer.

Pada masa kini bekalan kuasa mod pensuisan digunakan secara meluas dalam industri berbanding bekalan kuasa linear.

Pembekal kuasa linear merupakan bekalan kuasa yang mempunyai kecekapan dan menghasilkan hingar yang rendah. Bekalan kuasa linear selalu diaplikasikan industri yang menggunakan kos rendah. Pembekal kuasa mod pensuisan digunakan secara meluas dalam industri berbanding pembekal kuasa linear kerana mempunyai kecekapan yang tinggi iaitu di antara 70% hingga 80%. Disamping menghasilkan kecekapan litar yang tinggi, pembekal kuasa ini juga dapat mengurangkan kos penggunaan. Pada masa ini frekuensi pensuisan yang sering digunakan pembekal kuasa mod pensuisan adalah antara 100kHz hingga 300kHz.

Pada hari ini, pembekal kuasa mod pensuisan digunakan secara meluas dalam teknologi komputer, television, pengecas bateri dan lain-lain.

Jadual 1.1 menunjukkan perbandingan diantara bekalan kuasa linear dan mod pensuisan.

Jadual 1.1: Bekalan kuasa linear vs mod pensuisan

Spesifikasi	Linear	Mod pensuisan
Riak keluaran	0.5mV-2mV RMS	25mV-100mVp-p
Julat voltan masukan	±10%	±20%
Kecekapan	40%-50%	70%-80%
Ketumpatan Kuasa	0.5W/cu.in.	2W-5W/cu.in.
Pemulihan fana	50µs	300µs
Masa tertahan (hold-up time)	2ms	30ms

Oleh itu, projek ini akan merekabentuk pembekal kuasa mod pensuisan yang mempunyai kecekapan yang tinggi. Topologi yang digunakan dalam rekabentuk ini ialah penukar tolak-tarik (push-pull converter). Frekuensi yang digunakan dalam rekabentuk ini adalah sangat tinggi.

1.2 Objektif

Penggunaan bekalan kuasa linear hanya dihadkan untuk industri yang menggunakan kos yang rendah. Ini kerana bekalan kuasa linear mempunyai kecekapan yang sangat rendah. Oleh itu, objektif utama projek ini ialah untuk merekabentuk bekalan kuasa mod pensuisan yang mempunyai kecekapan yang tinggi dengan menggunakan topologi penukar tolak-tarik (push-pull converter). Penggunaan bekalan kuasa mod pensuisan dalam industri yang besar akan dapat mengurangkan kos tetapi menghasilkan kecekapan yang tinggi.

1.3 Masalah rekabentuk dan penyelesaian

Masalah yang dihadapi dalam rekabentuk ini ialah untuk menentukan nilai parameter setiap komponen yang perlu digunakan dalam litar. Untuk memastikan litar rekabentuk yang dilakukan beroperasi dengan tepat dan jitu, nilai parameter yang digunakan mestilah betul.

Masalah ini diselesaikan dengan mengira nilai parameter tersebut berdasar voltan masukan dan voltan keluaran yang dikehendaki.

Selain itu, pengecasan atau nyahcas kapasitor mungkin menyebabkan kehilangan tenaga walaupun tiada elemen kelesapan di dalam litar. Hal ini memberi kesan terhadap kehilangan kuasa dan kecekapan, litar penjana MOSFET kuasa dan kitar tugas penukar pensuisan (duty ratio of switching converters.)

Masalah ini boleh diatasi dengan memindahkan tenaga melalui induktor atau dengan mengawal gelombang pengecasan, oleh itu kapasitor boleh dicas tanpa kehilangan tenaga (ideal).

Selain itu, semasa tempoh pensuisan ('*on*' dan '*off*'), voltan dan arus berubah secara serentak dan menyebabkan kehilangan pensuisan. Purata kehilangan kuasa ialah jumlah tenaga semasa suis '*on*' dan '*off*' didarabkan dengan frekuensi pensuisan. Oleh itu, apabila frekuensi meningkat, kehilangan pensuisan akan meningkat.

Larian haba Mosfet. Rintangan dalam Mosfet ketika 'on' meningkat dengan peningkatan suhu. Peningkatan rintangan akan menyebabkan , kuasa yang diserap untuk arus-on malar dan suhu persimpangan (junction) Mosfet akan turut meningkat. Rintangan akan terus meningkat sehingga peranti berada dalam keadaan keseimbangan haba dengan sistem pemindahan haba (mekanisme). Masalah ini boleh diatasi dengan meningkatkan mekasima penyingkiran haba iaitu mengurangkan nilai rintangan haba dari persimpangan (junction) ke ambang (ambient).

1.4 Sistematik penulisan laporan

Laporan projek tahun akhir ini dibahagikan kepada 5 bab kajian. Bab 1 merupakan pengenalan projek yang merangkumi latar belakang projek secara ringkas, tujuan atau objektif projek dijalankan, masalah-masalah yang dihadapi semasa menjalankan projek dan penyelesaiannya serta metodologi. Latar belakang projek menerangkan kepentingan SMPS dalam industri pada masa kini serta kelebihan berbanding bekalan kuasa linear. Metodologi menerangkan langkah-langkah yang dilaksanakan untuk merekabentuk litar bekalan kuasa mod pensuisan. Bab 2 menerangkan teori-teori yang digunakan dalam rekabentuk litar. Teori ini merangkumi topologi yang digunakan dalam rekabentuk, litar pengawal pensuisan yang digunakan (Pulse Width Modulation) dan litar perlindungan yang diperlukan oleh litar. Bab 3 menerangkan mengenai litar rekabentuk dan simulasi yang dijalankan ke atas litar. Bab 4 merupakan keputusan yang diperolehi dari eksperimen litar rekabentuk. Bab 5 merupakan perbincangan dan kesimpulan keseluruhan projek yang telah dijalankan dari segi keluaran litar, kesesuaian topologi yang digunakan dan samaada objektif projek dicapai atau tidak.

