

“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

: Ir Rosli Bin Omar

Tarikh

: 7 Mei 2007

MERKABENTUK PENAPIS PASIF BAGI HARMONIK DALAM SISTEM  
PENGAGIHAN


MOHAMAD FARIDZ BIN MOHAMAD NASIR

Laporan Ini Dikemukakan Sebagai Memenuhi Sebahagian Daripada Syarat  
Penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Elektrik (Kuasa Industri)

Fakulti Kejuruteraan Elektrik  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

Mei 2007

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

Tandatangan :  .....

Nama : Mohamad Faridz Bin Mohamad Nasir

Tarikh : 7 Mei 2007

*Teristimewa buat ayah dan ibu tersayang...*

*Juga*

*Teman seperjuangan...*

*Terima kasih atas sokongan dan dorongan yang diberikan...*

## ABSTRAK

Penggunaan tenaga elektrik bertambah begitu mendadak sekali sejajar dengan pembangunan negara untuk mencapai statusnya sebagai negara perindustrian. Dalam penggunaan tenaga elektrik yang besar, satu perkara yang memainkan peranan penting di dalam sesebuah pengagihan sistem elektrik ialah kualiti kuasa elektrik itu sendiri. Dalam konteks ini, apabila kualiti pada sistem kuasa itu tidak memuaskan, sistem pengagihan akan menghadapi pelbagai masalah berkaitan kecekapan dan keberfungsian peralatan elektriknya. Oleh itu, keseluruhan sistem tidak beroperasi dengan cekap disebabkan gangguan di dalam sistem pengagihan. Antara gangguan yang menyebabkan kualiti kuasa ini tidak baik, ialah harmonik. Gangguan ini menyebabkan peralatan elektrik panas dan tidak berfungsi dengan baik. Justeru itu, projek ini adalah merupakan satu penganalisan dan kajian berkaitan penapis bagi mengurangkan harmonik dalam sistem pengagihan amnya. Projek dijalankan dengan mengenalpasti punca dan kesan harmonik serta ciri-cirinya pada sistem kuasa voltan rendah 240V dan 415V. Selain itu, ia direkabentuk dengan perlarasan nilai pemuat bersama nilai induktor untuk bertindak sebagai penapis harmonik gandaan tiga iaitu 3, 9, 15 dan 21 yang kebanyaannya menjadi punca gangguan pada sistem elektrik.

## ABSTRACT

Electric usage increased dramatically synchronizes with the country development in objective to reach an industrial country status. The efficiency of power quality is the main achievement in electrical distribution in wide usage of the country. In this case, the worst power quality cause to lack efficient and malfunction on several electrical equipment in distribution system. Therefore, the system will operate with lack of efficiency because of disturbances occur in electric distribution system. Harmonic is the one of the disturbance in electrical system that influenced the power quality. This kind of disturbance make most of electrical equipment malfunctions because of overheated. Therefore, harmonics analysis and research has been done in purpose solution to reduce the harmonic value in distribution system generally. So, this project has been done with identifying specific factor and the characteristic of harmonics in distribution system within low voltage level, 240V and 415V. In other hand, the filter designing method is to find the best tuning on capacitor with a static value of inductor to decrease a triplen harmonic 3, 9, 15 and 21 that is a major factor of disturbance in electrical distribution system.

## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>HALAMAN</b>
	<b>HALAMAN PENGAKUAN</b>	ii
	<b>HALAMAN DEDIKASI</b>	iii
	<b>ABSTRAK</b>	iv
	<b>ABSTRACT</b>	v
	<b>ISI KANDUNGAN</b>	vi
	<b>SENARAI JADUAL</b>	ix
	<b>SENARAI RAJAH</b>	x
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xii
<b>I.</b>	<b>Pengenalan</b>	
	1.1 Latarbelakang	1
	1.2 Penyataan Masalah	4
	1.3 Objektif Projek	5
	1.4 Skop Projek	5
	1.5 Metodologi	5
<b>II.</b>	<b>Kajian Literatur</b>	
	2.1 Pengenalan	7
	2.2 Penghapusan Harmonik	8
	2.3 Rumusan	9

