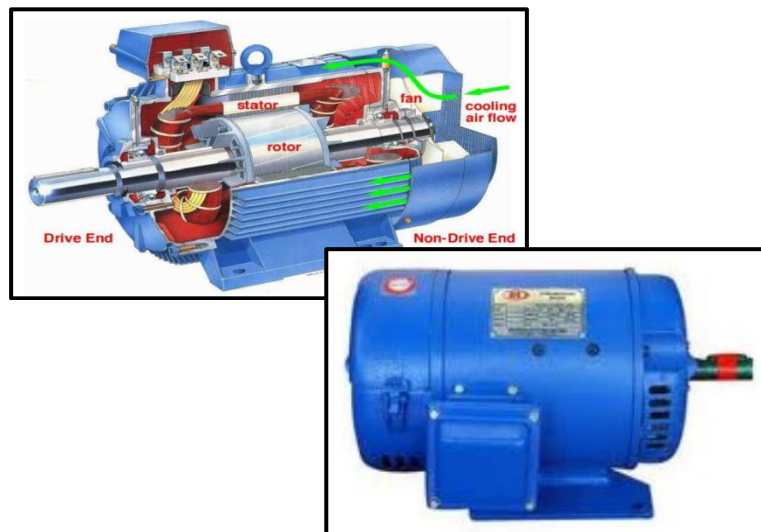




PANDUAN PRAKTIKUM

MESIN LISTRIK



Penyusun :

Ferdyanto, S.T., M.T.

LABORATORIUM ENERGI LISTRIK

FAKULTAS TEKNIK

2023



KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warrahmatullohi Wabarakatuh

Alhamdulillah saya panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan modul Praktikum Mesin Listrik.

Modul ini disusun untuk memenuhi kebutuhan peserta Praktikum Mesin Listrik. Kegiatan Praktikum Mesin Listrik merupakan penunjang mata kuliah Mesin Listrik. Diharapkan modul ini dapat membantu mahasiswa/i dalam mempersiapkan dan melaksanakan praktikum di **Laboratorium Energi Listrik Teknik Elektro UPN Veteran Jakarta** dengan lebih baik, terarah, dan terencana.

Modul ini terdiri dari percobaan Mesin Listrik AC dan Mesin Listrik DC. Pembahasan modul ini dimulai dengan menjelaskan tujuan, dasar teori, alat dan bahan, langkah praktikum, sampai dengan analisis yang harus dikerjakan praktikan.

Penyusun menyadari bahwa di dalam pembuatan modul masih banyak kekurangan, untuk itu penyusun sangat membuka saran dan kritik yang sifatnya membangun. Mudah-mudahan modul ini memberikan manfaat.

Depok, Februari 2023

Ferdyanto, S.T., M.T.



DAFTAR ISI

	Halaman
Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Pendahuluan Praktikum	1
Pelaksanaan Praktikum	5
Penutup	47
Referensi	48
Lampiran	49

PERCOBAAN

ML-AC	Mesin Listrik AC	9
ML-DC	Mesin Listrik DC	28



BAB I

PENDAHULUAN PRAKTIKUM

1.1. Pendahuluan

Perguruan tinggi merupakan salah satu tempat memperoleh pendidikan yang dapat menciptakan sumber daya manusia yang berkualitas. Dalam usaha meningkatkan mutu pendidikan para mahasiswa diusahakan harus memiliki wawasan pengetahuan serta kemampuan dalam berbagai hal, seperti: konsep, prinsip, kreativitas, keterampilan, dan lain-lain.

Salah satu usaha untuk meningkatkan kemampuan konsep dan keterampilan mahasiswa harus melakukan praktikum yang dilaksanakan dalam laboratorium. Salah satu strategi yang dilakukan adalah dengan penyelenggaraan praktikum mata kuliah di laboratorium. Mata kuliah praktikum merupakan kegiatan untuk memberikan pengalaman kepada mahasiswa dalam mengintegrasikan antara teori dan praktek sehingga mahasiswa dapat mengembangkan keterampilannya secara langsung.

