

ALAT LATIH PENUKAR JENIS BUCK

MUHAMAD SYAFIQ BIN ZULKEFLY

7 MEI 2007

“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Elektrik (Kuasa Industri)”.

Tandatangan :

Nama Penyelia : En. Zulkifli Bin Mohd. Ramli

Tarikh : 7 Mei 2007

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya jelaskan sumbernya”.

Tandatangan :

Nama : MUHAMAD SYAFIQ BIN ZULKEFLY

Tarikh : 7 Mei 2007

ALAT LATIH PENUKAR JENIS BUCK

MUHAMAD SYAFIQ BIN ZULKEFLY

**Laporan ini dihantar bagi memenuhi keperluan pengajian Ijazah Sarjana Muda
Kejuruteraan Elektrik (Kuasa Industri).**

**Fakulti Kejuruteraan Elektrik
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

Mei 2007

ABSTRAK

Penukar DC-DC atau '*chopper*' terbahagi kepada 3 jenis iaitu penukar jenis Buck, Boost dan Buck-Boost. Ia berfungsi sebagai penukar voltan masukan DC yang tidak teratur kepada voltan keluaran DC yang lebih terkawal. Penukar Buck terdiri daripada gabungan beberapa komponen elektronik yang ringkas seperti Diod, Pearuh, Pemuat, Suis Aktif dan Perintang. Penukar jenis ini banyak diaplikasikan pada beberapa peralatan seperti Bekalan Kuasa Bermod Suis (SMPS), Kawalan Motor Arus Terus dan pengecas bateri. Penukar jenis ini juga akan menghasilkan '*noise isolation*' dan '*power bus regulation*'. Trainer ini direka dengan bertujuan untuk membandingkan nilai teori sebenar dan juga nilai yang diambil semasa pengukuran. Ia direkabentuk hasil daripada gabungan beberapa litar seperti MOSFET Gate Drives (DC-DC Converter, Signal Isolation) yang berfungsi sebagai pensuisan MOSFET jenis-p dan Current Limiting Circuit yang berfungsi sebagai perlindungan bagi litar elektronik daripada arus yang berlebihan yang akan menyebabkan kegagalan dan litar pintas berlaku. Penggunaan MOSFET lebih sesuai daripada BJT dari segi kuasa keluaran kerana tempoh pensuisan yang lebih cepat dan kebolehan untuk menahan percikan voltan yang dihasilkan oleh pearuh. IC UC3526 akan digunakan sebagai komponen utama di dalam trainer ini yang berfungsi sebagai pengawal PWM (Pulse Width Modulation) dalam melengkapkan litar '*closed-loop*'. Ia terdiri daripada beberapa gabungan litar seperti '*voltage reference*', '*undervoltage lockout*', '*soft-start circuit*', '*digital control ports*', '*oscillator*', '*error amplifier*' dan '*output drivers*'.

ABSTRACT

DC-DC Converter also known as chopper is divided into 3 types of converter - Buck, Boost and Buck-Boost Converter. The functions of these converters are transforming an unregulated DC Input Voltage into a regulated DC Output Voltage. Buck Converter is a Step Down DC-DC Converter which is containing simple electronic components like Diode, Capacitor, Inductor, Active Switch and Resistor as a load. This converter is commonly applied in many applications like Switch Mode Power Supply (SMPS), DC Motor Controllers and Battery Charger for laptops. This type of converter also can produce noise isolation and power bus regulation in certain applications. Buck Converter Trainer is designed to compare experimental result with theoretical value. It is designed from compilation of few electronic circuits like MOSFET Gate Drives (DC-DC Converter, Signal Isolation) functioning as switching for p-type MOSFET, Current Limiting Circuit functioning as protection for electronic circuits from over current flowing which can be lead into failure and short circuit will occurs. The MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) usage is more suitable than BJT (Bipolar Junction Transistor) regarding to its output power because the switching period is more faster and ability to withstand voltage spikes produced by inductor. IC UC3526 is used as a main component in this trainer because it will function as PWM (Pulse Width Modulation) Controller to complete closed-loop circuit. This IC is build from few circuits like 'voltage reference', 'undervoltage lockout', 'soft-start circuit', 'digital control ports', 'oscillator', 'error amplifier' and 'output drivers'.