### **III. KUALITI KUASA**

3.1	Pengenalan	10
3.2	Kepentingan Kualiti Kuasa	11
3.3	Masalah Kualiti Kuasa	12
3.3.1	Bekalan	12
3.3.2	Pengagihan Dalam	12
3.3.3	Beban	12

### **IV. ASAS HARMONIK**

4.1	Pendahuluan	13
4.2	Harmonik	14
4.3	Sumber Harmonik	19
4.3.1	Pengubah Elektrik	19
4.3.2	Mesin Elektrik	20
4.3.3	Lampu Pendaflour	20
4.4	Kesan Pengherotan Harmonik dalam Sistem Kuasa	20
4.4.1	Kehilangan Tembaga	20
4.4.2	Kehilangan Teras	21
4.5	Kesan Harmonik pada Peralatan Sistem kuasa	21

### **V. PENAPIS HARMONIK**

5.1	Pendahuluan	22
5.2	Penapis Larasan Sesiri	22
5.3	Penapis Jalur Laluan Berganda	23
5.4	Rekabentuk Penapis Harmonik	24



5.4.1	Penapis Larasan Sesiri	24
<b>VI.</b>	<b>SIMULASI PENAPIS LC</b>	
6.1	Pengenalan	27
6.2	Analisa Litar	27
6.3	Perbandingan Antara Simulasi dan Prototaip Perkakasan	47
<b>VII.</b>	<b>CADANGAN DAN KESIMPULAN</b>	
7.1	Cadangan	52
7.2	Rumusan dan Kesimpulan	53
	<b>RUJUKAN</b>	54
	<b>LAMPIRAN A- J</b>	55 - 64

## SENARAI JADUAL

NO	TAJUK	HALAMAN
3.1	Jenis gangguan.	11
6.1	Bacaan arus harmonik pada litar beban seimbang.	30
6.2	Bacaan harmonik pada beban seimbang selepas pemasangan penapis.	34
6.3	Nilai bacaan diambil dari spektrum pelarasan harmonik ke-9.	35
6.4	Nilai bacaan diambil dari spektrum pelarasan harmonik ke-15.	36
6.5	Nilai bacaan diambil dari spektrum pelarasan harmonik ke-21.	37
6.6	Spektrum harmonik beban tidak seimbang tanpa penapis.	40
6.7	Bacaan spektrum harmonik tidak seimbang dengan pemasangan penapis.	41
6.8	Nilai bacaan diambil dari spektrum pelarasan harmonik ke-9.	42
6.9	Nilai bacaan diambil dari spektrum pelarasan harmonik ke-15.	43
6.10	Nilai bacaan diambil dari spektrum pelarasan harmonik ke-21.	44
6.11	Menunjukkan nilai bacaan meter harmonik yang hadir dalam beban seimbang tidak linear.	47
6.12	Nilai bacaan harmonik pada beban seimbang dengan pemasangan penapis.	48
6.13	Nilai bacaan kehadiran harmonik dalam beban tidak seimbang.	49
6.14	Nilai bacaan penyusutan harmonik dalam beban tidak seimbang.	50

## SENARAI RAJAH

NO	TAJUK	HALAMAN
3.1	Sistem Pengagihan.	10
4.1	Perbezaan antara gelombang.	13
4.2	Isyarat ketika gelombang $v(t)$ berulang dengan kala $T$ saat.	15
4.3	Konsep harmonik dalam gelombang kompleks.	16
4.4	Herotan harmonik.	17
5.1	Penapis Larasan Sesiri.	23
5.2	Penapis Jalur Laluan Berganda.	23
6.1	Litar 3 fasa beban seimbang.	28
6.2	Spektrum harmonik bagi litar 3 fasa beban seimbang.	29
6.3	Penapis LC.	30
6.4	Pemasangan penapis pada litar beban seimbang.	32
6.5	Spektrum harmonik bagi beban seimbang selepas pemasangan penapis bagi harmonik ke-3.	33
6.6	Spektrum bagi hasil pelarasan harmonik ke-9.	35
6.7	Spektrum bagi hasil pelarasan harmonik ke-15.	36
6.8	Spektrum bagi hasil pelarasan harmonik ke-21.	37
6.9	Litar 3 fasa beban tidak seimbang.	38
6.10	Spektrum harmonik bagi beban tidak seimbang tanpa penapis LC.	39
6.11	Spektrum harmonik beban tidak seimbang dengan pemasangan penapis bagi harmonik ke-3.	40
6.12	Spektrum bagi hasil pelarasan harmonik ke-9.	42

