

raf

TK1010 .B32 2007



0000043545

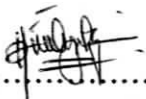
Analisis pembedulan faktor kuasa menggunakan kapasitor
statik / Badrolhisam Jaafar.

**ANALISIS PEMBETULAN FAKTOR KUASA
MENGUNAKAN KAPASITOR STATIK**

BADROLHISAM BIN JAAFAR

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 : HIDAYAT B. ZAINUDDIN

Tarikh : 7 MEI 2007

**ANALISIS PEMBETULAN FAKTOR KUASA MENGGUNAKAN KAPASITOR
STATIK**

BADROLHISAM BIN JAAFAR


**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

: BADROLHISAM B. JAAFAR

Tarikh

:.7 MEI 2007

Teristimewa buat

Emak, ayah yang dikasiki dan disayangi

Dan

Rakan-rakan seperjuangan yang banyak membantu...

Terima kasih atas sokongan dan dorongan yang diberikan...

PENGHARGAAN

Bersyukur kehadiran ILLAHI dengan limpah kurnia-Nya, projek sarjana muda dan penulisan tesis ini dapat disempurnakan dengan jayanya setelah mengharungi berbagai rintangan dan halangan.

Setinggi-setinggi penghargaan dan ucapan terima kasih diucapkan kepada penyelia projek sarjana muda ini, En Hidayat b. Zainuddin atas segala tunjuk ajar dan sumbangan idea sepanjang melakukan projek ini.

Penghargaan dan jutaan terima kasih juga ditujukan kepada Juruteknik Makmal Mesin Elektrik, En Fuad kerana sudi memberikan kerjasama semasa melakukan ujikaji-ujikaji dimakmal. Selain itu, ucapan penghargaan ditujukan kepada En Azhar kerana banyak membantu dan memberi pandangan semasa melakukan projek sarjana muda ini.

Tidak lupa juga ucapan terima kasih kepada rakan-rakan serumah kerana banyak memberikan kerjasama samaada dari segi pandangan mahupun galakan. Di samping itu, jutaan penghargaan dituju khas kepada kedua-ibu bapa yang banyak memberikan dorongan dan nasihat sehingga terlaksananya tesis dan projek sarjana ini. Akhir sekali, ucapan terima kasih kepada teman teristimewa yang sentiasa memberi dorongan.

Tidak lupa juga kepada semua yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung sepanjang projek sarjana muda ini dijalankan.

ABSTRACT

This thesis discusses the analysis on the effect of static capacitor on power factor correction. There are four experiment that have been done, i.e. Wye connected induction motor using Wye and Delta connection of capacitors and Delta connected induction motor using Wye and Delta connection capacitors. The static capacitors are connected parallel to the induction motor. Static capacitors are used to improve electrical system power factor in which power factor is measured to observe the effectiveness of the electrical energy usage of the system. A high value of power factor indicates that the electrical energy usage is effective and energy losses are minimum. Industrial electrical users power factor are fixed to 0.85 by TNB regulations and failure to maintain power factor to that value will cause industrial users to face penalties. Using capacitors in power factor improvement reduces maintenance cost and increase electrical system efficiency.. Besides, the voltage profile can be increased and voltage drop in electrical system can be avoided. Hence, electrical users could avoid from being penalties and also reduce the monthly electrical bills especially in industrial sectors. Besides that, this thesis will discuss the effect of harmonics towards the motor in order to observe the harmonics before and after power factor improvement is carried out.

ISI KANDUNGAN

| BAB | PERKARA | HALAMAN |
|------------|--|----------------|
| | PENGESAHAN PENYELIA | i |
| | HALAMAN TAJUK | ii |
| | PENGAKUAN | iii |
| | DEDIKASI | iv |
| | PENGHARGAAN | v |
| | ABSTRAK | vi |
| | ABSTRACT | vii |
| | ISI KANDUNGAN | viii |
| | SENARAI JADUAL | xi |
| | SENARAI RAJAH | xiii |
| | SENARAI SINGKATAN | xv |
| | SENARAI LAMPIRAN | xvi |
| I | Pengenalan | |
| | 1.1 Latar Belakang dan Penyataan Masalah | 1 |
| | 1.2 Ojektif Projek | 2 |
| | 1.3 Skop Projek | 2 |
| | 1.4 Metodologi | 3 |
| | 1.4.1 Carta Alir | 4 |
| | 1.5 Ringkasan Laporan | 5 |

