


**MENGANALISA KETIDAKSTABILAN HARMONIK DALAM
PENUKAR *AC/DC* SATU FASA**

MOHD FIZAN BIN ZINOL@ZAINOL

NOVEMBER 2005

“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 : WAHIDAH BINTI ABD HALIM

Tarikh : 21/11/2005

**MENGANALISA KETIDAKSTABILAN HARMONIK DALAM PENUKAR
AC/DC SATU FASA**

MOHD FIZAN B ZINOL@ZAINOL

Laporan Ini Diserahkan Bagi Tujuan Penyempurnaan Ijazah Sarjana Muda
Kejuruteraan Elektrik (Kuasa Industri)

Fakulti Kejuruteraan Elektrik
Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia

November 2005

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

Tandatangan :
Nama : MOHD FIDAN BIN JAINOL
Tarikh : 21 NOV 2005

PENGHARGAAN

Di kesempatan ini, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak. Terutamanya kepada Pn. Wahidah Bt. Abdul Halim selaku penyelia projek ini dalam menyumbang idea dan panduan sepanjang menjayakan projek ini. Tidak lupa juga kepada semua juruteknik yang telah banyak membantu dan memberi tunjuk ajar.

Akhir sekali, terima kasih kepada keluarga tercinta di atas sokongan, penghargaan dan pemahaman anda. Segala bentuk pengorbanan anda dalam menjayakan projek ini tidak akan saya lupakan.

Sekian terima kasih.

ABSTRAK

Harmonik merupakan satu fenomena yang sering terjadi di dalam setiap sistem samada elektronik atau elektrik. Ketidakstabilan harmonik ini akan menyebabkan berlakunya gangguan terhadap sesuatu sistem. Harmonik yang ganjil dikenalpasti sebagai harmonik yang mengganggu kestabilan sesuatu sistem. Di dalam menjalankan projek ini, litar yang digunakan untuk menganalisa harmonik adalah litar penerus gelombang penuh sistem satu fasa. Beban yang digunakan adalah terdiri daripada beban R, beban RC, beban RL dan beban RLC. Bagi setiap jenis beban analisa dijalankan pada sudut Alpha yang berbeza. Hal ini bertujuan untuk membuat analisa terhadap ketidakstabilan harmonik yang terhasil. Kaedah ini boleh diaplikasikan ke atas setiap litar elektronik untuk mendapatkan gelombang keluaran yang lebih baik bagi sesuatu sistem tersebut.

ABSTRACT

Harmonics is a phenomenon that commonly occurs in every electronic system. Harmonics instabilities will cause disturbance to a system. Odd harmonics is known as the harmonics that disturbs the stability of a system. In completing this project, the circuit that is used to analyze the harmonics is a single phase full wave rectifier circuit. The load that is used consists of R load, RC load, RL load and RLC load. For each load, the analysis is done for different Alpha angles. This is done so that an analysis about harmonic instability can be produced. This method is applied to each electronic circuit to get a better output waveform for the system.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	HALAMAN
	Penghargaan	iii
	Abstrak	iv
	Abstract	v
	Senarai Jadual	ix
	Senarai Rajah	x
	Senarai Lampiran	xii
1	Pengenalan	1
	1.1 Harmonik di dalam sistem elektronik	1
	1.2 Skop Projek	4
	1.3 Tujuan dan Objektif	4
2	Latarbelakang Projek	6
	2.1 Pemilihan Litar	6
	2.2 Tiristor	7
	2.3 Fungsi Litar Penerus gelombang Penuh	8
	2.4 Penerunan Harmonik Di dalam Litar Elektronik	11
3	Methodologi Projek	12
	3.1 PSCAD/EMTDC	12
	3.2 Carta Alir Projek	13
	3.3 Litar Peneus Gelombang Penuh Dengan PSCAD	15