ISI KANDUNGAN

BAB	PERKARA	HALAMAN
	ABSTRAK	
	ISI KANDUNGAN	i
	SENARAI SINGKATAN	iii
	SENARAI RAJAH	iv
	SENARAI JADUAL	vi
	SENARAI LAMPIRAN	vii
I	PENGENALAN	
	1.1 Penyataan Masalah	1
	1.2 Objektif Projek	2
	1.3 Skop Projek	2
II	KAJIAN LITERATUR	
	2.1 Objektif Kajian	3
	2.2 Model Kajian	4
	2.3 Hasil Kajian Dan Pemerhatian	4
III	TEORI	
	3.1 Buck Converter	6
	3.2 Duty Cycle	15
	3.3 IC UC3526	16
	3.3.1 Aplikasi-aplikasi Yang Boleh Digunakan	17
	3.4 Optocoupler	21

IV	KAEDAH PERLAKSANAAN PROJEK	
	4.1 Perbincangan Tajuk	23
	4.2 Pencarian dan Pengumpulan Maklumat	23
	4.3 Rekabentuk Litar	23
	4.4 Pembelian Komponen	24
	4.5 Mempelajari dan Memahami Perisian	24
	4.6 Pemasangan Komponen	24
	4.7 <i>Troubleshooting</i> Litar	25
	4.8 Rekabentuk Perkakasan	25
	4.9 Gabungan Litar Elektronik dan Perkakasan	25
	4.10 Kemaskini Projek	26
	4.11 Persiapan Laporan Akhir dan Pembentangan	26
V	PEMBANGUNAN PROJEK	
	5.1 Jangkaan Hasil	30
	5.2 Pembangunan Litar Elektronik	33
	5.2.1 Eksperimen Awal Yang Dijalankan	33
	5.2.2 Litar Skematik	35
	5.3 Pembangunan Perkakasan	39
VI	ANALISIS HASIL / KEPUTUSAN	
	6.1 Keputusan	42
	6.2 Rumusan	44
VII	PENUTUP	
	7.1 Perbincangan	45
	7.2 Cadangan	46
	7.3 Kesimpulan	47
	RUJUKAN	48
	LAMPIRAN	49

SENARAI SINGKATAN

- PWM* - Modulasi Lebar Denyut (*Pulse Width Modulation*)
DC - Arus Terus (*Direct Current*)
LED - Diod Pemancar Cahaya (*Light Emitter Diode*)
PCB - Papan Litar Bercetak (*Printed Circuit Board*)

SENARAI RAJAH

NO.	TAJUK	HALAMAN
2.1	Pengaruh Kitaran Kerja Terhadap Penghapusan Riak	4
2.2	Kesan Percikan Voltan Pada Mosfet Semasa Pensuisan	5
3.1	Litar Penukar Buck	6
3.2	Penghasilan Voltan Keluaran DC Yang Lebih Teratur	7
3.3	Operasi Litar Dalam Keadaan Terbuka	7
3.4	Hasil Analisis Semasa Litar Terbuka	8
3.5	Operasi Litar Dalam Keadaan Tertutup	9
3.6	Hasil Analisis Semasa Litar Tertutup	10
3.7	Analisis Arus Dalam 3 Keadaan Yang Berlainan	10
3.8	Pengiraan Arus Pearuh Purata	11
3.9	Mod Operasi Arus Berterusan	12
3.10	Riak Voltan Keluaran	12
3.11	Merekabentuk Litar Penukar Buck	14
3.12	Kitaran Kerja (Duty Cycle)	15
3.13	Binaan dan Sambungan Pin UC3526	16
3.14	Tempoh Aplikasi Pengayun Menggunakan Nilan C Yang Pelbagai	17
3.15	Aplikasi dan Gabungan Litar Ringkas Pada UC3526	17-21
3.16	Binaan Dalaman Optocoupler	22
4.1	Carta Alir Pelaksanaan Projek	24
5.1	Gambarajah Blok Litar-Litar Buck Converter Trainer	31
5.2	Cadangan Model Awal Buck Converter Trainer	31
5.3	Fungsi Optocoupler Sebagai Pensuisan Bagi MOSFET	33
5.4	Simulasi Litar Penukar Buck Tanpa Suis Aktif	34
5.5	Litar Skematik Pengawal PWM	35
5.6	Litar Pengatur Voltan (12V DC - 5V DC)	36
5.7	Litar Optocoupler Sebagai Pensuisan MOSFET	36