| | | |
|------------|---|----|
| II | KAJIAN LITERATUR | |
| | 2.1 Pengenalan | 6 |
| III | SISTEM KUASA ELEKTRIK DAN FAKTOR KUASA | |
| | 3.1 Komponen Kuasa | 11 |
| | 3.2 Faktor Kuasa | 12 |
| | 3.3 Keburukan Faktor Kuasa Rendah | 13 |
| | 3.4 Pembetulan Faktor Kuasa | 14 |
| | 3.5 Kaedah Pembetulan Faktor Kuasa | 14 |
| | 3.5.1 Pemaju Fasa | 15 |
| | 3.5.2 Motor Segera | 17 |
| | 3.5.3 Kapasitor Statik | 17 |
| | 3.6 Kesan Pembetulan Faktor Kuasa | 19 |
| | 3.6.1 Kesan Pada Penjanaan Elektrik | 19 |
| | 3.6.2 Kesan Kepada Kualiti Kuasa (<i>Power Quality</i>) | 20 |
| IV | MOTOR ARUHAN SANGKAR TUPAI 3-FASA | |
| | 4.1 Pengenalan | 23 |
| | 4.2 Binaan Motor | 23 |
| | 4.3 Prinsip Pengendalian | 24 |
| | 4.4 Ciri-ciri Motor Aruhan Sangkar Tupai 3-fasa | 25 |
| V | KEPUTUSAN DAN ANALISIS | |
| | 5.1 Pengenalan | 28 |
| | 5.2 Keputusan Ujikaji Sifat-Sifat Motor Aruhan Sangkar Tupai 3-Fasa Bagi Motor Sambungan Wye | 28 |
| | 5.2.1 Pengiraan Data Ujikaji | 29 |
| | 5.2.1.1 Pengiraan Nilai Kapasitor Sambungan Wye | 30 |
| | 5.2.1.2 Pengiraan Nilai Kapasitor Sambungan Delta | 35 |
| | 5.3 Keputusan Ujikaji Sifat-Sifat Motor Aruhan Sangkar Tupai 3-Fasa Bagi Motor Sambungan Delta | 38 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3.1 Pengiraan Data Ujikaji | 38 |
| 5.3.1.1 Faktor Kuasa Bagi Kapasitor Sambungan Wye | 39 |
| 5.3.1.1 Faktor Kuasa Bagi Kapasitor Sambungan Delta | 40 |
| 5.4 Pemerhatian dan Perbincangan | 42 |
| VI KESIMPULAN DAN CADANGAN | 55 |
| RUJUKAN | 57 |
| LAMPIRAN | |
| LAMPIRAN A-D | 59-74 |

SENARAI JADUAL

| NO | TAJUK | HALAMAN |
|-----------|--|----------------|
| 5.1 | Data ujikaji sebelum pemasangan kapasitor untuk motor aruhan sambungan Wye menggunakan pengiraan | 30 |
| 5.2 | Data ujikaji sebelum dan selepas pemasangan kapasitor sambungan Wye menggunakan Meter Fluke | 34 |
| 5.3 | Data ujikaji selepas pemasangan kapasitor sambungan Wye dan motor aruhan sambungan Wye menggunakan pengiraan | 34 |
| 5.4 | Data ujikaji sebelum dan selepas pemasangan kapasitor sambungan Delta menggunakan Meter Fluke | 38 |
| 5.5 | Data ujikaji sebelum pemasangan kapasitor untuk motor aruhan sambungan Delta melalui pengiraan | 38 |
| 5.6 | Data ujikaji sebelum dan selepas pemasangan kapasitor sambungan Wye menggunakan Meter Fluke | 40 |
| 5.7 | Data ujikaji sebelum dan selepas pemasangan kapasitor sambungan Delta menggunakan Meter Fluke | 41 |
| 5.8 | Data ujikaji selepas pemasangan kapasitor sambungan Delta untuk motor aruhan sambungan Delta melalui pengiraan | 42 |

| | | |
|------|---|----|
| 5.9 | Data ujikaji komponen kuasa elektrik yang terhasil sebelum pemasangan kapasitor menggunakan Meter Fluke | 47 |
| 5.10 | Data ujikaji komponen kuasa elektrik yang terhasil selepas pemasangan kapasitor menggunakan Meter Fluke | 47 |
| 5.11 | Bacaan parameter berbagai sambungan motor dan kapasitor sebelum dan selepas pembetulan faktor kuasa menggunakan Meter Fluke | 50 |
| 5.12 | Data parameter-parameter gangguan harmonik pada motor menggunakan Meter Fluke | 53 |