6.13	Spektrum bagi hasil pelarasan harmonik ke-15.	43
6.14	Spektrum bagi hasil pelarasan harmonik ke-21.	44
6.15	Gambarajah blok projek.	46

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>NO</b>	<b>TAJUK</b>	<b>HALAMAN</b>
A	Spektrum Harmonik Pada Beban Seimbang A.	55
B	Spektrum Harmonik Pada Beban Seimbang B.	56
C	Spektrum Harmonik Pada Beban Seimbang C.	57
D	Spektrum Harmonik Pada Beban Seimbang D.	58
E	Spektrum Harmonik Pada Beban Seimbang E.	59
F	Spektrum Harmonik Pada Beban Tidak Seimbang F.	60
G	Spektrum Harmonik Pada Beban Tidak Seimbang G.	61
H	Spektrum Harmonik Pada Beban Tidak Seimbang H.	62
I	Spektrum Harmonik Pada Beban Tidak Seimbang I.	63
J	Spektrum Harmonik Pada Beban Tidak Seimbang J.	64

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Latarbelakang**

Kualiti kuasa adalah perkara penting di dalam sistem pengagihan elektrik. Kualiti kuasa yang baik tidak mudah dibekalkan kerana ia bergantung kepada jenis beban yang digunakan. Antara fenomena yang menjadi gangguan di dalam sistem elektrik adalah voltan lampau, sag voltan, pusingan, dan harmonik.

Masalah harmonik dalam sistem kuasa memang wujud sejak lama dahulu apabila ia membuatkan gelombang arus dan voltan terherot dalam talian kuasa. Kini gangguan harmonik adalah ditahap yang membimbangkan kerana banyak beban yang digunakan masa kini terdiri dari peranti elektronik yang merupakan salah satu jenis penyumbang besar sumber harmonik.

Kesan harmonik bergantung pada punca harmonik, lokasi pada sistem kuasa dan ciri-ciri rangkaian yang menggalakkan perambatan harmonik. Antara punca berlakunya harmonik ialah daripada beban yang tidak linear, antaranya :

1. Peralatan pejabat seperti komputer dan peralatan elektronik.
2. Lampu nyahcas.
3. Peneputan dan arus kemagnetan di dalam tansformer.
4. Pengubah frekuensi, relau arka, pengimpal dan pengawal voltan.

5. Pensuisan peranti semikonduktor kuasa seperti penerus dan penyongsang yang boleh mengherotkan gelombang sinus.
6. Peranti kawalan motor.
7. Penukaran dan penghantaran HVDC.

Gelombang voltan dan arus dalam litar kuasa selalunya tidak lagi berbentuk gelombang sinus tulen. Voltan talian mempunyai bentuk gelombang yang memuaskannya tetapi arus talian terherot dengan teruk sekali. Kesan herotan dalam gelombang arus dihasilkan oleh proses penepuan magnet dalam teras transformer atau dikenali kesan arus pular atau tindakan pensuisan tiristor dalam pacuan elektronik kuasa. Setiap gelombang sinus yang terherot mengandungi kandungan harmonik. Hanya komponen asas sahaja yang akan menghasilkan gelombang sinus tulen. Antara kesan harmonik ialah :

1. Kegagalan bank pemuat.
2. Gangguan sistem pembawa talian kuasa akan menyebabkan operasi peranti pensuisan jarak jauh, kawalan beban, dan pemeteran menjadi kurang tepat.
3. Kehilangan haba di dalam mesin segerak dan induksi.
4. Arus dan voltan lampau di dalam rangkaian.
5. Ralat di dalam meter induksi watt jam.
6. Gangguan isyarat dan geganti tidak berfungsi terutamanya di dalam sistem mikropemproses dan keadaan pejal.
7. Gangguan di dalam pengawal motor besar dan sistem pengujian stesen janakuasa menyebabkan keluaran tidak seragam daripada motor.