5.8	Litar Penukar Buck	37
5.9	Memulakan Perisian OrCAD	38
5.10	Pemilihan Komponen	38
5.11	Pematerian Komponen Pada PCB	39
5.12	Pengujian Keterusan Litar	39
5.13	Keadaan Litar Yang Siap Dipateri	40
5.14	Kaedah Mengambil Voltan Keluaran	40
5.15	Model Trainer Pada Pandangan Atas	41
5.16	Model Trainer Pada Pandangan Hadapan	41
6.1	Bacaan Voltan Keluaran	42-43

SENARAI JADUAL

NO.	TAJUK	HALAMAN
4.1	Jadual Pelaksanaan Kerja	29

SENARAI LAMPIRAN

NO.	TAJUK	HALAMAN
1	Kajian Literatur	49

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Penyataan Masalah

Antara masalah-masalah yang dikenalpasti yang membawa kepada tercetusnya idea bagi projek ini yang pertama ialah belum ada peralatan seperti ini didapati di makmal-makmal FKE UTeM. Hal ini mungkin disebabkan *trainer* yang berada di pasaran terlalu mahal ataupun tidak sesuai digunakan semasa sesi pembelajaran. Pelajar-pelajar diminta untuk menyiapkan satu projek seperti *converter* dan *inverter* semasa sesi makmal yang mungkin akan menambahkan beban pelajar itu sendiri dengan tugas-tugas yang telah ditetapkan bagi subjek-subjek lain yang dipelajari. Yang kedua ialah pengatur voltan (*voltage regulator*) yang sedia ada mempunyai kurang kecekapan jika dibandingkan dengan penukar buck semasa pengukuran diambil. Ini akan menyebabkan terhasilnya bacaan ralat yang amat besar jika dibandingkan dengan nilai teori. Masalah terakhir yang dapat dikenalpasti ialah ada segelintir pelajar yang kurang memahami apa yang telah dipelajari dan sukar untuk mempratikkannya. Ini berpunca daripada kekeliruan pelajar itu tentang konsep sebenar sesuatu teori kerana tiada eksperimen yang dapat menerangkan dengan lebih mendalam bagaimana terhasilnya sesuatu nilai bacaan.

1.2 Objektif Projek

Beberapa objektif telah digariskan bagi dijadikan panduan dalam menyiapkan projek antaranya ialah *trainer* ini dapat digunakan semasa sesi pembelajaran subjek Elektronik Kuasa. Ini juga akan dapat memudahkan pelajar dan meringankan beban mereka dalam menyiapkan tugas yang lain. Kedua *trainer* ini dapat digunakan sebagai rujukan bagi membandingkan nilai daripada teori dan bacaan semasa eksperimen. Trainer ini juga adalah sesuatu peralatan pengukuran yang dapat menghasilkan bacaan yang mempunyai kecekapan yang lebih tinggi ($\geq 80\%$) dan bacaan voltan keluaran ($\leq 5V$) yang lebih teratur.