SENARAI RAJAH

| NO | TAJUK | HALAMAN |
|-----|---|---------|
| 2.1 | Litar yang digunakan untuk kaedah pembedulan faktor kuasa pada motor aruhan sangkar tupai | 7 |
| 2.2 | Diagram Satu Talian | 8 |
| 2.3 | Sistem Konfigurasi Pembedulan Faktor Kuasa Menggunakan Pengawal 'Cycloconverter' | 9 |
| 3.1 | Hubungan Segitiga Kuasa | 12 |
| 3.2 | Vektor beban beraruhan dan faktor kuasa rendah (sebelum dipasang kapasitor) | 15 |
| 3.3 | Vektor semasa kapasitor dipasang pada litar | 16 |
| 3.4 | Vektor selepas faktor kuasa diperbaiki (selepas dipasang kapasitor) | 16 |
| 3.5 | Litar pada Pemaju Fasa | 16 |
| 3.6 | Pengiraan pembedulan faktor kuasa menggunakan segitiga kuasa | 19 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.1 | Litar setara motor aruhan | 25 |
| 5.1 | Tranformasi Impedans Wye-Delta | 35 |
| 5.2 | Tranformasi Impedans Delta-Wye | 36 |
| 5.3 | Graf Faktor Kuasa (kos θ) melawan Tork Keluaran (N.m) | 43 |
| 5.4 | Graf Kuasa Keluaran (W) melawan Tork Keluaran (N.m) | 43 |
| 5.5 | Graf Arus Talian (A) melawan Tork Keluaran (N.m) | 44 |
| 5.6 | Graf Kecekapan (%) melawan Tork Keluaran (N.m) | 44 |
| 5.7 | Graf Kecekapan (%) melawan Kuasa Keluaran (N.m) | 45 |
| 5.8 | Graf Kelajuan (rpm) melawan Faktor Kuasa (kos θ) | 45 |
| 5.9 | Graf Kuasa Keluaran (W) melawan Faktor Kuasa (kos θ) | 46 |
| 5.10 | Graf Arus Talian (A) melawan Faktor Kuasa (kos θ) | 48 |
| 5.11 | Graf Arus Talian (A) melawan Kuasa Masukan (W) | 48 |
| 5.12 | Graf Kuasa Reaktif (VAR) melawan Kuasa Masukan (W) | 49 |
| 5.13 | Graf Faktor Kuasa (kos θ) melawan Kuasa Masukan (W) | 50 |

SENARAI SINGKATAN

| | | |
|------|---|---|
| TNB | - | Tenaga Nasional Berhad |
| KVA | - | Kilo-Volt-Ampere |
| KVAR | - | Kilo-Volt-Ampere-Reactive |
| IEEE | - | <i>Institution of Electrical and Electronic Engineering</i> |
| P | - | Kuasa Sebenar |
| S | - | Kuasa Ketara |
| Q | - | Kuasa Reaktif |
| A | - | Ampere |
| V | - | Volt |
| THD | - | <i>Total Harmonic Distortion</i> |
| S | - | <i>Slip</i> |
| f | - | frekuensi |
| C | - | Kapasitor |
| L | - | Induktor |
| R | - | Rintangan |
| PF | - | Faktor Kuasa |
| N.m | - | Newton-meter |
| rpm | - | <i>Rotation per minutes</i> |
| FK | - | Faktor Kuasa |

SENARAI LAMPIRAN

| NO | TAJUK | HALAMAN |
|-----------|---|----------------|
| A | Data Dari Fluke Meter | 59 |
| B | Gambar-Gambar Ujikaji Di Makmal | 65 |
| C | Spesifikasi-spesikasi Parameter Alatan Ujikaji | 68 |
| D | Contoh Prosedur Ujikaji Makmal Motor Aruhan Sambungan Wye | 69 |

BAB I

Pengenalan

1.1 Latar Belakang dan Penyataan Masalah

Pada masa kini, isu penjimatan tenaga dan pengurusan penjimatan tenaga dipandang serius oleh pihak pembekal tenaga elektrik (TNB) dan juga pengguna. Pelbagai pendekatan untuk mengurus penjimatan tenaga telah diperkenalkan bagi menguntungkan kedua-dua pihak, pembekal dan pengguna.