3.3.1	Peninjau Frekuensi Berkadar Terus (FFT)	16
3.3.2	Penentudalaman Denyutan Sambutan	17
3.3.3	Pengayun Kawalan Voltan	18
4	Keputusan Dan Perbincangan	20
4.1	Penerus dengan beban R pada sudut 45° dan 90°	23
4.1.1	Penerus dengan beban $R = 10\Omega$ pada sudut 45° dan 90°	23
4.1.2	Penerus dengan beban $R = 10k\Omega$ pada sudut 45° dan 90°	25
4.2	Penerus dengan beban R dan C pada sudut 45° dan 90°	28
4.2.1	Penerus dengan beban $R=100\Omega$ dan $C=100\mu F$ pada sudut 45° dan 90°	28
4.2.2	Penerus dengan beban $R=10k\Omega$ dan $C=100mF$ pada sudut 45° dan 90°	30
4.3	Penerus dengan beban R dan L pada sudut 45° dan 90°	33
4.3.1	Penerus dengan beban $R= 100\Omega$ dan $L= 25H$ pada sudut 45° dan 90°	33
4.3.2	Penerus dengan beban $R=10k\Omega$ dan $L=100H$ pada sudut 45° dan 90°	35
4.4	Penerus dengan beban R, L dan C pada sudut 45° dan 90°	38
4.4.1	Penerus dengan beban $R= 10\Omega$, $L= 35mH$ dan $C= 25\mu F$ pada sudut 45° dan 90°	38
4.4.2	Penerus dengan beban $R=1k\Omega$, $L=100H$ dan $C= 100\mu F$ pada sudut 45° dan 90°	40
5	Kesimpulan dan Cadangan	43
5.1	Kesimpulan	43
5.1	Cadangan	44

Rujukan	45
Lampiran A	46
Lampiran B	48
Lampiran C	51
Lampiran D	53
Lampiran E	55
Lampiran F	60
Lampiran G	62

SENARAI JADUAL

No	PERKARA	HALAMAN
1.1	Statistik arus harmonik di dalam sesebuah bilik pemprosesan data	2
4.1	Keputusan simulasi yang di perolehi	21
4.2	Keputusan untuk beban R sahaja	27
4.3	Keputusan untuk beban R dan C	32
4.4	Keputusan untuk beban R dan L	37
4.5	Keputusan untuk beban R,L dan C	42

SENARAI RAJAH

No	PERKARA	HALAMAN
1.1	Kesan Peningkatan Harmonik ke atas voltan	3
1.2	Kesan Peningkatan Harmonik ke atas arus	3
2.1	Kepelbagaian penggunaan tiristor.	7
2.2	Simbol tiristor	7
2.3	Ciri-ciri I-V untuk pengoperasian tiristor	8
2.4	Pengoperasian tiristor dalam litar elektronik	8
2.5	Litar umum Penerus gelombang penuh satu fasa	9
2.6	Gelombang keluaran litar umum penerus gelombang penuh	10
3.1	Carta alir keseluruhan projek	14
3.2	Litar Penerus Gelombang Penuh Dengan PSCAD	15
3.3	Litar kawalan untuk harmonik	15
3.4	Isyarat <i>gate</i> untuk tiristor	16
3.5	Peninjau Frekuensi Berkadar Terus	17
3.6	Penentudalaman Denyutan Sambutan	18
3.7	Penyambungan untuk Penentudalaman Denyutan Sambutan	18
3.8	Pengayun Kawalan Voltan	19
3.9	Penyambungan Pengayun Kawalan Voltan	19
4.1	Paparan kawalan Alpha	22
4.2	Litar Penerus Gelombang Penuh beban $R=10\Omega$	23
4.3	Gelombang keluaran voltan dan harmonik bagi beban $R =$	24