1.3 Skop Projek

Skop bagi projek ini meliputi:

- a) kajian literatur bagi projek-projek atau kajian-kajian terdahulu.
- b) rekabentuk litar-litar elektronik dan menggabungkan menjadi sebuah litar lengkap untuk *trainer* ini.
- c) kemahiran dalam melakukan pengujian dalam menguji komponen-komponen elektronik dan *troubleshoot* masalah-masalah yang terdapat apabila litar tidak berfungsi.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

Kajian literatur adalah kajian yang dijalankan terhadap suatu projek terdahulu yang telah dilaksanakan oleh seseorang individu, tokoh-tokoh cendekiawan atau sebagainya. Kajian ini dijalankan mestilah mempunyai kaitan dengan tajuk yang dicadangkan. Kajian berkaitan dengan penukar jenis buck perlu dijalankan kerana tajuk yang dicadangkan ialah "Buck Converter Trainer" agar dapat membuahkan hasil yang diharapkan.

2.1 Objektif Kajian

- Kajian dilakukan untuk memberi gambaran kepada pembaca secara kasar mengenai projek yang dicadangkan melalui projek yang telah di buat oleh individu lain.
- Kajian dilakukan terhadap projek yang telah dijalankan sebelum ini untuk mengenal pasti kelemahan dan kelebihan projek tersebut.
- Membolehkan pengkaji mengkaji teori atau kaedah yang digunakan oleh projek sebelum ini untuk diadaptasikan ke dalam projek yang dicadangkan.
- Mengkaji serta menambahkan maklumat yang tidak terdapat di dalam projek sebelum ini.

2.2 Model Kajian

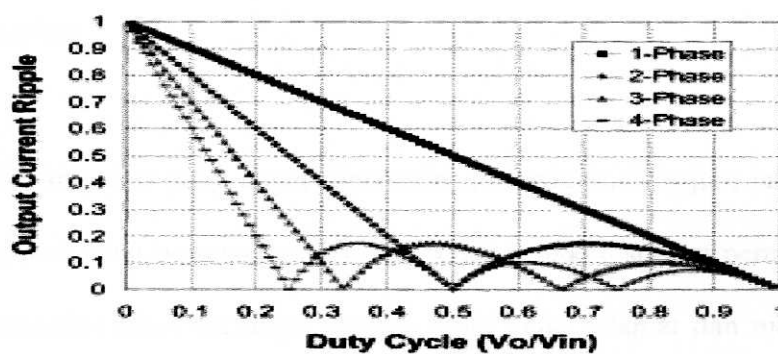
Untuk kajian literatur saya telah memilih 2 jurnal yang mungkin dapat membantu dalam menambah maklumat dalam projek semester ini iaitu:

- a) *Multiphase Coupled-Buck Converter – A Novel High Efficient Voltage Regulator Module.* (Peng Xu, Jia Wei dan Fred C. Lee)
- b) *Advanced Control of Buck Converter.* (Suzana Uran dan Miro Milavonic)

2.3 Hasil Kajian dan Pemerhatian

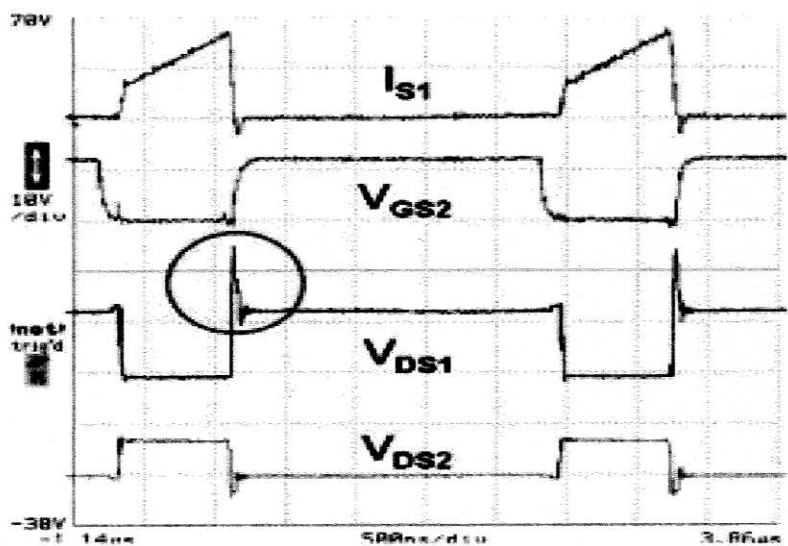
Daripada hasil kajian beberapa kelebihan dapat diperolehi hasil daripada beberapa pengubahsuaian ke atas litar asas penukar buck di mana ciri-ciri *Multiphase Coupled Buck Converter* ialah:

- Dapat mengurangkan pengaruh riak di dalam kitaran kerja.
- Dapat memberi nilai kecekapan yang tinggi di mana nilai kitar kerja turut mempengaruhi nilai kecekapan semasa bacaan diambil,



Rajah 2.1 menunjukkan pengaruh kitaran kerja terhadap penghapusan riak

- Dapat mengatasi masalah percikan voltan dalam MOSFET



Rajah 2.2 menunjukkan kesan percikan voltan di dalam MOSFET semasa proses pensuisan berlaku di mana ia akan mengganggu keadaan penstabilan bagi sesebuah peralatan tersebut.

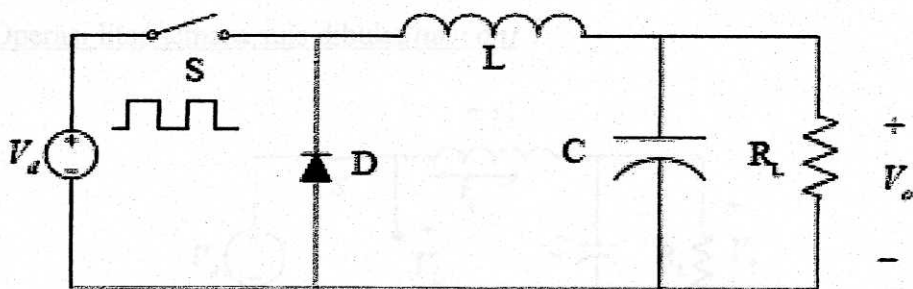
Hasil daripada kajian juga didapati pendekatan menggunakan pengawal PI (*Proportional Integral*) dapat mewujudkan ralat keadaan mantap di mana ia akan membolehkan sesuatu sistem itu berfungsi mengikut apa yang telah ditetapkan.

Kesimpulan yang dapat diperolehi daripada hasil kajian ialah pemilihan pengawal yang bersesuaian perlulah dititikberatkan supaya peranti yang akan digunakan akan berfungsi dengan lebih baik, selamat dan memenuhi ciri-ciri yang dikehendaki.