Secara umumnya, pengguna domestik merupakan pengguna ketiga terbesar selepas sektor perindustrian dan komersial. Dalam konteks penggunaan tenaga elektrik, faktor kuasa pengguna memainkan peranan sebagai alat pengukur kepada penggunaan tenaga elektrik secara cekap. Faktor kuasa yang rendah menunjukkan bahawa tenaga yang perlu dibekalkan bertambah. Ini menunjukkan sistem kuasa tidak beroperasi dengan cekap dan berlaku pembaziran tenaga akibat penggunaan yang tidak cekap serta tidak berkesan oleh pengguna.

Faktor kuasa yang rendah juga menunjukkan permintaan KVA yang tinggi yang seterusnya menyebabkan peningkatan penggunaan tenaga dan bil. Ini akan menyebabkan meningkatnya penggunaan tenaga elektrik dan seterusnya menyebabkan bil elektrik yang tinggi. Hal ini telah membebankan pengguna sama ada domestik mahupun industri. Ia juga akan menyebabkan kos penyelenggaraan meningkat apabila berlaku sesuatu masalah terutamanya di pihak industri. Oleh itu, pembetulan faktor kuasa penting dilakukan kerana ia akan mengurangkan arus reaktif di mana ia akan menjimatkan kos, mengurangkan kehilangan pada

transformer dan talian, dan meningkatkan keupayaan pengaturan voltan pada suatu sistem elektrik.

Projek berjudul "Analisa Pembetulan Faktor Kuasa Menggunakan Kapasitor Statik" ini secara keseluruhannya adalah untuk menganalisis serta mengkaji kesan-kesan yang berlaku semasa faktor kuasa rendah, faktor kuasa tinggi dan selepas ditambah kapasitor statik pada sistem.

1.2 Ojektif Projek

Tujuan analisis ini dilakukan adalah:

- 1) Untuk menjalankan analisis faktor kuasa sebelum dan selepas penggunaan kapasitor statik pada sistem ujian iaitu motor aruhan.
- 2) Untuk melihat prestasi motor serta perubahan pada nilai parameternya setelah ditambah kapasitor.
- 3) Untuk mengkaji kesan yang berlaku dari segi Kualiti Kuasa (*Power Quality*) terutamanya gangguan harmonik pada sistem.

1.3 Skop Projek

Analisis pembetulan faktor kuasa ini dilakukan untuk mengkaji kesan-kesan yang berlaku sebelum dan selepas melakukan pembetulan faktor kuasa serta faedah-faedah yang diperolehi oleh para pengguna. Analisis kuasa dan kesan harmonik terhadap sistem dilakukan dengan menggunakan Motor Aruhan Sangkar Tupai 3-fasa di Makmal Mesin Elektrik, UTeM.

1.4 Metodologi

Metodologi merupakan elemen penting untuk memastikan projek ini dijalankan dengan jayanya serta mengikut perancangan yang telah ditetapkan. Selain itu metodologi telah menjadi rujukan utama semasa analisis ini sedang dilakukan.

Prosedur 1: Mencari maklumat berkaitan dengan faktor kuasa dan pembetulannya, motor aruhan sangkar tupai 3 fasa seterusnya memahami maklumat-maklumat tersebut.