1.5 Metodologi

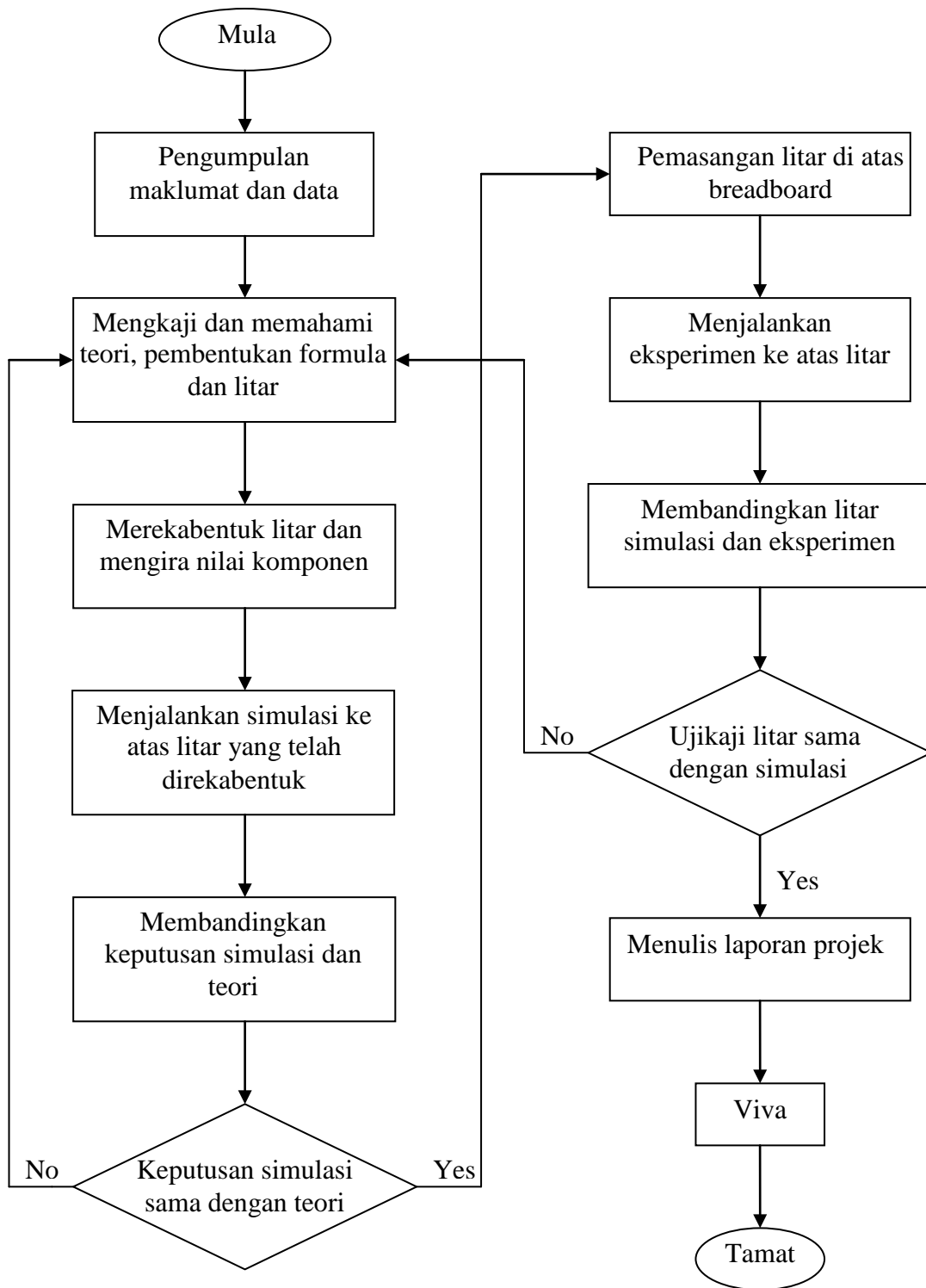
Langkah pertama yang diambil untuk merekabentuk bekalan kuasa mod pensuisan ialah mengumpulkan maklumat dan data yang berkaitan dengan projek rekabentuk dari pelbagai sumber seperti buku rujukan, internet dan journal. Maklumat dan data yang diperolehi akan dikaji dan difahami dengan teliti untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai projek tersebut. Apabila data serta

maklumat difahami, litar SMPS akan direkabentuk. Nilai parameter setiap komponen akan dikira berdasarkan formula-formula yang berkaitan.

Kemudian, litar yang telah direkabentuk akan disimulasi menggunakan perisian PSIM. Keluaran yang diperolehi akan dibandingkan dengan teori. Jika keluaran litar simulasi salah atau berbeza dengan teori, maka rekabentuk litar dan parameter akan dikaji semula dan diperbaiki apabila terdapat kesilapan.

Proses mengkaji dan memperbaiki dilakukan berulang kali sehingga keluaran litar simulasi adalah betul. Langkah seterusnya ialah pemasangan litar diatas breadboard. Kemudian litar akan diuji di makmal. Keluaran litar akan dibandingkan dengan hasil simulasi. Jika keluaran litar adalah salah iaitu bukan seperti yang dikehendaki, proses mengkaji dan menguji litar akan dilakukan lagi sehingga objektif projek dicapai. Langkah terakhir ialah menulis laporan projek dan menghadiri viva untuk mempersembahkan projek yang telah dijalankan.

Langkah-langkah yang telah diambil dalam projek ini diwakili oleh carta alir berikut.



Rajah 1.1: Carta alir menunjukkan metodologi projek yang akan dijalankan.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Pengenalan

Terdapat dua jenis rekabentuk pembekal kuasa iaitu linear dan mod pensuisan. Pembekal kuasa linear mempunyai kecekapan yang sangat rendah dan diaplikasikan untuk industri kos rendah. Bekalan kuasa mod pensuisan mempunyai kecekapan yang tinggi dan boleh membekalkan arus beban tinggi (high-load current) pada voltan yang rendah. Bekalan kuasa digunakan secara meluas dalam aplikasi industri mempunyai spesifikasi seperti pemisahan (isolation) antara keluaran dan masukan, kecekapan yang tinggi, jumlah herotan harmonik yang rendah untuk gelombang keluaran dan masukan dan kawalan faktor kuasa jika sumber ialah voltan ac. [2]

Pembekal kuasa mod pensuisan digunakan untuk;