BAB 3

TEORI

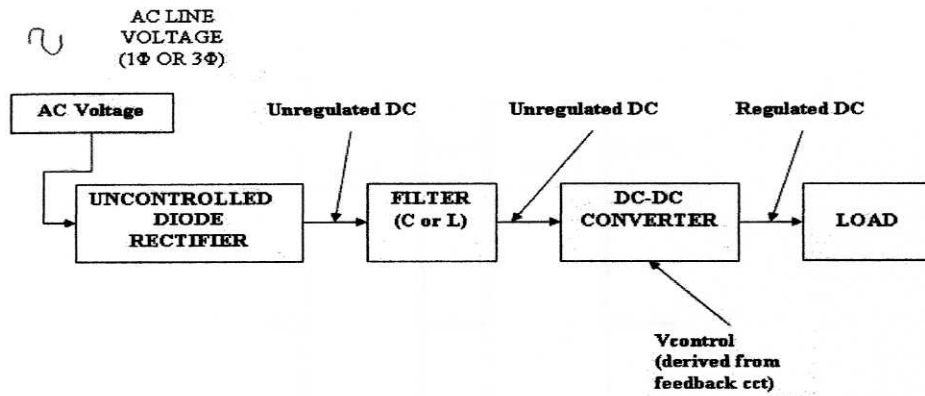
3.1 Buck Converter



CIRCUIT OF BUCK CONVERTER

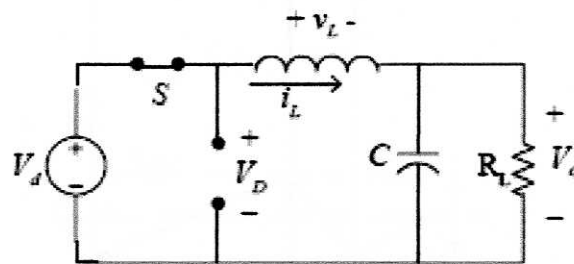
Rajah 3.1 Litar Penukar Buck

Rajah 3.1 diatas menunjukkan litar asas penukar buck. Ia juga mempunyai terma-terma yang lain yang digunapakai seperti *chopper* dan *DC-DC step down converter*. Penukar Buck ialah gabungan beberapa komponen elektronik yang ringkas seperti diod, pearuh, pemuat, suis aktif dan perintang (beban) membentuk sebuah litar ringkas yang berfungsi sebagai penukar voltan masukan DC yang tidak teratur kepada voltan keluaran DC yang lebih terkawal. Rajah dibawah pula menunjukkan secara ringkas apakah yang dimaksudkan dengan voltan keluaran yang lebih teratur.



Rajah 3.2 Gambaran Menunjukkan Bagaimana Sesuatu Voltan Keluaran DC Yang Teratur Boleh Dihasilkan.

A – Operasi litar semasa suis dibuka (turn on)

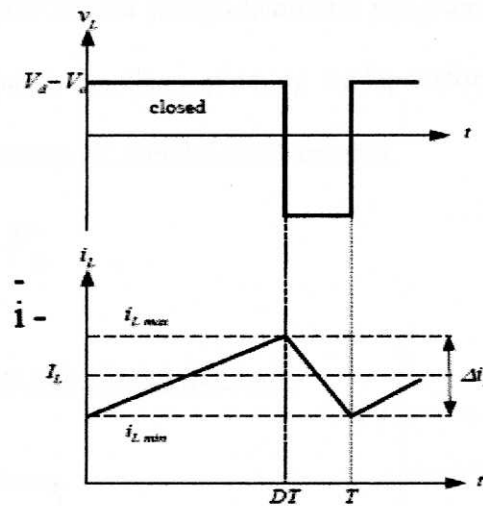
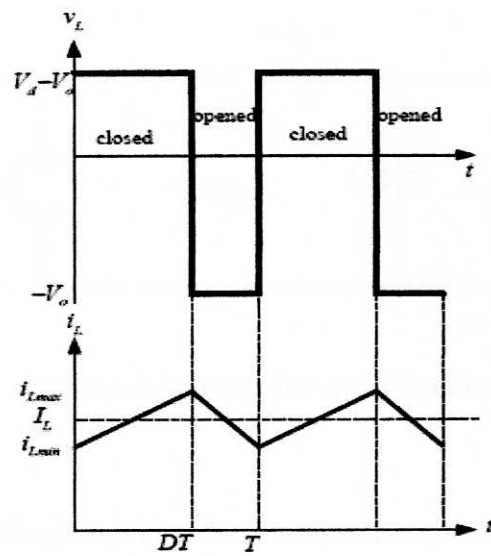


Rajah 3.3 Litar dalam keadaan terbuka

Gambarajah 3.3 menunjukkan keadaan semasa suis dibuka. Semasa keadaan ini diod berada dalam keadaan pincang belakang (*reversed biased*) di mana suis berfungsi sebagai pengalir arus pada pearuh. Ini akan menghasilkan nilai bacaan voltan positif bagi pearuh.

$$v_L = V_d - V_o \quad v_L = L \frac{di_L}{dt} \quad i_L = \frac{1}{L} \int v_L dt \quad (3.1)$$

B – Analisis litar semasa suis dibuka (turn on)