Beberapa mata kuliah dasar dan unggulan diupayakan untuk terintegrasi dengan praktikum di laboratorium agar skill mahasiswa dapat terbentuk dengan matang. Selain itu mata kuliah praktikum juga bertujuan untuk mengasah keterampilan mahasiswa dalam memahami dan mengerti kegunaan peralatan-peralatan praktikum yang ada di laboratorium Teknik Elektro UPNVJ sesuai dengan mata kuliah. Proses pembelajaran praktikum pada masing – masing program studi dilakukan di dalam laboratorium Teknik Elektro UPNVJ.

1.2. Tujuan

Tujuan dari Panduan Praktikum Mesin Listrik adalah :

- Menunjang perkuliahan untuk mata kuliah mesin listrik.
- Mendidik mahasiswa menjadi seorang peneliti yang baik
- Memberikan pedoman bagi semua aturan tentang pelaksanaan praktikum mata kuliah mesin-mesin listrik.
- Memenuhi kebutuhan informasi yang diperlukan yang berkenaan dengan pelaksanaan praktikum mengenai mesin listrik AC 3 fasa dan juga mesin listrik DC.

1.3. Pengelola Pekerja Laboratorium

Agar kesinambungan dan daya guna laboratorium dapat dipertahankan, laboratorium perlu dikelola secara baik. Salah satu bagian dari pengelolaan laboratorium ini adalah staf atas personal laboratorium. Staf atau personal Laboratorium mempunyai tanggung jawab terhadap efektifitas dan efisiensi laboratorium termasuk fasilitas, alat-alat dan bahan praktikum. Personal Laboratorium, terdiri dari :

➤ Kepala Laboratorium

Laboratorium dipimpin oleh kepala laboratorium yang harus memahami pengelolaan laboratorium dengan baik, tugas kepala laboratorium, antara lain :



1. Merencanakan, mengadakan alat dan melaksanakan perbaikan fasilitas alat dan bahan untuk kegiatan praktikum sesuai usulan dari laboran.
2. Mempertimbangkan atau menyetujui usulan – usulan yang diberikan staf laboratorium, laboran dan para asisten demi kemajuan laboratorium.

➤ Staf Ahli Laboratorium

Staf Ahli lab merupakan pembantu kepala laboratorium di dalam mengawasi jalannya praktikum dan segala kegiatan yang ada di Laboratorium. Tugas Staf Ahli Laboratorium antara lain :

1. Bertanggung jawab dan melakukan koordinasi pada pelaksanaan praktikum sesuai dengan jadwal dan tujuan.
2. Menyusun bahan soal untuk responsi praktikum.
3. Memberikan penilaian akhir terhadap praktikum.
4. Mengawasi implementasi K3 di laboratorium selama kegiatan praktikum.

➤ Administrasi Laboratorium

Tugas dari administrasi laboratorium, yaitu :

1. Bertanggung jawab dan melakukan koordinasi pada kegiatan administrasi praktikum.
2. Melaksanakan kegiatan pendaftaran peserta praktikum.
3. Melaksanakan kegiatan administrasi dan pencatatan keuangan praktikum.
4. Menyiapkan pelaksanaan responsi praktikum.
5. Memberikan layanan administrasi dalam hal mahasiswa.

➤ Laboran/ Teknisi Laboratorium

Merupakan pengelola dan sekaligus sebagai penanggung jawab alat atau bahan praktikum. Tugas dari Laboran/Teknisi Laboratorium :

1. Melaksanakan tugas pelaksanaan praktikum sesuai dengan jadwal dan tujuan.
2. Bertanggung jawab pada penyediaan fasilitas peralatan dan bahan yang dibutuhkan selama praktikum.
3. Membantu pelaksanaan administrasi harian praktikum di masing –masing laboratorium.
4. Membantu pelaksanaan implementasi K3 di laboratorium selama kegiatan praktikum.
5. Melakukan koordinasi dengan dosen dan asisten praktikum.