Kewujudan harmonik, seperti yang telah dimaklumkan, akan menyebabkan gelombang arus dan voltan terherot. Jumlah herotan harmonik ialah jumlah herotan harmonik arus dan voltan. Ia ditakrif sebagai nisbah punca min kuasa dua semua harmonik kepada nilai arus atau voltan asas.

Persamaan (1.1) dan (1.2) mengandaikan semua komponen genap harmonik diabaikan kerana kesannya yang sangat minimum dalam sistem tiga fasa. Ciri-ciri harmonik dalam sistem pengagihan adalah fungsi punca harmonik dan sambutan sistem. Contohnya, transformer menghasilkan harmonik arus yang tinggi daripada penepuan fluks (harmonik voltan) dan lokasi. Saiz bank pemuat menyumbangkan perambatan frekuensi saluran di dalam sistem pengagihan kepada punca harmonik. Harmonik yang disebabkan oleh arus komponen ketiga di dalam operasi transformer memberi kesan buruk. Harmonik arus akan memberi kesan yang teruk kepada pengubah dan mesin yang menghasilkan haba lampau. Penebatan pengubah dan belitan mesin mungkin hangus. Harmonik voltan dan arus mungkin meninggalkan kesan negatif kepada bank pemuat seperti pemanasan lampau, voltan lampau, perubahan tegasan dielektrik dan kehilangan.

$$THD_I = \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots}}{I_1} \quad (1.1)$$

$$THD_V = \frac{\sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + \dots}}{V_1} \quad (1.2)$$



## 1.2 Penyataan Masalah

Seperti yang kita sedia maklum, terdapat pelbagai gangguan dalam sistem elektrik kuasa di dalam system pengagihan elektrik secara amnya. Antara gangguan itu ialah gangguan harmonik yang terhasil dari beban yang tidak linear yang akan menyebabkan bentuk gelombang menyonsang atau mencemarkan bentuk gelombang sinus samada pada gelombang sinus arus atau voltan seperti yang dibincangkan serba ringkas pada latarbelakang tadi.

Fenomena ini akan memberi kesan pada komponen sistem elektrik yang sedia ada selain juga memberi kesan pada peralatan elektrik. Harmonik, seperti yang diketahui mempunyai pelbagai jenis dan sifatnya. Di dalam sistem pengagihan, dapat kita kenal pasti, gangguan harmonik yang menjadi permasalahan ialah harmonik gandaan tiga iaitu harmonik 3, 9, 15 dan 21. Harmonik gandaan tiga ialah harmonik gandaan nilai tiga, dari siri ganjil. Harmonik ini berpunca dari beban tidak linear yang disambungkan ke dalam sistem. Sebagai contoh ialah peralatan-peralatan kebiasaan di pejabat seperti komputer peribadi.

Secara amnya, komputer adalah terdiri daripada jenis beban yang berasaskan peranti elektronik yang kompleks dengan pelbagai fungsi pensuisan elektronik yang sedia maklum menjadi punca harmonik terbesar atau dikenal pasti '*Switch Mode Power Supply*' (SMPS).

Selain itu, harmonik ini akan menyebabkan berlakunya beban lampau pada neutral dan kepanasan lampau pada peralatan elektrik secara terus semasa keadaan beban tidak seimbang.