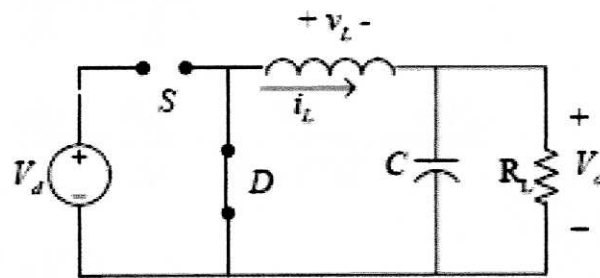
Rajah 3.4 Hasil analisis semasa litar terbuka

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_d - V_o}{L} \quad (\Delta i_L)_{closed} = \left(\frac{V_d - V_o}{L} \right) \cdot DT$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_d - V_o}{L}$$

(3.2)

C – Operasi litar semasa suis ditutup (turn off)

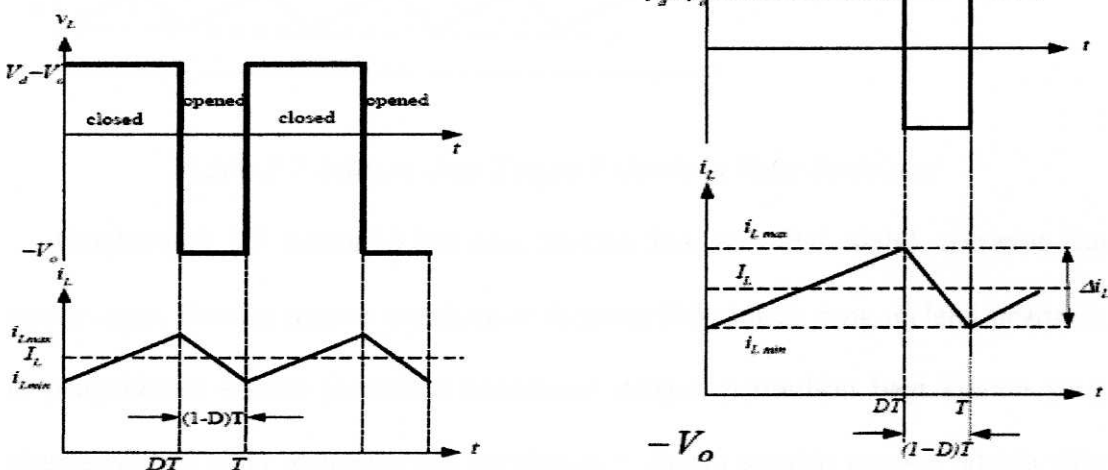


Rajah 3.5 Litar Dalam Keadaan Tertutup

Gambarajah 3.2 menunjukkan keadaan semasa suis ditutup. Arus pada pearly i_L akan terus mengalir kerana tenaga kearuahn yang tersimpan. Semasa keadaan ini diod berada dalam keadaan pincang hadapan (forward biased) dan akan menyebabkan arus mengalir melalui diod tersebut.

$$v_L = -V_o \quad (3.3)$$

D – Analisis litar semasa suis ditutup (turn off)



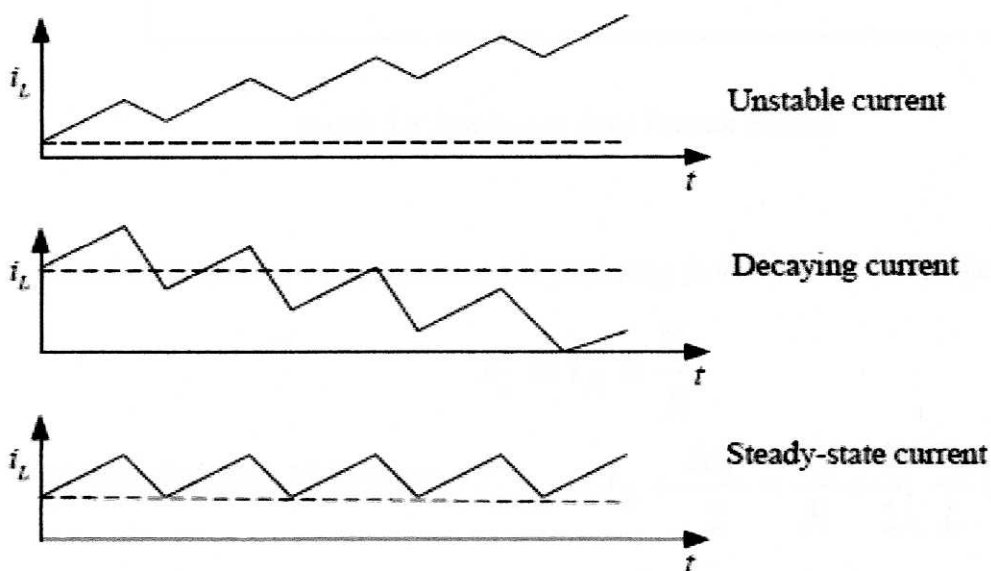
Rajah 3.6 Hasil Analisis Semasa Litar Tertutup