➤ Asisten Laboratorium

Merupakan pengelola kegiatan laboratorium. Dimana asisten pada saat praktikum harus:

1. Menunjang pemahaman konsep.
2. Mengembangkan keterampilan dasar laboratorium.
3. Mengarahkan pada cara ber laboratorium yang baik.
4. Mengarahkan pada keselamatan bekerja di laboratorium..
5. Praktikum mengarahkan pada penanganan limbah yang efisien.



1.4. Unsur – Unsur Laboratorium Pada Praktikum

1. Tata Bangunan

- Mudah dikontrol
- Jauh dari pemukiman/tata-letaknya aman
- Memperhatikan pengelolaan limbah
- Sesuai dengan kebutuhan/jenis lab
- Pencahayaan

2. Ukuran

- Per-praktikan diperlukan luas laboratorium kurang lebih $2,5m^2$
- Jumlah siswa dalam laboratorium maksimal 40 orang
- Tinggi langit-langit minimal 4m

3. Fasilitas

- Alat dan bahan
- Ruang penyimpanan/lemari alat dan bahan
- Ruang persiapan(praktikum)
- Ruang khusus (ruang asam, ruang gelap, ruang steril, ruang timbang,dll)
- Gudang
- Sumber air

4. Keamanan

- Ventilasi +blower
- Unit pengelolaan limbah
- Bak cuci dan saluran yang aman
- Pintu keluar/masuk yang cukup luas
- Alat pemadam api
- Alat listrik yang aman
- Kotak P3K
- Peralatan keamanan khusus

5. Tata Tertib laboratorium

- Untuk keselamatan sendiri
- Untuk keselamatan orang lain
- Untuk keselamatan lingkungan
- Untuk menunjang kelancaran kegiatan laboratorium itu sendiri

6. Kegiatan

Kegiatan utama dari sebuah laboratorium adalah praktikum, dimana konsep dari sebuah praktikum untuk membuktikan teori yang diajarkan pada perkuliahan. Ada berbagai kegiatan praktikum yang dapat dilakukan, salah satunya:

- a. Waktu pelaksanaan praktikum



Modul Praktikum Mesin Listrik

Praktikum waktu pendek artinya dalam satu kali per jam praktikum dapat selesai.

b. Bentuk kelompok kerja praktikum

Praktikum dengan kelompok sangat ditentukan oleh besarnya kelompok. Biasanya semakin besar kelompok kerja semakin kurang efisien dan efektif.

c. Isi kegiatan praktikum Percobaan/pengambilan data

Salah satu kegiatan utama pada saat pada saat praktikum adalah pengambilan data. Data diambil harus sesuai dengan pengujian kebenaran suatu konsep teorinya. Pengambilan data yang salah akan mempengaruhi analisa data dan kesimpulan di laporan praktikum. Sehingga menjadi data yang tidak relevan.



BAB II PELAKSANAAN PRAKTIKUM

2.1. Peraturan Praktikum

Peraturan yang berlaku untuk pelaksanaan praktikum adalah :

- 1) Praktikan harus berpakaian rapi dalam mengikuti praktikum (menggunakan kemeja, celana panjang utuh,bersepatu).
- 2) Praktikan harus mempersiapkan diri dengan baik sebelum dan pada saat mengikuti praktikum.
- 3) Mahasiswa harus sudah siap sebelum praktikum dimulai (absen suhu, modul, alat tulis, , laporan akhir saat waktu pengumpulan).
- 4) Selama pelaksanaan praktikum sangat diharapkan untuk tidak melakukan kegiatan yang mengganggu kelompok lain atau mengganggu keseluruhan praktikum serta mematuhi protokol kesehatan (seperti memakai masker).
- 5) Setelah praktikum, praktikan perlu menulis laporan akhir dengan batas akhir penyerahan adalah 1 minggu setelah melaksanakan praktikum.
- 6) Peraturan-peraturan lain yang belum dijelaskan dalam peraturan ini akan ditentukan kemudian apabila diperlukan selama pelaksanaan praktikum.
- 7) Setiap pelanggaran yang dilakukan terhadap peraturan di atas akan dicatat oleh asisten praktikum. Apabila pelanggaran dianggap berat maka keputusan terhadap sanksi pelanggaran akan ditentukan dalam rapat koordinasi laboratorium.