	10 Ω pada sudut 45° dan 90°	
4.4	Litar Penerus Gelombang Penuh beban R=10k Ω	25
4.5	Gelombang keluaran voltan dan harmonik bagi beban R = 10k pada sudut 45° dan 90°	26
4.6	Litar penerus gelombang penuh beban R=100 Ω dan C= 100uF	28
4.7	Gelombang keluaran voltan dan harmonik bagi beban R = 100 Ω dan C= 100uF pada sudut 45° dan 90°	29
4.8	Penerus dengan beban R=10k Ω dan C=100mF pada sudut 45° dan 90°	30
4.9	Gelombang keluaran voltan dan harmonik bagi beban R = 10k Ω dan C= 100mF pada sudut 45° dan 90°	31
4.10	Penerus dengan beban R=100 Ω dan L= 25H pada sudut 45° dan 90°	33
4.11	Gelombang keluaran voltan dan harmonik bagi beban R = 100 Ω dan L=25H pada sudut 45° dan 90°	34
4.12	Penerus dengan beban R=10k Ω dan L= 100H pada sudut 45° dan 90°	35
4.13	Gelombang keluaran voltan dan harmonik bagi beban R=10k Ω dan L= 100H pada sudut 45° dan 90°	36
4.14	Litar penerus menggunakan beban R=10 Ω , L= 35mH dan C=25uF pada sudut 45° dan 90°	38
4.15	Gelombang keluaran voltan dan harmonik bagi beban R=10k Ω , L= 35mH dan C= 25uF pada sudut 45° dan 90°	39
4.16	Litar penerus menggunakan beban R=1k Ω , L= 100H dan C=100uF pada sudut 45° dan 90°	40
4.17	Gelombang keluaran voltan dan harmonik bagi beban R=1k Ω , L= 100H dan C= 100uF pada sudut 45° dan 90°	41

SENARAI LAMPIRAN

No.	PERKARA	HALAMAN
A	Additional Parameters	46
B	Harmonic Balance Background	48
C	Newton's Method	51
D	Overview of Harmonic Balance	53
E	K-Factor can be a Misleading Power Quality Indicator	55
F	Power Factor Correction/Harmonic Reduction	60
G	Three-phase Single Switch Power Factor Correction Circuit with Harmonic Reduction	62

BAB 1

PENGENALAN

Bab 1 menerangkan tentang objektif dan skop projek. Disamping itu penerangan tentang sedikit sebanyak permasalahan harmonik yang terdapat di dalam sesuatu sistem bekalan elektrik. Kesan peningkatan harmonik yang disebabkan oleh peningkatan penggunaan voltan dan arus.

1.1 HARMONIK DI DALAM SISTEM ELEKTRONIK

Harmonik merupakan satu keadaan di mana ianya mengganggu kestabilan sistem di dalam litar elektronik atau elektrik. Harmonik terdapat di dalam berbagai bentuk seperti harmonik kedua, harmonik ketiga, harmonik keempat dan seterusnya. Di dalam sistem, harmonik yang mengganggu kestabilan sistem adalah harmonik yang ganjil. Antaranya adalah harmonik ke-3 dan harmonik ke-5[1].

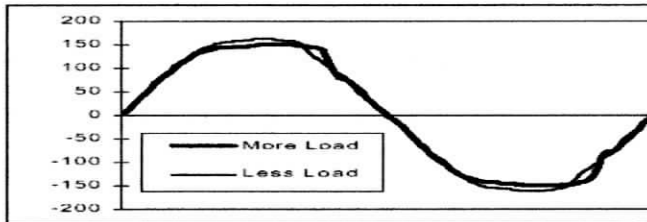
Pelbagai cara telah diambil untuk menstabilkan harmonik di dalam sesuatu sistem. Harmonik ini tidak boleh dihilangkan kerana ianya mesti wujud. Hal ini di sebabkan oleh penggunaan komponen di dalam litar elektronik seperti peraruh, perintang dan pemuat. Di mana di dalam litar elektrik pula komponen yang menghasilkan harmonik adalah seperti pengubah, pemutus litar dan lain-lain lagi.