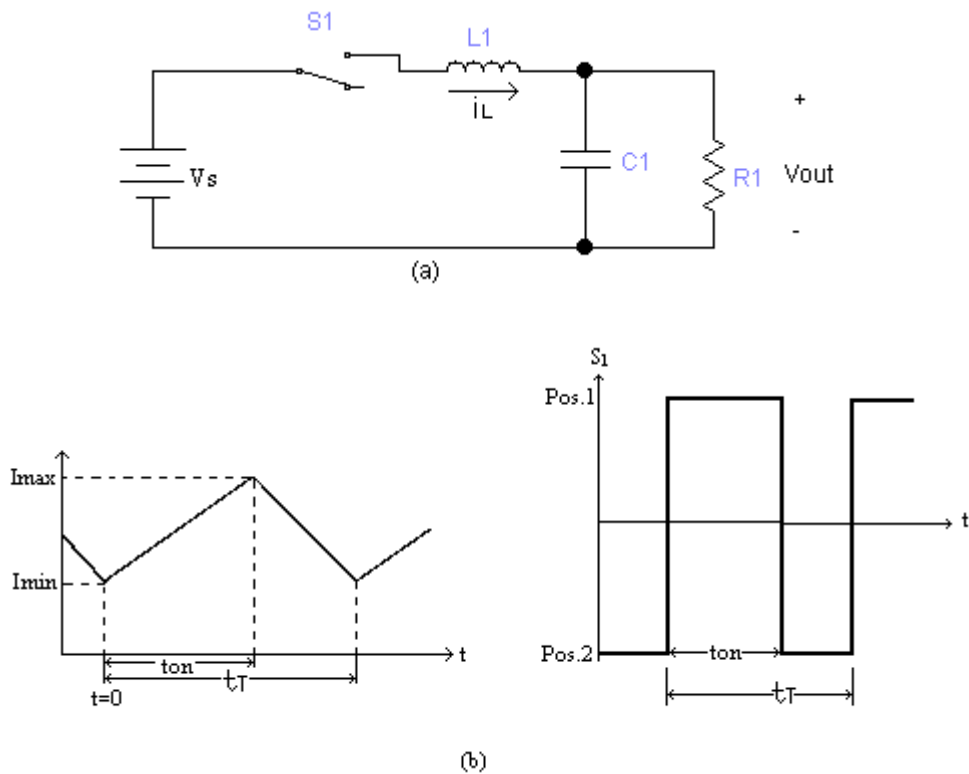
1. Menurunkan voltan masukan dc yang tidak teratur (unregulated dc input voltage) untuk menghasilkan voltan keluaran dc yang teratur (regulated dc output voltage) menggunakan litar yang dikenali sebagai penukar Buck (buck converter) atau pemenggal langkah turun (step down).
2. Menaikkan voltan masukan dc yang tidak teratur untuk menghasilkan voltan keluaran dc yang teratur menggunakan litar yang dikenali sebagai Boost atau pemenggal langkah naik.
3. Menaik atau menurunkan voltan masukan dc yang tidak teratur untuk menghasilkan voltan keluaran dc yang teratur.
4. Menyongsangkan voltan masukan dc menggunakan litar seperti penukar Cuk.
5. Menghasilkan keluaran dc yang berbilang (multiple dc output) menggunakan litar seperti penukar flyback.

Rekabentuk bekalan kuasa mod pensuisan boleh diklasifikasikan oleh topologi-topologi yang digunakan seperti terbang balik (flyback), ke depan (forward), titi separuh (half bridge), titi penuh (full bridge) dan tolak-tarik (push-pull). Topologi flyback digunakan untuk aplikasi yang menggunakan kuasa dibawah 10 W. Forward dan half bridge adalah untuk aplikasi kuasa dibawah 500W. Manakala untuk aplikasi kuasa yang melebihi 500W, topologi push pull dan full bridge digunakan. [1]

Dalam projek ini, topologi yang digunakan dalam rekabentuk bekalan kuasa mod pensuisan ialah push-pull converter. Push-pull menghasilkan voltan keluaran yang mempunyai riak minimum dan regulasi voltan yang baik. Topologi ini menggunakan dua suis untuk mengawal masa pensuisan. Suis yang digunakan ialah MOSFET. [1] MOSFET dipilih dalam rekabentuk ini berbanding semikonduktor yang lain kerana MOSFET mempunyai ciri kelajuan pensuisan yang sangat pantas dan kehilangan pensuisan yang rendah. Kedua-dua MOSFET yang digunakan dalam rekabentuk ini ialah pengawal PWM. Pengawal PWM yang digunakan ialah SG3525.

2.2 Pembekal kuasa mod pensuisan

Pembekal kuasa mod pensuisan menggunakan frekuensi pensuisan yang tinggi untuk mengurangkan saiz dan berat transformer dan komponen penuras. Secara asasnya, litar pensuisan terdiri daripada sumber kuasa V_s , suis S_1 , penuras LC yang dianggap akan menghasilkan keluaran malar, V_{out} dan beban R . Rajah 2.1 menunjukkan rajah asas litar pensuisan. Masukan penuras dalam litar ini direkabentuk untuk mengurangkan atau meminimumkan riak masukan dan mengecilkan (attenuate) komponen AC yang dihasilkan oleh suis.



Rajah 2.1: (a) Litar pensuisan. (b) Gelombang keluaran litar pensuisan

Apabila suis 'on' pada ton, voltan keluaran yang merintanggi induktor ialah $V_L = V_{DC} - V_{OUT}$. Apabila suis 'off' pada t_T - ton, voltan keluaran merintanggi induktor ialah

$$V_{out} = V_L.$$

Jika

$$V_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$i_L(t) - i_L(t=0) = \frac{V_L}{L} t \quad (2.1)$$

Oleh itu;

$$I_{min} = \frac{V_{DC} - V_{out}}{L} t_{on} \quad (2.2)$$

$$I_{max} = \frac{-V_{out}}{L} (t_T - t_{on}) \quad (2.3)$$

Jika litar beroperasi dalam keadaan mantap (steady state), arus $I_{min} = -I_{max}$.

Oleh itu;

$$\frac{t_{on}}{t_T} = \frac{V_{out}}{V_{DC}} \quad (2.4)$$

Kitar tugas ditentukan oleh voltan masukan, V_{DC} dan voltan keluaran, V_{out} ;

$$\frac{V_{out}^2}{R} = V_{DC} \times I_{AVG} \times \frac{t_{on}}{T_1} \quad (2.5)$$

Dimana I_{AVG} ialah nilai arus purata yang melalui induktor. Oleh itu;

$$I_{AVG} = \frac{V_{out}^2}{RL}$$

Dengan menggunakan persamaan 2.2,2.3,2.4;

$$I_{min} = \frac{V_{out}}{RL} - \frac{t_r}{2L} \times V_{out} \left(1 - \frac{V_{out}}{V_{DC}}\right) \quad (2.6)$$

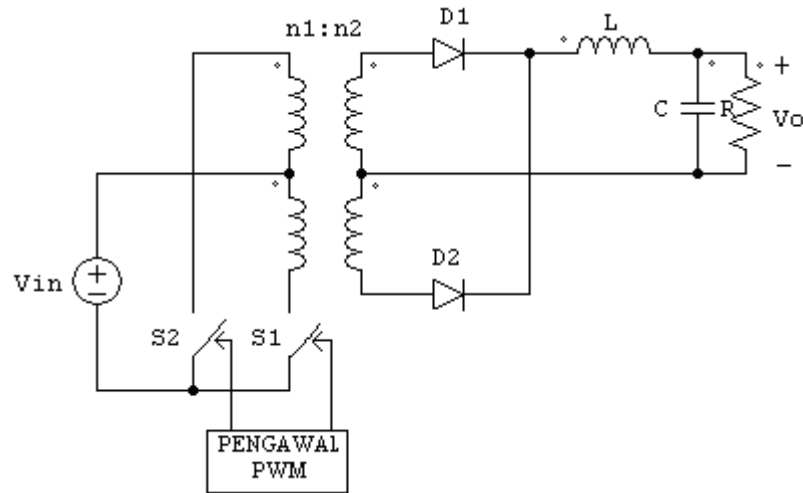
$$I_{max} = \frac{V_{out}}{RL} + \frac{t_r V_{out}}{2L} + \left(1 - \frac{V_{out}}{V_{DC}}\right) \quad (2.7)$$

Dimana I_{min} dan I_{max} ialah arus maximum dan minimum yang melalui induktor.