2.2. Persiapan Praktikum

Praktikan harus mengikuti jadwal praktikum yang ditentukan oleh laboratorium. Penggantian jadwal dapat dilakukan dengan persetujuan asisten serta mempertimbangkan tersedianya peralatan dan waktu untuk praktikum sepanjang tidak mengganggu kegiatan praktikum lain.

2.3. Pelaksanaan Praktikum

1. Absensi

- a) Praktikan harus melaksanakan praktikum sesuai jadwal terakhir yang disetujui dengan asisten. Praktikan harus datang tepat pada waktu pelaksanaan praktikum untuk mengisi daftar hadir. Keterlambatan mengurangi nilai kedisiplinan.
- b) Praktikan yang tidak menghadiri suatu praktikum dengan alasan yang tidak bisa diterima akan dinyatakan gagal untuk satu praktikum tersebut.

2. Alat dan Bahan

- a) Penggunaan alat dan bahan harus mendapat persetujuan asisten.
- b) Semua alat dan bahan yang dipinjam menjadi tanggung jawab praktikan dan harus dikembalikan dalam keadaan baik pada akhir praktikum.
- c) Segera melaporkan ketidakberesan alat, bahan atau sarana pendukung kepada asisten.
- d) Setiap kerusakan yang diakibatkan oleh kecerobohan praktikan harus diperbaiki atau diganti oleh praktikan yang bersangkutan



2.4. Sistematika Laporan

Laporan akhir praktikum merupakan dokumentasi hasil pelaksanaan praktikum dari awal sampai akhir. Sistematika laporan ini dibuat dengan menggunakan format laporan standar baku yang diterapkan pada Fakultas Teknik UPNVJ. Adapun format tersebut sebagai berikut :

TATA CARA PENULISAN LAPORAN AKHIR

PRAKTIKUM MESIN LISTRIK

- A. Ukuran Kertas: A4
- B. Margin (kiri-kanan-atas-bawah): 3.5 – 3 – 3 – 3
- C. Font: Times New Roman (rata kiri-kanan)
- D. Ukuran Font: 12 untuk isi (termasuk bab dan subbab), 14 untuk judul cover, 11 untuk keterangan tabel dan gambar
- E. Ukuran logo untuk cover: 5 x 5 cm
- F. Spasi 1.15 untuk isi dan 1.5 untuk cover
- G. Format penulisan bab dan subbab:
 - a. BAB 1
 - b. 1.1.
 - c. 1.1.1.
 - d. 1.1.1.1.
- H. Struktur laporan akhir:
 - a. Cover
 - b. Daftar Isi
 - c. Bab 1. Pendahuluan (Berisikan: Tujuan dan Landasan Teori)
 - d. Bab 2. Prosedur Kerja (Berisikan: Alat dan Bahan, Skema Alat (foto), dan Langkah Percobaan)
 - e. Bab 3. Data dan Pembahasan (Berisikan: Jurnal Praktikum (tabel), Perhitungan (beserta grafik))
 - f. Bab 4. Analisis
 - g. Bab 5. Penutup (Berisikan: Kesimpulan dan Saran)
 - h. Daftar Pustaka (tuliskan dengan format APA)
- I. Laporan akhir disimpan dalam format PDF.



LAPORAN AKHIR PRAKTIKUM

MESIN LISTRIK



Nama Peserta Praktikum: Kim Jong-un

Kelas/Nomor Mahasiswa: A/10011001

Nama Dosen Praktikum: Ferdyanto, S.T., M.T.