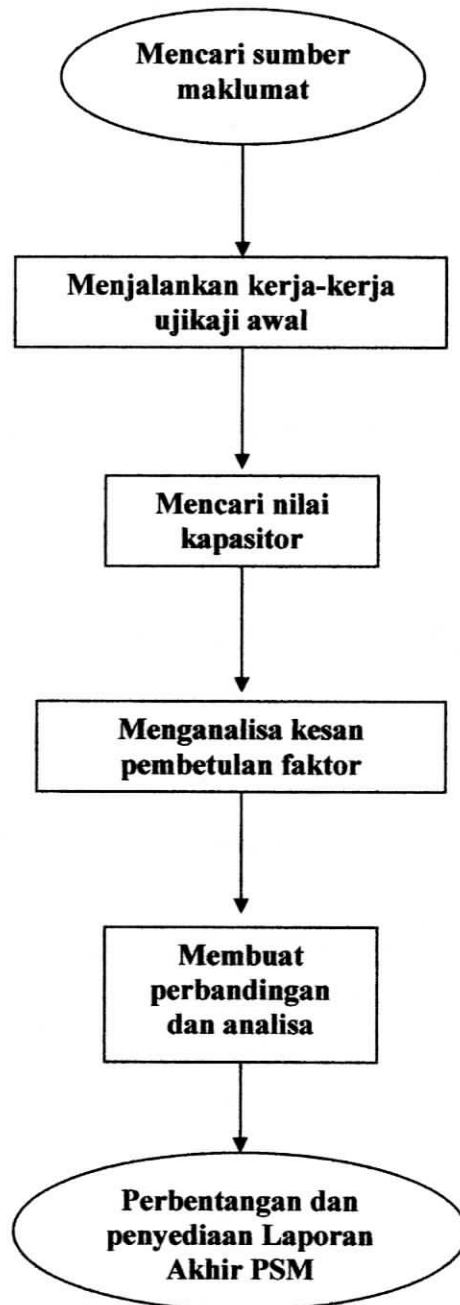
Prosedur 2: Menjalankan kerja-kerja ujikaji awal di makmal iaitu menggunakan motor aruhan sebagai bahan untuk mengukur faktor kuasa. Parameter awal motor aruhan iaitu sebelum ditambah kapasitor diambil untuk mengukur faktor kuasa. Prosedur-prosedur ujikaji yang dilakukan di makmal perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum menjalankan ujikaji.

Prosedur 3: Mendapatkan nilai kapasitor yang sesuai untuk memperbaiki faktor kuasa tersebut dan menganalisa kesan-kesan yang berlaku apabila motor sambungan Wye atau Delta yang disambung dengan kapasitor sambungan Wye atau Delta.

Prosedur 4: Membuat perbandingan di antara sebelum dan selepas melakukan pembetulan faktor kuasa pada motor aruhan iaitu dengan merujuk kepada graf dan jadual. Analisa berkaitan dengan gangguan harmonik sebelum dan selepas melakukan pembetulan faktor kuasa.

Prosedur 6: Pembentangan dan penyediaan Laporan Akhir PSM

1.4.1 Carta Alir



1.5 Ringkasan Tesis

Secara ringkasnya tesis ini mempunyai 6 bab yang utama di mana bab 2 membincangkan tentang kajian literatur yang dilakukan. Kajian literatur dijalankan untuk melihat teori-teori berkaitan dengan pembetulan faktor kuasa serta teknik-teknik yang dilakukan untuk memperbaiki faktor kuasa.

Sementara bab 3 pula menyentuh tentang sistem kuasa elektrik dan faktor kuasa. Selain itu, kesan yang berlaku apabila berlakunya faktor kuasa rendah juga disentuh. Di dalam bab ini juga dibincangkan kaedah-kaedah pembetulan faktor kuasa serta kesan-kesan yang berlaku pada sistem kuasa elektrik selepas melakukan penambahbaikan faktor kuasa.

Bab seterusnya iaitu bab 4 pula menyentuh berkenaan Motor Aruhan Sangkar Tupai 3-fasa di mana motor ini dijadikan sebagai bahan ujikaji untuk melakukan analisis ini. Bahan ujikaji ini digunakan kerana terdapat kelebihan-kelebihan yang terdapat pada motor ini. Kelebihan-kelebihan tersebut serta pengoperasian motor aruhan telah dibincangkan pada bab ini.

Sementara pada bab 5 pula membincangkan tentang analisa yang dilakukan dimana terdapat empat kaedah analisa dilakukan iaitu dengan menggunakan Motor Aruhan 3-fasa sambungan Wye dengan kapasitor sambungan Wye atau Delta dan Motor Aruhan 3-fasa sambungan Delta dengan kapasitor sambungan Delta atau Wye. Analisa pembetulan faktor kuasa dilakukan pada keempat-empat kaedah iaitu dengan membuat perbandingan sebelum dan selepas pemasangan kapasitor pada motor aruhan. Selain itu, analisa berkenaan dengan gangguan harmonik terhadap motor juga dilakukan. Analisa dijalankan berdasarkan data ujikaji yang dilakukan.