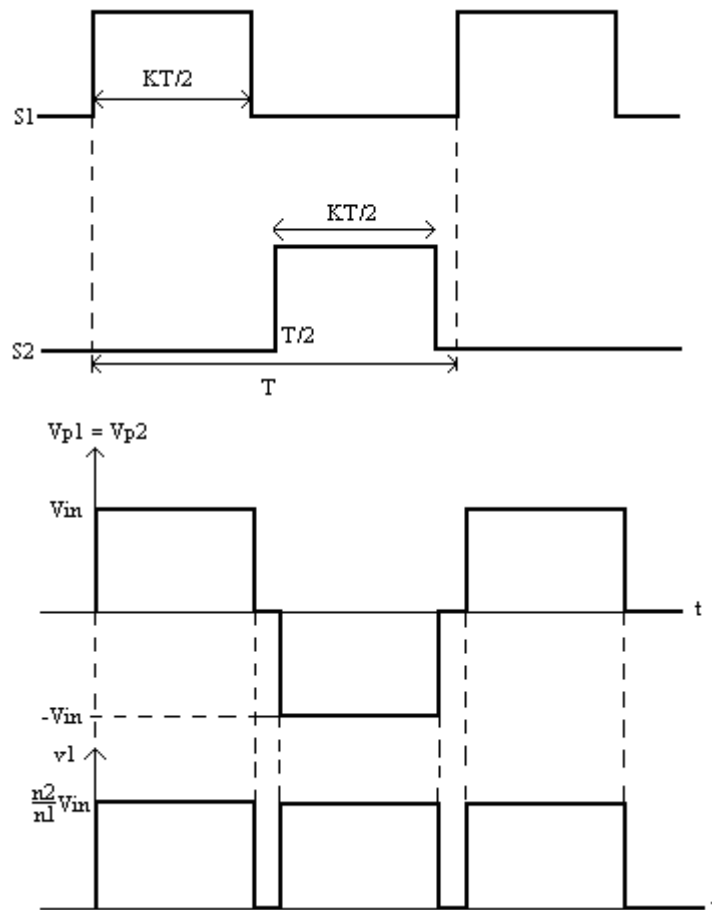
Kecekapan litar pensuisan yang ideal ialah 100%. Walaubagaimanapun, dalam keadaan praktikal kecekapan litar dihadkan oleh kehilangan dalam suis dan induktor.

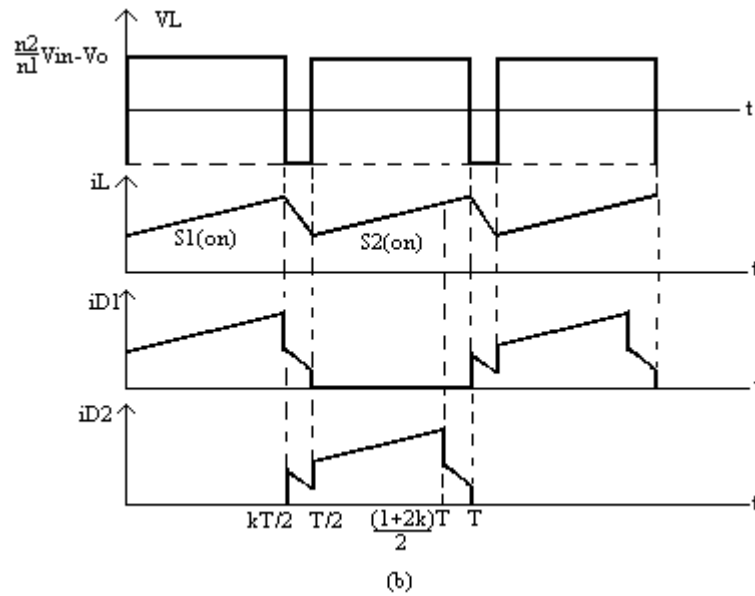
2.3 Topologi push pull converter

Dalam rekebentuk pembekal kuasa mod pensuisan, topologi yang digunakan ialah push-pull converter (penukar tolak-tarik). Topologi push-pull merupakan topologi yang boleh diaplikasi untuk kuasa melebihi 500W. Rajah 2.2 menunjukkan konfigurasi litar untuk topologi push-pull converter.



(a)





Rajah 2.2:(a) Litar push-pull converter (b)Gelombang litar push pull converter

Litar push-pull menggunakan dua suis aktif, pengubah terpencil (isolated transformer) dan penuras laluan rendah (low pass filter). Transformer digunakan sebagai penskalaan voltan (voltage scaling) dan pemencil elektrik (electrical isolation). Keluaran induktor digunakan untuk storan tenaga. Penuras yang terdiri daripada induktor dan kapasitor digunakan untuk meminimum riak gelombang keluaran. Suis yang digunakan dalam rekabentuk ini ialah MOSFET. MOSFET digunakan dalam litar rekabentuk kerana mempunyai kelajuan masa pensuisan yang sangat pantas dan kehilangan pensuisan yang rendah. Keadaan pensuisan ton dan toff MOSFET dikawal oleh pengawal PWM. Nilai frekuensi pensuisan yang digunakan ialah 50 KHz. Kitar tugas maksimum bagi kedua-dua MOSFET ialah 0.5. Untuk mengelakkan ketepuan teras (core saturation) bagi transformer, kedua-dua MOSFET mesti mempunyai kitar tugas yang sama.

Dalam rekabentuk litar push pull converter, terdapat dua perkara penting yang perlu dipertimbang iaitu kedua-dua MOSFET S_1 dan S_2 tidak boleh beroperasi atau konduk dalam masa yang sama dan kelakuan magnetik litar mesti seragam.

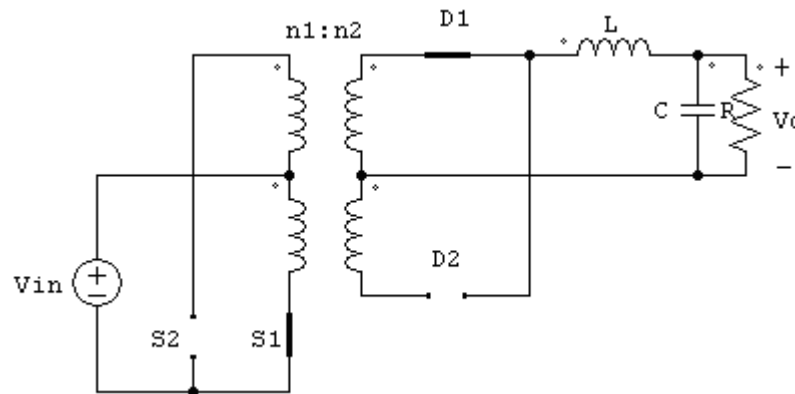
Jika kedua-dua MOSFET beroperasi dalam masa yang sama, litar pintas akan berlaku. Oleh itu, masa operasi atau masa konduk setiap MOSFET mesti tidak melebihi separuh daripada tempoh satu kitar lengkap. Jika masa operasi atau konduk setiap MOSFET melebihi separuh dari tempoh satu kitar lengkap, maka akan berlaku pertindihan antara pengaliran kedua-dua MOSFET. Masa 'on'

setiap MOSFET dipisah oleh masa mati (dead time). Dead time ialah masa dimana kedua-dua MOSFET 'off'.