### 1.3 Objektif Projek

Projek ini dijalankan atas beberapa objektif. Objektif projek ini adalah penyelesaian kepada pernyataan masalah yang telah dinyatakan. Antara objektif adalah untuk mempelajari, mengenal pasti dan penganalisaan yang dibuat berdasarkan kajian-kajian tentang kesan, punca, dan cara mengatasi harmonik gandaan tiga dalam sistem pengagihan elektrik.

Selain itu, ia bertujuan untuk mempelajari aplikasi dan kesan sambungan kapasitor bersama nilai induktor sebagai penapis kepada harmonik.

Manakala objektif yang utama ialah untuk mengurangkan kesan harmonik gandaan tiga dalam sistem pengagihan voltan rendah dengan menggunakan kaedah perlarasan pemuat (tuning capacitor) bagi mendapatkan saiz pemuat ideal bersama nilai induktor tetap.

### 1.3 Skop Projek

Merekabentuk penapis pasif harmonik dalam sistem pengagihan elektrik pada peringkat voltan rendah iaitu 240V dan 415V pada beban tidak seimbang dan beban seimbang untuk mengurangkan harmonik 3, 9, 15 dan 21 iaitu harmonik gandaan tiga.

### 1.4 Metodologi

Untuk menyelesaikan projek ini, terdapat 4 bahagian yang perlu dilaksanakan dengan lengkapnya. Pada mulanya, sebagai langkah pertama, punca harmonik dan gangguan dalam sistem elektrik dikenal pasti termasuklah faktor-faktor kejadian harmonik, ciri-ciri, pengaruh dan kesannya pada sistem.

Selepas itu, sebagai langkah kedua, pencarian dan pengumpulan maklumat dan data dibuat berdasarkan gangguan yang hadir dalam system pengagihan.

Bagi meneruskan projek, langkah ketiga diteruskan dengan membuat penganalisan, membuat pengukuran, dan pengujian berdasarkan pengiraan bagi merekabentuk kapasitor dalam usaha meminimumkan harmonik.

Akhir sekali, projek menghasilkan perkakasan yang direkabentuk iaitu satu penapis bagi harmonik dan semua maklumat dan penganalisan yang dibuat akan didokumentasikan dan sebagai melengkapkan projek ini, laporan akhir disediakan yang merangkumi dokumentasi dan hasil akhir keputusan keseluruhan projek yang telah dilaksanakan.

## BAB 2

### KAJIAN LITERATUR

#### 2.1 Pengenalan

Kajian dalam literatur yang bertajuk '*Analysis of Zero Sequence Passive Filter Harmonic Mitigation Device for Building Wiring System*', [5] adalah menyentuh tentang analisa penghapusan harmonik yang dibuat di dalam sistem pendawaian di sesebuah bangunan pejabat.

Seperti yang sedia maklum, dalam pendawaian elektrik di bangunan-bangunan pejabat sebagai contohnya, kebiasaan sistem pendawaiannya ialah sistem 3 fasa 4 dawai dan kebanyakan beban adalah satu fasa seperti komputer peribadi dan kelengkapan pejabat.

Di dalam sistem beban tidak seimbang, arus harmonik gandaan tiga mengalir menerusi pengalir neutral. Oleh sebab itu, pengukuran yang dilakukan pada pengalir neutral adalah penting kerana ia membawa kesan kepada kualiti kuasa pada sistem pendawaian.

Oleh itu, kertas ini mencadangkan bahawa pemasangan penapis pada pengalir neutral mengikut lokasinya di buat pada sistem pendawaian bagi menghapuskan haarmonik jujukan sifar. Secara keseluruhannya, kertas ini juga mengkaji tentang kesan dan pengaruh harmonik ketiga dalam voltan neutral ke bumi.

Pada zaman kini, pejabat-pejabat dipenuhi dengan beban satu fasa yang berasaskan peranti elektronik secara meluasnya. Ia kebanyakannya terdiri daripada beban (SMPS). Arus harmonik akan menghasilkan kepanasan lampau dalam sistem kuasa elektrik dan menaikkan kadar bayaran bil pengguna. Ini terjadi kerana pengherotan harmonik voltan yang berlaku pada galangan pendawaian bangunan tersebut.