Nama Asisten Lab: (nama Asisten Laboratorium yang sudah ditetapkan)

Nomor Kelompok: (d disesuaikan dengan urut presensi-per 4 mhs)

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

2023



2.5. Sanksi

Ada beberapa sanksi yang dapat diterapkan terhadap praktikan yang melanggar peraturan tata tertib :

1. Pelanggaran terhadap:
 - a. Asisten berhak melakukan pencoretan terhadap tugas yang telah dikerjakan.
 - b. Jika tidak membawa modul, maka tidak diperkenankan mengikuti praktikum.
 - c. Jika isi laporan akhir sama dengan teman satu kelompok (plagiat), maka modul tersebut bernilai nol atau gagal Praktikum Mesin Listrik.
 - d. Praktikan diwajibkan menon-aktifkan (*silent*) HP selama praktikum, jika tidak nilai objek dikurangi 10%.
2. Praktikan yang melakukan kecurangan dapat dikenakan sanksi berupa pembatalan seluruh praktikum dan diberi “Nilai E”.
3. Praktikan yang lalai atau menyebabkan kerusakan atau menghilangkan alat milik laboratorium harus mengganti alat tersebut. Apabila dalam waktu yang ditentukan belum mengganti, maka tidak diperkenankan mengikuti praktikum berikutnya.
4. Praktikan yang tidak mengikuti praktikum sebanyak 4 kali diberi sanksi pembatalan seluruh praktikum dan diberi “Nilai E”.
5. Sanksi lain yang ada di luar sanksi-sanksi diatas ditentukan kemudian oleh Kepala Praktikum Mesin Listrik.



MODUL ML-AC

Mesin Listrik AC



MESIN LISTRIK AC (ML-AC)

1.1. Tujuan Praktikum

Adapun tujuan dilakukan praktikum mesin listrik AC adalah sebagai berikut:

1. Mampu menggunakan mesin listrik AC.
2. Memahami cara kerja dan penerapan mesin listrik AC.

1.2. Dasar Teori

Mesin Listrik secara umum digunakan untuk perangkat yang melakukan konversi energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Tergantung pada jenis arus yang digunakan untuk operasi, mesin listrik dapat diklasifikasikan sebagai mesin AC dan mesin DC.

Mesin DC sebenarnya adalah mesin arus bolak-balik, tetapi dilengkapi dengan alat khusus yang disebut Commutator, yang dalam kondisi tertentu mengubah AC menjadi DC dan sebaliknya. Terlepas dari kenyataan bahwa Komutator telah membuat kondisi pengoperasian mesin DC menjadi rumit, ini adalah perangkat pengubah energi yang sangat serbaguna. Melalui berbagai kombinasi belitan medan shunt, seri dan eksitasi terpisah, mereka dapat dirancang untuk memberikan variasi tegangan, arus, atau karakteristik torsi kecepatan yang luas untuk operasi dinamis dan kondisi tunak.

Karena kemudahannya mereka dapat dikontrol, motor DC sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan rentang kecepatan motor yang luas atau kontrol yang tepat dari pabrik penggulung keluaran motor, derek dan traksi di atas kepala; drive untuk industri proses, kendaraan yang digerakkan oleh baterai, peralatan mesin yang membutuhkan kontrol kecepatan yang presisi, dalam jangkauan mini pada tape recorder, kamera, dll. Motor DC kecil banyak digunakan dalam aplikasi kontrol. Generator DC kecil digunakan untuk catu daya di kapal, mobil pesawat udara dan kendaraan lain yang diisolasi dari sistem jaringan AC pedalaman.

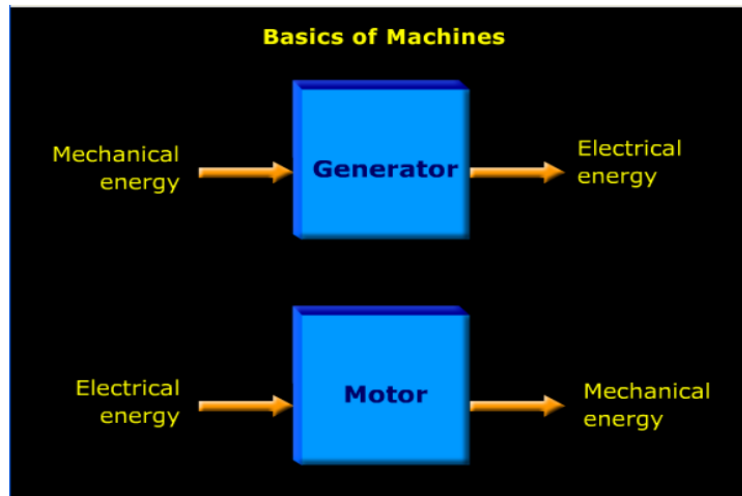


AC Machine



DC Machine

Baik EMF yang diinduksi dan gaya mekanik dikembangkan dalam mesin, apakah itu Generator atau Motor. Dengan demikian Generator dan Motor DC memiliki konstruksi yang identik.