Kelakuan magnetik litar mesti seragam. Jika kelakuan magnetik litar tidak seragam, transformer akan menepu dan menyebabkan kerosakkan MOSFET.

Operasi asas litar push pull converter dibahagikan kepada tiga mod iaitu mod 1, mod 2 dan mod 3. Mod 1 ialah semasa suis S_1 'on' dan arus akan melalui diod D1 ke beban. Manakala mod 2 ialah mod apabila suis S_2 di 'on' dan arus akan melalui diod D2 ke beban. Mod 3 ialah mod ketika kedua-dua suis S_1 dan S_2 di 'off' kan.

Rajah 2.3 menunjukkan litar setara semasa mod 1. Semasa mod 1, suis S_1 di 'on' dan suis S_2 di 'off'. Arus akan mengalir di primer transformer pada bahagian separuh yang lebih rendah (lower half of primary transformer) dan menghasilkan medan magnet. Medan magnet tersebut akan mempengaruhi voltan yang merintang sekunder transformer. Pada masa ini, diod D1 berada dalam keadaan pincang hadapan dan diod D2 pincang belakang. Arus akan mengalir ke beban melalui diod D1.



Rajah 2.3:Litar setara push-pull converter mod 1

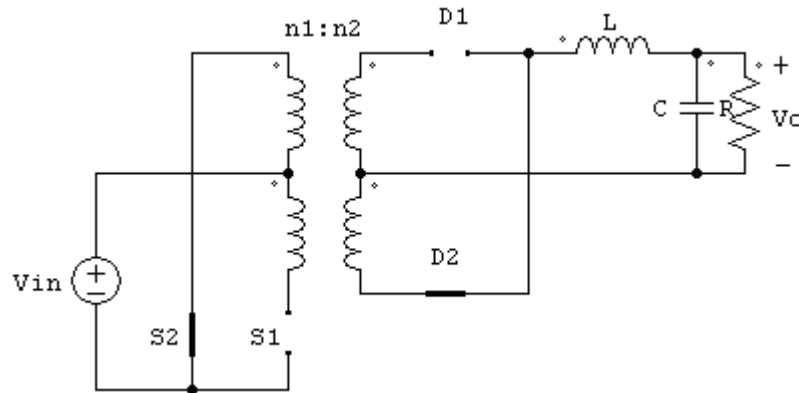
$$V_{s1} = V_{s2} = \frac{n_2}{n_1} V_{in}$$

$$V_{p1} = V_{p2} = +V_{in}$$

$$V_L = \frac{n_2}{n_1} V_{in} - V_o$$

Rajah 2.4 menunjukkan litar setara push-pull converter semasa mod 2. Semasa mod 2, suis S_2 di 'on' manakala suis S_1 'off' dan diod D1 berada dalam keadaan pincang belakang manakala diod D2 pincang hadapan. Apabila suis S_1 'off', medan magnet transformer akan hilang dan selepas tempoh masa mati (dead time), suis S_2 akan 'on'. Arus akan mengalir melalui primer transformer

pada bahagian separuh yang lebih atas (upper half of primary transformer) dan menghasilkan medan magnet. Arah medan magnet yang dihasilkan adalah berlawanan dengan arah medan magnet yang dihasilkan apabila suis S_1 konduk. Medan magnet yang terhasil akan mengaruhkan voltan merintangi sekunder transformer. Arus akan melalui diod D_2 ke beban.



Rajah 2.4: Litar setara push-pull converter mod 2

Voltan diberi oleh;

$$V_{s1} = V_{s2} = -\frac{n_2}{n_1} V_{in}$$

$$V_{p1} = V_{p2} = -V_{in}$$

Voltan yang merintangi induktor diberi oleh;

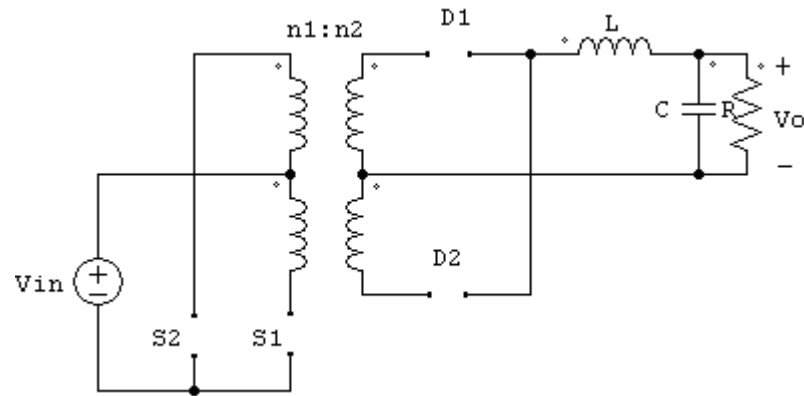
$$V_L = -V_{s2} - V_o = \frac{n_2}{n_1} V_{in} - V_o$$

Semasa mod 3, kedua-dua suis S_1 dan S_2 berada dalam keadaan 'off' iaitu ketika masa mati. Rajah 2.5 menunjukkan litar setara mod 3. Voltan V_{s1} dan V_{s2} adalah sifar dan voltan merintangi inductor ialah $-V_o$. Ketika ini, induktor akan mula mendisargas atau menyahcas dengan cerun $-V_o/L$.

Oleh itu, gandaan voltan push-pull converter diberi oleh;

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{n_2}{n_1} K$$

Dimana K ialah kitar tugas.



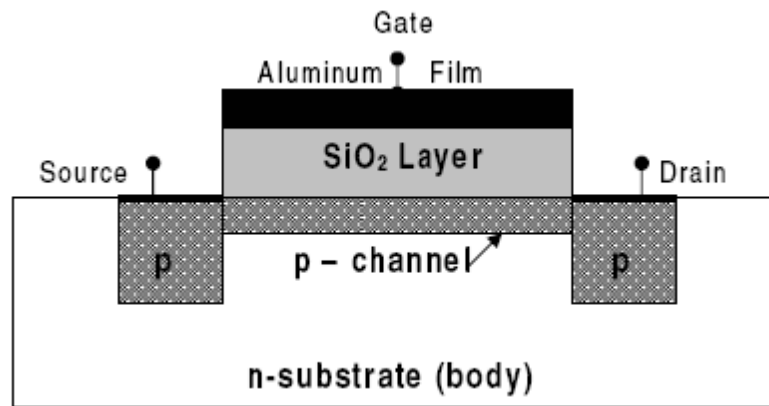
Rajah 2.5:Litar setara push-pull converter mod 3.