Secara teori, pengalir neutral dianggarkan akan membawa arus jujukan sifar yang disebabkan oleh pengagihan beban pada fasa tidak seimbang pada kadar 20% daripada arus kebiasaannya. Walaubagaimanapun, arus harmonik ketiga yang besar (lebih daripada 87% secara asasnya) telah ditemui di dalam sistem pendawaian kerana kehadiran komputer peribadi.

## **2.2 Penghapusan harmonik**

Di dalam kertas kajian ini, ia menerangkan , bahawa ada dua kaedah penghapusan harmonik yang berbeza iaitu penghapusan aktif dan pasif di dalam sistem pengagihan elektrik. Ada penapis harmonik yang berkesan dan juga kurang berkesan dan ia bergantung kepada jenis penapis dan lokasi pemasangannya pada sistem pendawaian. Pemampasan pada cabang litar yang berhampiran dengan beban ialah yang terbaik dilakukan kerana ia lebih efektif dalam proses pemampasan.

Kebanyakan punca harmonik yang ditulis dalam kertas ini ialah dari punca litar pengguna di dalam bangunan pejabat yang di buat kajian. Oleh itu, adalah tidak ekonomi jika penapis dipasang pada setiap beban pada litarnya. Setelah mengambil kira faktor kos dan praktikal, penapis lebih ekonomi dipasang pada sub litar seperti di meter atau di bilik suis di setiap aras tingkat pejabat.

### 2.3 Rumusan

Permasalahan muncul di mana pencemaran harmonik yang besar berlaku pada sistem litar pengguna di pejabat. Masalah ini boleh dikawal di beberapa bahagian. Pendawaian tiga fasa empat dawai adalah sistem pendawaian yang biasa digunakan di kebanyakan bangunan pejabat. Harmonik gandaan tiga adalah gangguan terbesar di dalam sistem pendawaian 3 fasa 4 dawai yang mempunyai beban satu fasa tidak linear yang tersambung seperti komputer peribadi dan peralatan elektronik di pejabat. Oleh itu, kertas kajian ini menggunakan penapis pasif dari jenis zigzag autotransformer untuk menghapuskan harmonik di bangunan pejabat yang diujikaji.



### 3.2 Kepentingan Kualiti Kuasa

Kualiti kuasa merupakan salah satu kepentingan dalam operasi peralatan elektrik dan elektronik. Ia menjadi kepentingan utama lebih-lebih lagi dengan penggunaan beban yang berasaskan peranti elektronik di kebanyakan industri kini. Sesetengah peralatan bertindak memberi kesan yang bersonsangan dengan arus dan voltan pada sistem pengagihan elektrik dan oleh sebab itu, komponen sensitif yang tersambung pada litar yang sama beroperasi di luar kehendak dan fungsinya. [4].

Kualiti kuasa yang tidak baik, menjejaskan pengeluaran dan produktiviti, kehilangan data, kerosakan peralatan dan kejatuhan kecekapan tenaga.

Kualiti kuasa yang sempurna boleh dikategorikan dari :

- a) Ketulenan gelombang sinus.
- b) Frekuensi yang tetap.
- c) Magnitud voltan yang ditetapkan iaitu  $V_{rms}$  dan  $V_{puncak}$ .
- d) Tiada berlakunya transien pada komponen.
- e) Sudut fasa yang tetap,  $120^\circ$  antara fasa.
- f) 100% keterusannya.

Di bawah menunjukkan jadual jenis gangguan di dalam sistem dan ciri-ciri asasnya.

**Jadual 3.1: Jenis gangguan [1]**

Gangguan	Voltan	Tempoh
Dip	0.1 – 0.9pu	0.5 – 30 kitar
Surge	1.1 – 1.8pu	0.5 – 30 kitar
Flicker	0 – 1%	Steady state
Imbalance	0.5 – 3%	Steady state
Interruption	< 0.1pu	0.5 kitar
Harmonic	5%	Steady state