Harmonik ini tidak boleh di hilangkan kerana keperluan untuk menggunakan komponen yang telah di nyatakan di atas. Ianya hanya dapat distabilkan dengan menggunakan kaedah yang sesuai. Jadual 1.1[2] menunjukkan kesan harmonik ke-3 hingga harmonik ke-13 terhadap bekalan kuasa yang telah diukur di dalam bilik pemprosesan data.

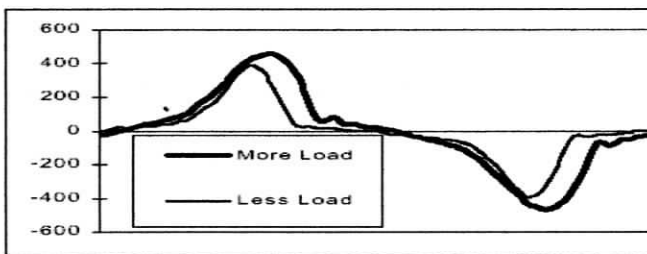
Jadual 1.1 Statistik arus harmonik di dalam sesebuah bilik pemprosesan data

Harmonik	Bekalan kuasa talian ke neutral(amp)	Bekalan kuasa talian ke talian(amp)	Bilik (amps)
Asas	0.65	0.82	0.92
Harmonik ke-3	0.52	0.0	0.26
Harmonik ke-5	0.42	0.49	0.23
Harmonic ke-7	0.29	0.29	0.13
Harmonik ke-9	0.13	0.0	0.06
Harmonik ke-11	0.12	0.074	0.06
Harmonik ke-13	0.098	0.033	0.04
Jumlah (RMS)	1.0	1.0	1.0
THD	116%	70%	42%
Perbandingan arus ke atas neutral ke fasa.	1.61	0.0	0.80
Perubahan Faktor Kuasa	0.65	0.82	0.92
Ukuran Nilai Pengubah	69-79%	71-81%	88-93%
Faktor-K	16	12	5

Rajah 1.1 dan Rajah 1.2 menunjukkan kesan peningkatan harmonik bagi voltan dan arus di dalam sesebuah sistem elektronik. Jika beban yang digunakan adalah berlebihan, maka harmonik akan meningkat terhadap voltan dan arus. Sebaliknya jika beban yang digunakan adalah berkurangan, harmonik yang terhasil akan berkurangan[2].



Rajah 1.1 Kesan Peningkatan Harmonik ke atas voltan



Rajah 1.2 Kesan Peningkatan Harmonik ke atas arus

1.2 Skop Projek

Di dalam menjalankan projek ini terdapat beberapa skop yang harus di ambil. Antara skop projek ini adalah:

- Penggunaan perisian PSCAD dalam membuat simulasi ke atas litar.
- Litar yang digunakan adalah penerus gelombang penuh satu fasa menggunakan tiristor sebagai alat pensuisan.
- Analisa ke atas ketidakstabilan harmonik yang terdapat di dalam litar penerus tersebut.
- Perbandingan keluaran harmonik yang terhasil ke atas litar penerus yang di gunakan dengan komponen yang berbeza iaitu R sahaja, RL, RC dan RLC.

1.3 Tujuan dan Objektif

Di dalam menjalankan analisa ini, tujuan utamanya adalah untuk mengkaji ketidakstabilan harmonik yang terdapat di dalam litar penerus gelombang penuh sistem satu fasa *ac/dc*. Mengkaji bagaimana harmonik terhasil apabila menggunakan komponen yang berlainan pada nilai yang berbeza.

Antara objektif projek ini adalah seperti berikut:-

1. Memahami pengoperasian bagi litar penerus gelombang penuh satu fasa sistem *ac/dc*
2. Mengenalpasti komponen yang digunakan untuk mengkaji ketidakstabilan harmonik yang terhasil dan membuat perbandingan ke atas penggunaan komponen yang berlainan seperti perintang, peraruh dan pemuat dengan nilai yang berbeza.