2.4 Semikonduktor kuasa

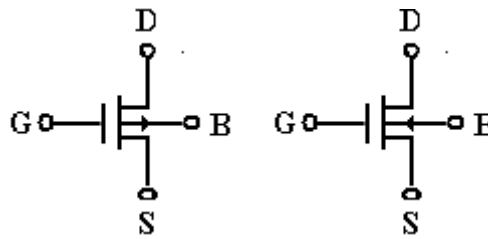
Dalam rekabentuk bekalan kuasa mod pensuisan penggunaan semikonduktor kuasa adalah sangat penting. Penggunaan semikonduktor kuasa menjadikan kawalan litar menjadi lebih cekap dan mudah berbanding suis mekanikal yang lain. Semikonduktor kuasa yang selalu digunakan dalam SMPS ialah bipolar transistor, MOSFET kuasa (Metal Oxide Silicon Field Effect Transistor) dan IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). Semikonduktor kuasa yang digunakan dalam projek ini ialah MOSFET. MOSFET merupakan suis terkawal yang mana keadaan 'on' dan 'off' dikawal oleh isyarat kawalan dari litar kuasa. MOSFET dipilih dalam rekabentuk ini kerana MOSFET mempunyai ciri kelajuan pensuisan yang sangat pantas dan kehilangan pensuisan yang rendah. Penggunaan transistor bipolar biasanya dihadkan pada frekuensi 30kHz kerana kehilangan pensuisan. Oleh itu, transistor bipolar hanya sesuai untuk aplikasi frekuensi yang rendah. IGBT merupakan semikonduktor kuasa yang sangat mahal dari segi kos dan selalu diaplikasikan dalam industri yang sangat besar. Oleh itu dalam rekabentuk SMPS, semikonduktor kuasa yang paling sesuai digunakan ialah MOSFET. Dalam analisis litar, MOSFET dianggap mempunyai ciri lurus. Andaian ini tidak menjejaskan operasi keseluruhan litar. MOSFET yang digunakan ialah IRF540 low gate charge MOSFET.

2.4.1 Mosfet

MOSFET kuasa atau Metal Oxide Silicon Field Effect Transistor merupakan peranti kawalan voltan. Peranti ini dicipta dari peranti FET dan digunakan secara meluas sebagai suis untuk pensuisan pantas. Terdapat dua jenis MOSFET iaitu jenis susutan (depletion type) dan jenis peningkatan (enhancement type) dan setiap jenis MOSFET mempunyai saluran-N dan saluran-P. Rajah 2.6 menunjukkan MOSFET jenis susutan dan Rajah 2.7 menunjukkan MOSFET jenis peningkatan.

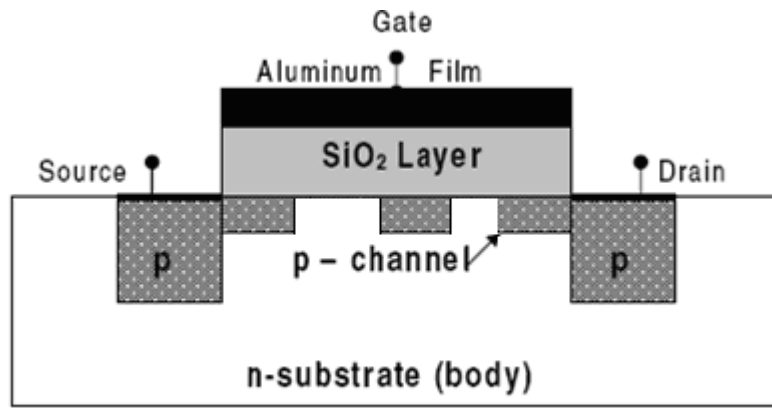


(a)

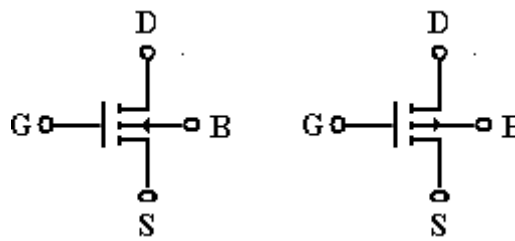


(b) jenis p (c) jenis n

Rajah 2.6: MOSFET jenis susutan (a) Struktur MOSFET (b) MOSFET saluran P (c) MOSFET saluran N



(a)



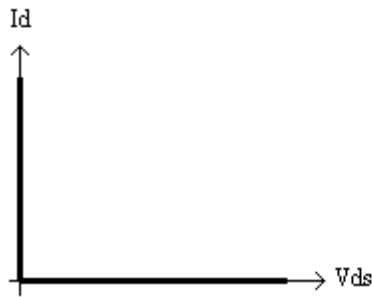
(b)

(c)

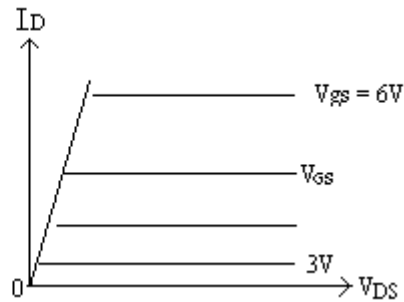
Rajah 2.7: MOSFET jenis peningkatan. (a) Struktur MOSFET (b) MOSFET saluran N (c) MOSFET saluran P

2.4.2 Ciri lurus dan $i-v$ mosfet

Arus yang mengalir dari salir D ke sumber S dikawal oleh voltan V_{GS} (voltan get ke sumber). Pada nilai voltan V_{DS} yang rendah, peranti mempunyai ciri kerintangan malar tetapi pada nilai voltan V_{DS} yang besar, arus ditentukan oleh voltan V_{GS} . Biasanya di dalam penggunaan peranti kuasa ini VDS disetkan pada nilai yang minimum untuk mengurangkan kehilangan keadaan hidup (on-state). Manakala VGS disetkan pada suatu nilai yang mencukupi untuk menentukan ID melebihi nilai arus beban, iaitu peranti beroperasi di dalam kawasan kerintangan malar. Rajah 2.8 menunjukkan ciri lurus MOSFET, manakala rajah 2.9 menunjukkan ciri $i-v$ MOSFET.