$$v_L = -V_o \Rightarrow \frac{di_L}{dt} = \frac{-V_o}{L}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{(1-D)T} = \frac{-V_o}{L}$$

$$(\Delta i_L)_{opened} = \left(\frac{-V_o}{L} \right) \cdot (1-D)T \quad (3.4)$$

E – Operasi semasa keadaan *steady-state*



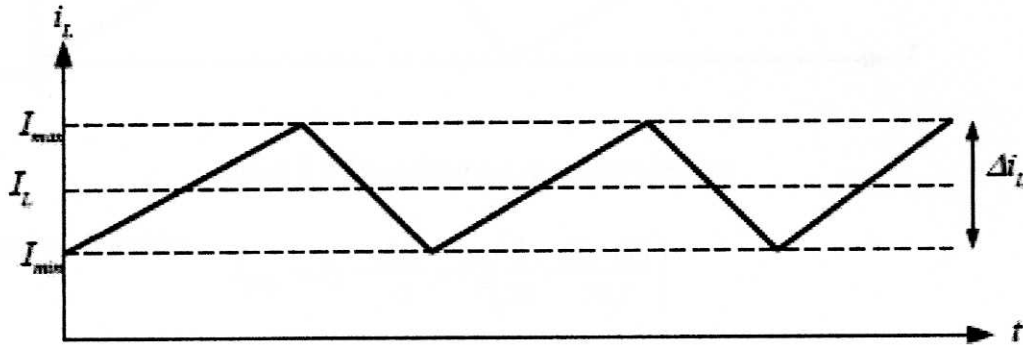
Rajah 3.7 Analisis Arus Dalam 3 Keadaan Yang Berlainan

Gambarajah 3.7 menunjukkan arus semasa keadaan tidak stabil, mereput dan *steady-state*. Semasa operasi *steady-state* ia memerlukan arus yang melalui pearly, i_L di pengakhiran kitaran pensuisan bersamaan dengan permulaan bagi kitaran yang seterusnya. Ini akan menyebabkan perubahan i_L dalam sesuatu tempoh adalah sifar atau tiada perbezaan.

$$(\Delta i_L)_{closed} + (\Delta i_L)_{opened} = 0 \quad \Rightarrow V_o = DV_d$$

$$\left(\frac{V_d - V_o}{L}\right) \cdot DT_s - \left(\frac{-V_o}{L}\right) \cdot (1-D)T_s = 0 \quad (3.5)$$

F – Arus Pearuh (i_L) Purata, Minimum, Maksimum



Rajah 3.8 Pengiraan Arus Pearuh Purata

Arus Pearuh Purata = Arus purata pada perintang (beban). Ini akan menjadikan

$$I_L = I_R = \frac{V_o}{R}$$

Ini bermakna Arus Maksimum:
$$I_{\max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_o}{R} + \frac{1}{2} \left(\frac{V_o}{L} (1-D)T \right)$$

$$= V_o \left(\frac{1}{R} + \frac{(1-D)}{2Lf} \right)$$

Dan Arus Minimum:

$$I_{\min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2}$$

$$= V_o \left(\frac{1}{R} - \frac{(1-D)}{2Lf} \right)$$