Pada bab terakhir iaitu bab 6, kesimpulan beserta cadangan untuk penambahbaikan berkenaan projek ini telah dinyatakan.

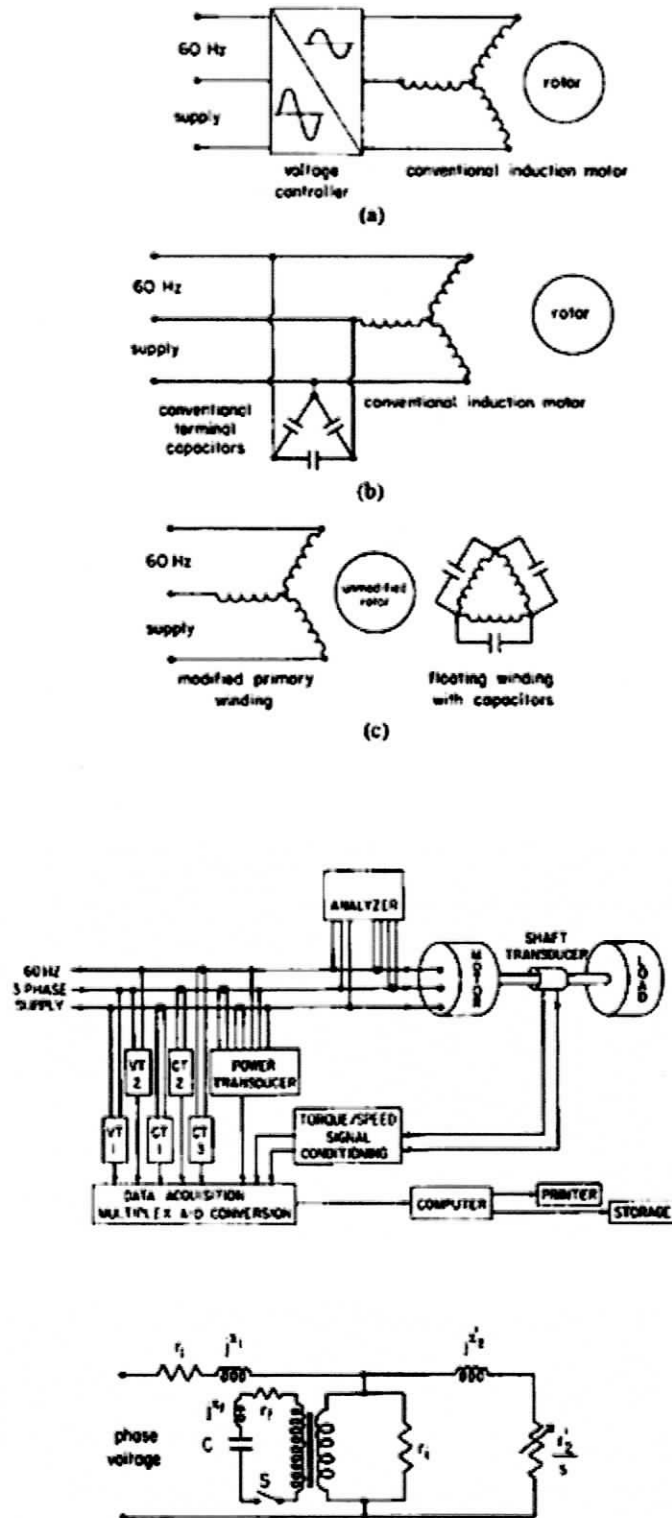
BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

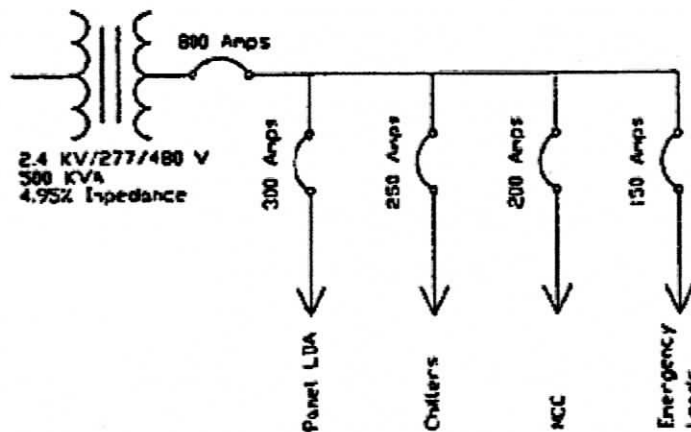
Kajian literatur telah dijalankan menggunakan beberapa bahan rujukan seperti buku dan jurnal IEEE termasuklah laman web bagi membantu kajian ini dijalankan.