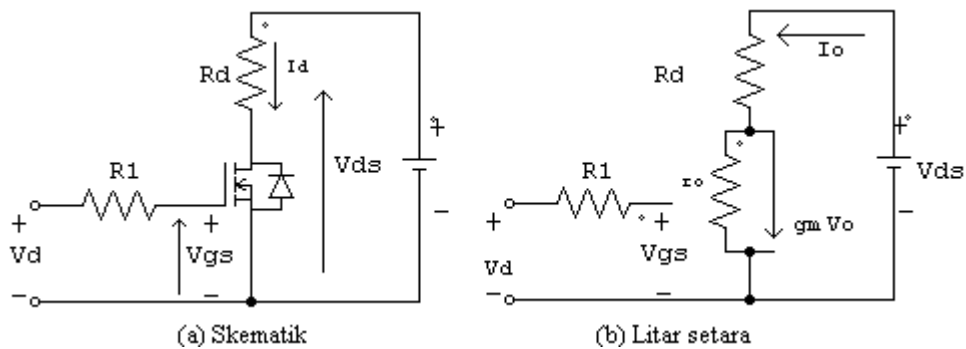
Rajah 2.8: Ciri lurus MOSFET



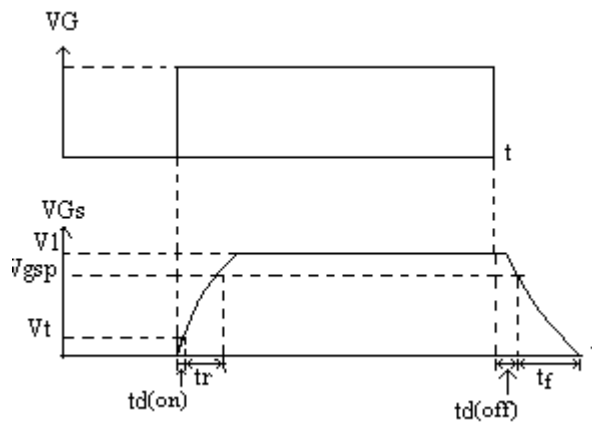
Rajah 2.9: Ciri $i-v$ MOSFET

2.4.3 Ciri pensuisan mosfet

MOSFET kuasa merupakan peranti yang mempunyai masa pensuisan yang sangat pantas. Dalam aplikasi pembekal kuasa mod pensuisan nilai $v_{GS} \gg V_{GS(th)}$ apabila peranti di 'on' dan $v_{DS} < v_{GS}$ apabila memasuki kawasan ohm (ohmic regions). Rajah 2.10 menunjukkan model pensuisan keadaan mantap MOSFET (steady-state switching of MOSFET). Manakalan rajah 2.11 menunjukkan gelombang masa pensuisan.



Rajah 2.10: Model pensuisan keadaan mantap MOSFET

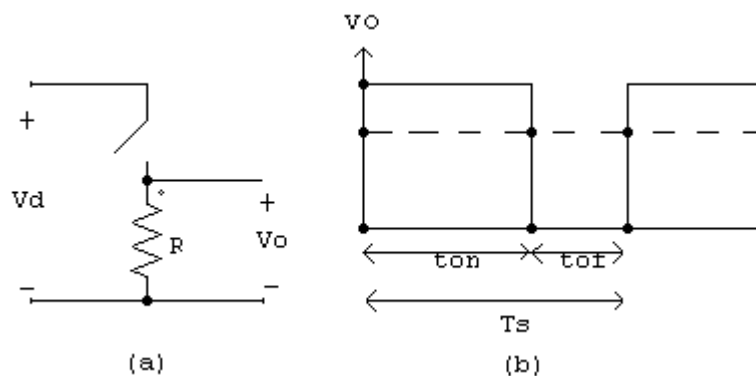


Rajah 2.11: Gelombang masa pensuisan.

Turn-on delay, $t_{d(on)}$ merupakan masa yang diperlukan untuk cas input kapasitan ke aras voltan ambang (threshold voltage level). Masa naik, t_r (rise time) ialah masa pengecasan get (gate-charging time) dari aras ambang ke voltan get penuh (full gate), V_{GSP} . Turn-off delay, $t_{d(off)}$ ialah masa yang diperlukan oleh input kapasitan untuk menyahcas dari voltan get pacu lebih (overdrive get voltage) V_1 ke kawasan jepitan (pinch-off region). V_{GS} mesti menurun secara bererti sebelum V_{DS} mula naik. Masa jatuh (fall time) t_f ialah masa yang diperlukan oleh masukan kapasitan untuk menyahcas dari kawasan jepitan ke voltan ambang. Jika $V_{GS} \leq V_T$, MOSFET 'off'

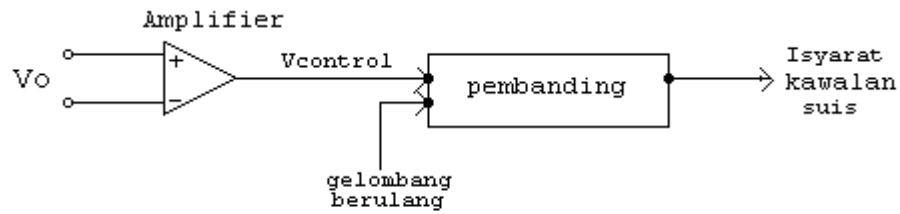
2.5 Pengawal PWM

Dalam dc-dc converter dengan voltan masukan yang diberi, voltan keluaran purata akan dikawal dengan mengawal tempoh 'on' dan 'off' suis (t_{on} dan t_{off}). Rajah 2.12 menunjukkan litar asas dc-dc converter dan gelombang voltan keluaran purata yang bergantung kepada t_{on} dan t_{off} .

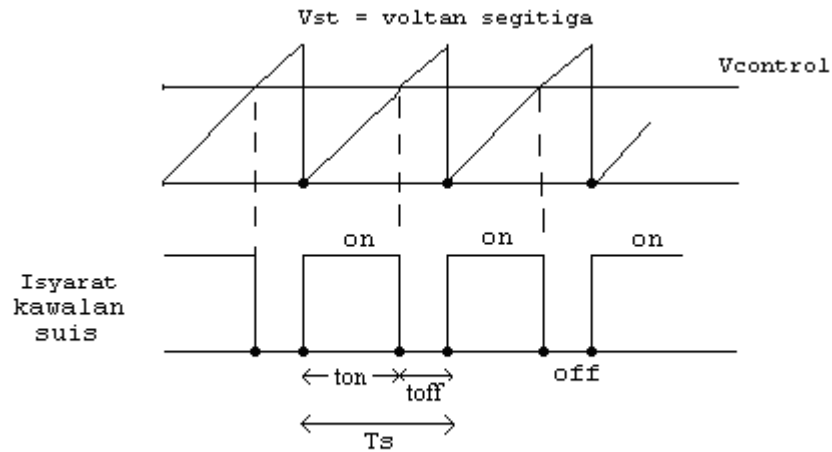


Rajah 2.12 Litar asas dc-dc converter

Salah satu langkah yang digunakan untuk mengawal voltan keluaran ialah dengan melakukan pensuisan pada frekuensi yang tetap (tempoh masa pensuisan masa ialah $T_s = t_{on} + t_{off}$) dan melaras tempoh on suis untuk mengawal voltan keluaran purata. Teknik ini dipanggil pengawal modulasi lebar dedenyut atau pulse width modulation (PWM). Dalam teknik PWM, kitar tugas suis K , didefinisikan sebagai nisbah tempoh 'on' suis dengan tempoh masa pensuisan. Dalam pensuisan PWM pada frekuensi yang malar, isyarat kawalan suis dijana dengan membandingkan voltan kawal isyarat-aras (signal level control voltage) $V_{control}$, dengan gelombang berulang. Rajah 2.13 menunjukkan gambarajah blok PWM dan isyarat pembeding.