3. Menganalisa harmonik yang terdapat di dalam litar penerus gelombang penuh satu fasa menggunakan tiristor dengan simulasi di dalam PSCAD.

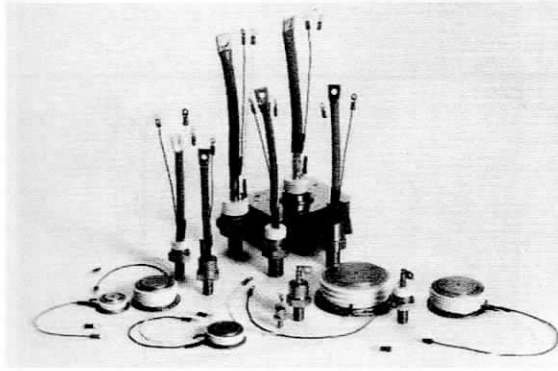
BAB 2

LATARBELAKANG PROJEK

Bab 2 menerangkan latar belakang projek yang dijalankan. Pemilihan komponen pensuisan yang akan digunakan akan dapat ditentukan. Perisian PSCAD digunakan untuk menganalisa ketidakstabilan harmonik yang terdapat di dalam litar tersebut.

2.1 PEMILIHAN LITAR

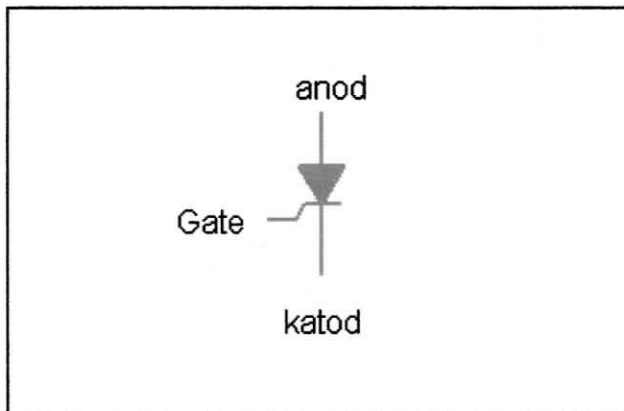
Sebelum memulakan projek ini, litar-itar yang akan digunakan dikenalpasti terlebih dahulu. Seperti yang telah di nyatakan di dalam bab 1, litar yang akan di gunakan adalah litar Penerus Gelombang Penuh Satu Fasa Sistem *ac/dc* . Litar ini dipilih adalah di sebabkan penggunaannya yang meluas di dalam sesebuah sistem elektronik. Terdapat banyak litar penerus yang boleh di gunakan, tetapi di dalam projek ini, penerus ini menggunakan tiristor sebagai alat pensuisan.



Rajah 2.1 Kepelbagaian penggunaan tiristor.

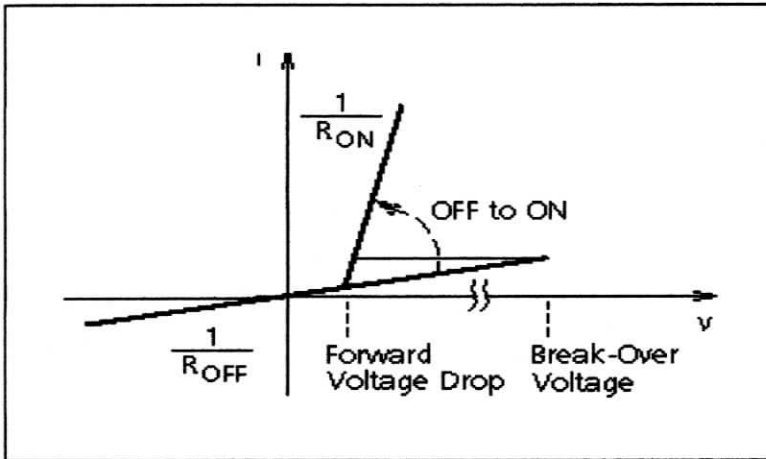
2.2 TIRISTOR

Tiristor merupakan komponen yang terdapat di dalam litar elektronik. Penggunaan tiristor amat meluas dan salah satunya ianya digunakan di dalam litar penerus gelombang penuh. Rajah 2.2 menunjukkan simbol bagi tiristor yang digunakan di dalam litar penerus ini.