Rujukan [1] membincangkan tentang hasil ujikaji yang telah dilakukan untuk memperbaiki faktor kuasa pada motor aruhan sangkar tupai yang berkapasiti 10hp, 4 kutub, 230/460V dan beroperasi pada kadar 150% daripada kadar daya kilas. Terdapat tiga kaedah yang digunakan iaitu pengurangan voltan pada terminal, penyambungan kapasitor statik dan "*floating winding*" disambung bersama kapasitor. Kaedah pertama merupakan kaedah menggunakan pengawal voltan iaitu dengan mengurangkan voltan di mana kaedah ini fleksibel tetapi memerlukan kos yang tinggi. Kaedah kedua pula adalah menggunakan kapasitor statik di mana kapasitor disambung secara delta dan dipasang secara selari dengan beban iaitu motor aruhan konvensional. Kaedah ini mempunyai beberapa kelebihan iaitu kos yang rendah, mudah dipasang tetapi ia kurang fleksibel. Sementara kaedah yang ketiga pula adalah menggunakan "*floating winding*" yang disambung bersama-sama dengan kapasitor di mana belitan utama pada motor telah diubahsuai. Tujuan utama kaedah ini digunakan ialah untuk mengekalkan keadaan operasi rotor supaya ianya hampir sama dengan keadaan operasi pada lilitan biasa pada motor. Secara keseluruhannya kaedah penambahbaikan faktor kuasa dengan menggunakan kapasitor statik adalah lebih efisien dari segi kos dan mudah digunakan berbanding kaedah-kaedah lain.



Rajah 2.1: Litar yang digunakan untuk kaedah pembetulan faktor kuasa pada motor aruhan sangkar tupai

Sementara itu, rujukan [2] pula mengetengahkan tentang kesan yang berlaku terhadap faktor kuasa setelah dipasang kapasitor pada sistem pengagihan elektrik. Bahagian pertama dalam jurnal ini berkisar tentang pengenalan kepada sistem kuasa elektrik iaitu kuasa reaktif dan kuasa nyata dan kelebihan melakukan pembetulan faktor kuasa. Di samping itu, kadar penentuan kapasitor dibincangkan di mana terdapat dua piawai industri yang digunakan untuk menentukan sifat kapasitor iaitu ANSI/IEEE Standard 18-1980 dan NEMA CPI-1973. Terdapat 3 dimensi dalam menentukan kadar kapasitor iaitu kadar kemampuan kuasa reaktif, kadar voltan terminal dan kadar arus RMS. Bahagian kedua pula membincangkan tentang kajian kes yang dilakukan iaitu menganalisa faktor kuasa pada sistem jejarian yang terdapat pada diagram satu talian dan penentuan lokasi bank kapasitor yang sesuai disambungkan ke beban. Selain itu, penentuan nilai bank kapasitor beserta saiznya juga telah dibincangkan. Kesan-kesan yang berlaku selepas dipasang kapasitor juga dianalisis seperti kesan harmonik, perubahan voltan dan juga resonan.



Rajah 2.2: Diagram Satu Talian

Rujukan [3] pula membincangkan tentang kaedah pembetulan faktor kuasa pada motor aruhan berlilitan di pemutar yang berkuasa tinggi. Satu pengawal telah direkabentuk untuk digunakan di dalam kaedah ini dengan merekabentuk 'cycloconverter' atau penukarcyclo 1 fasa ke 3 fasa. Penukarcyclo ini akan menggunakan masukan 1 fasa dan akan menukarkannya ke 3 fasa. Terdapat dua cara untuk mengurangkan kadar kehilangan kuasa reaktif iaitu dengan memasang bank kapasitor bersebelahan dengan pemegun dan menggunakan sistem peraturan