(a)



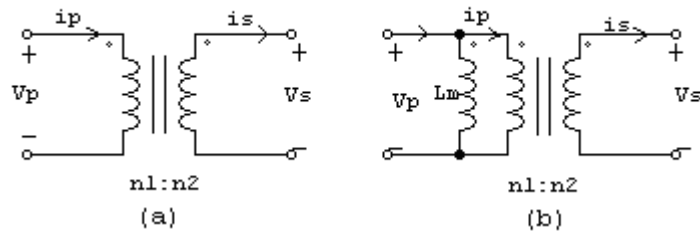
(b)

Rajah 2.13 Pulse- width modulator (PWM) (a) Gambarajah blok (b) isyarat pembanding.

Pengawal PWM yang digunakan dalam rekabentuk ini adalah SG 3525AN. Pengawal PWM digunakan untuk mengawal keadaan pensuisan t_{on} dan t_{off} bagi peranti pensuisan. Binaan pengawal terdiri daripada dua MOSFET yang akan dijana di A dan B. Kedua-dua MOSFET ini akan dijana pada masa yang sama. Nilai frekuensi pensuisan adalah 50 kHz.

2.6 Transformer

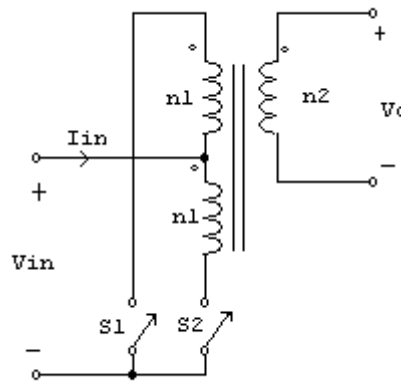
Transformer mempunyai dua fungsi asas iaitu untuk menyediakan pemisahan elektrik (electrical isolation) antara masukan dan keluaran dan menaik dan menurunkan voltan dan arus. Transformer yang ideal tidak mempunyai kearuhan bocor, kearuhan memagnet yang infiniti, tiada kehilangan teras dan kuprum dan berkeupayaan untuk menghantar semua frekuensi isyarat tanpa kehilangan kuasa. Rajah 2.12(a) menunjukkan litar setara transformer yang ideal. Manakala rajah 2.12(b) menunjukkan litar setara transformer yang mempunyai kearuhan magnet, L_m .



Rajah 2.12: (a) Model transformer ideal (b) Litar setara transformer yang mengandungi kearuhn memagnet.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{n_1}{n_2} , \frac{i_p}{i_s} = \frac{n_2}{n_1}$$

Terdapat dua konfigurasi transformer iaitu center tap dan non-center tap. Transformer yang digunakan dalam rekabentuk push-pull ialah transformer center-tap. Rajah 2.13 menunjukkan konfigurasi transformer center tap yang digunakan dalam rekabentuk push-pull.



Rajah 2.13: Konfigurasi center tap untuk push-pull

Dalam litar rajah 2.13, kedua-dua suis S_1 dan S_2 tidak akan 'on' dan 'off' secara serentak. Walaubagaimanapun kedua-dua suis ini mempunyai kitar tugas yang sama. Kedua-dua keadaan ini dapat mengelakkan dan melindungi ketepuan teras transformer.

BAB 3

REKABENTUK BEKALAN KUASA MOD PENSUISAN

3.1 Pengenalan

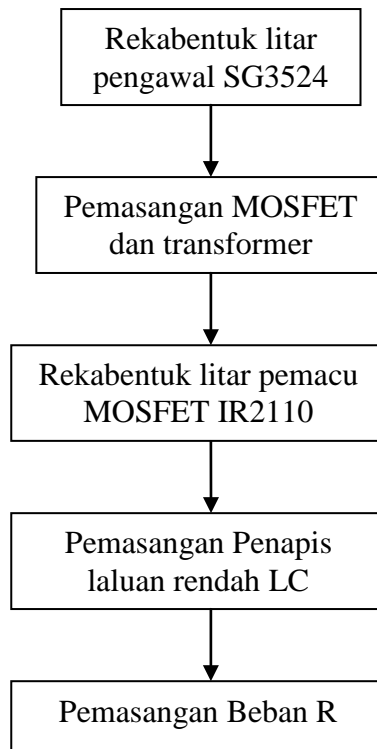
~~~~~Bekalan kuasa mod pensuisan merupakan litar yang direkabentuk menggunakan penukar DC ke DC topologi tolak-tarik.~~~~~ Topologi ini menggunakan transformer sebagai komponen utama yang bertindak untuk menurunkan voltan masukan dan menghasilkan amplitud voltan keluaran yang lebih rendah berbanding amplitud voltan masukan. Voltan masukan litar bekalan kuasa mod pensuisan ialah DC dan menghasilkan voltan keluaran DC dengan amplitud yang lebih rendah.

Litar tolak-tarik merupakan litar penukar DC-DC yang menggunakan dua MOSFET. Masukan MOSFET dijana oleh litar pengawal PWM. Dalam projek ini, litar pengawal PWM yang digunakan ialah SG3524. SG3524 akan menghasilkan dua keluaran iaitu bahagian tinggi (high side) dan bahagian rendah (low side).

.....

Projek ini menggunakan penapis laluan rendah LC untuk menghasilkan gelombang keluaran yang mempunyai riak yang minimum.

Rajah 3.1 menunjukkan gambarajah blok langkah-langkah dalam merekabentuk prototaip bekalan kuasa mod pensuisan.



Rajah 3.1 Gambarajah blok langkah-langkah merekabentuk prototaip bekalan kuasa mod pensuisan.

### 3.2 Rekabentuk litar pengawal (SG3524)

Dalam rekabentuk pembekal kuasa mod pensuisan, teknik yang digunakan untuk mengawal pensuisan litar ialah teknik pemodulatan lebar dedenyut atau Pulse Width Modulation (PWM). PWM yang digunakan dalam rekabentuk litar pembekal kuasa mod pensuisan ini ialah SG3524. PWM merupakan satu langkah yang boleh digunakan untuk mengawal jumlah kuasa ke beban tanpa kehilangan sebarang kuasa dalam pemacu beban.

#### 3.2.1 Penerangan SG3524

Litar pengawal SG3524 merupakan litar kawalan yang digunakan untuk mengawal pensuisan litar. SG3524 akan menghasilkan denyut keluaran segiempat yang mempunyai amplitud yang sama dengan amplitude voltan masukan. PWM SG3524 terdiri daripada semua litar kawalan yang digunakan untuk pengatur pensuisan atau penyongsang mengatur bekalan kuasa (regulating power supply inverter). SG3524 direkabentuk untuk aplikasi  $0^{\circ}\text{c}$  hingga  $70^{\circ}\text{c}$ .