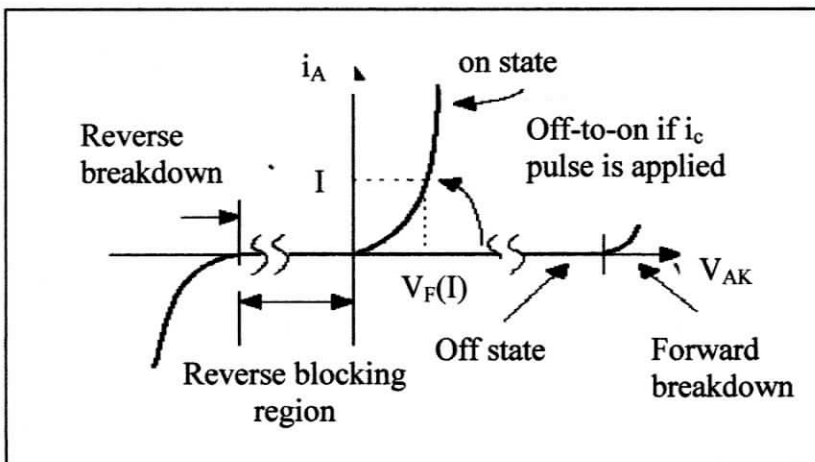


Rajah 2.2 Simbol tiristor

Tiristor berfungsi apabila denyutan diberikan kepada terminal *gate*. Ianya akan berhenti beroperasi bergantung kepada voltan dan arus yang melalui peranti tersebut. Tiristor merupakan peranti separuh pengalir empat lapis iaitu struktur *pnpn* dengan tiga simpang *pn*. Rajah 2.3 menunjukkan graf ciri-ciri I-V, manakala Rajah 2.4 pula menunjukkan graf untuk pengoperasian tiristor.



Rajah 2.3 Ciri-ciri I-V untuk pengoperasian tiristor

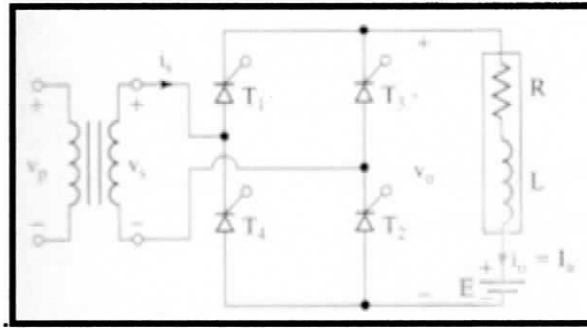


Rajah 2.4 Pengoperasian tiristor dalam litar elektronik

2.3 FUNGSI LITAR PENERUS GELOMBANG PENUH

Litar penerus gelombang penuh ini menggunakan empat komponen tiristor seperti Rajah 2.5. Penggunaan tiristor ini amat penting berbanding diod, kerana ianya merupakan komponen yang akan beroperasi bergantung kepada isyarat terminal ke *gate*. Selagi isyarat terminal ke *gate* tidak diberikan, ianya tidak akan beroperasi. Ianya juga akan mengeluarkan gelombang keluaran yang berbeza bagi setiap isyarat *gate* bergantung kepada nilai sudut yang dikenakan. Rajah 2.5 menunjukkan litar

umum untuk penerus gelombang penuh yang menggunakan tiristor dengan beban rintangan, R dan peraruh, L dan bekalan dc, E.



Rajah 2.5 Litar umum Penerus gelombang penuh satu fasa

Pengoperasian untuk litar penerus Rajah 2.5 boleh dibahagikan kepada dua bahagian yang sama cara. Untuk cara pertama, apabila $T1$ and $T2$ beroperasi dan untuk cara kedua pula apabila $T3$ dan $T4$ pula beroperasi[3].

Bahagian pertama akan beroperasi untuk $\alpha \leq \omega t \leq (\alpha + \pi)$. Jika $v_s = \sqrt{2} V_s \sin \omega t$ adalah voltan masukan, maka arus beban (i_L) adalah:

$$L \frac{di}{dt} + RiL + E = \sqrt{2} V_s \sin \omega t \quad (2.1)$$

Persamaan di atas adalah terbit daripada persamaan (2.2)

$$i_L = \frac{\sqrt{2}V_s}{Z} \sin \omega t - \theta + A_1 e^{-(R/L)t} - \frac{E}{R} \quad \text{for } i_L \leq 0 \quad (2.2)$$

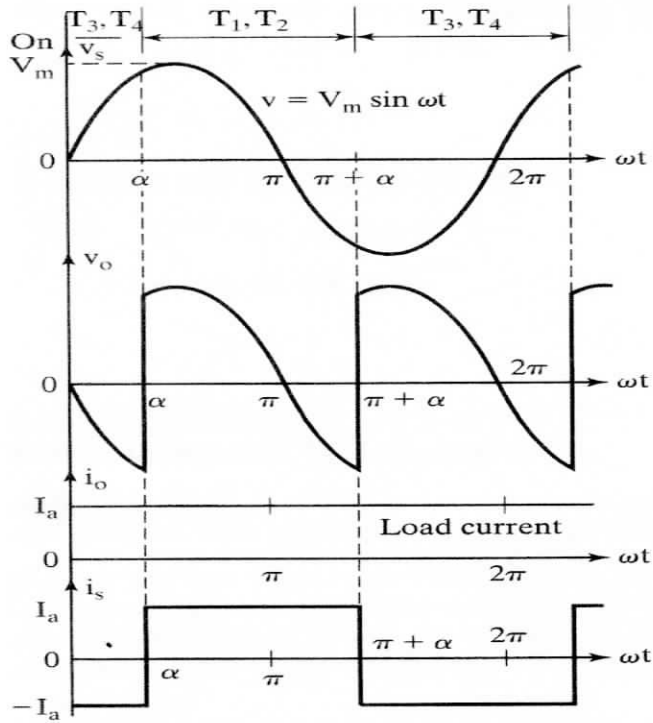
Untuk harmonik ke-3 dan ke-5 boleh dihapuskan jika $B_3 = B_5 = 0$ dan persamaan (2.3) memberikan persamaan yang mudah untuk diselesaikan.

$$B_n = \frac{4V_s}{\pi} \frac{1 - 2 \cos \eta \alpha + 2 \cos \eta \alpha^2}{\eta} \quad (2.3)$$

$$1 - 2 \cos 3\alpha_1 + 2 \cos 3\alpha_2 = 0 \quad \text{or} \quad \alpha_2 = 1/3 \cos^{-1} (\cos 3 \alpha_1 - 0.5)$$

$$1 - 2 \cos 5\alpha_1 + 2 \cos 5\alpha_2 = 0 \quad \text{or} \quad \alpha_2 = 1/5 \cos^{-1} (\cos 5 \alpha_1 - 0.5)$$

Rajah 2.6 pula menunjukkan keluaran gelombang untuk voltan masukan, voltan keluaran, dan arus beban. Untuk voltan beban, ianya akan terhasil mengikut sudut alpha yang dikenakan.



Rajah 2.6 Gelombang keluaran penerus gelombang penuh