❖ Dasar-dasar Motor Induksi:

Papan nama khas motor induksi mencantumkan parameter berikut:

- Tegangan suplai terminal terukur dalam Volt.
- Nilai frekuensi suplai dalam Hz. (Hertz)
- Nilai arus dalam Amps. (Ampere)
- Kecepatan dalam RPM. (Rotasi Per Menit)
- Peringkat daya dalam Watt atau Horsepower (HP).
- Nilai torsi dalam Newton meter atau Pound-inci.
- Jenis insulasi belitan - Kelas A, B, F atau H.
- Jenis sambungan stator (hanya untuk 3 fasa), bintang (Y) atau delta (Δ).

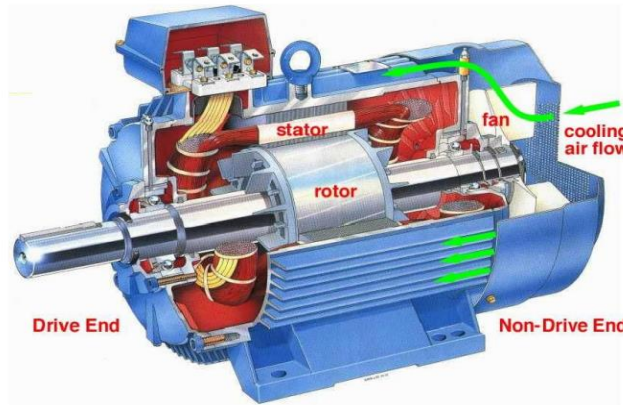
❖ Konstruksi Mesin AC:

Motor induksi fase poli banyak digunakan motor AC. Hampir lebih dari 90% tenaga mekanik yang digunakan dalam industri disediakan oleh motor induksi tiga fasa. Alasannya adalah biaya rendah, konstruksi sederhana dan kasar, tidak adanya komutator, karakteristik operasi yang baik. Ini efisiensi setinggi 90% dan faktor daya 0,89. Ciri yang membedakan motor semacam itu adalah motor yang dieksitasi secara tunggal.

❖ Motor induksi pada dasarnya terdiri dari dua bagian:

Motor induksi tiga fasa sangat sederhana dalam konstruksi dibandingkan dengan motor lainnya. Komponen penting dari motor induksi polyphase adalah:

- Stator
- Rotor



a. Stator

Inti stator berlapis yang membawa belitan fase poli. Bagian-bagian utama stator adalah sebagai berikut:

- Rangka stator: Ini adalah bodi luar motor. Fungsinya untuk menopang inti stator dan belitan, melindungi bagian dalam mesin dan berfungsi sebagai rumah ventilasi. Bingkai mungkin die-cast dari fabrikasi.
- Inti stator: Stator motor induksi sangat mirip konstruksinya dengan motor sinkron tiga fasa. Inti stator adalah untuk membawa fluks bolak-balik yang menghasilkan histeresis dan kerugian arus eddy. Untuk mengurangi histeresis dan rugi-rugi arus eddy di inti stator, ia dirakit dari rugi-rugi listrik bermutu tinggi, rendah, meninju baja silikon. Ketebalan meninju bervariasi dari 0,35 mm hingga 0,65 mm.
- Kumputan medan: Dalam motor induksi satu fasa, belitan stator biasanya berupa belitan tiga fasa yang biasanya disuplai dari suplai utama tiga fasa. Tiga fase belitan dapat dihubungkan baik bintang atau delta.



a) Stator frame



b) Stator core



c) Field winding

b. Rotor

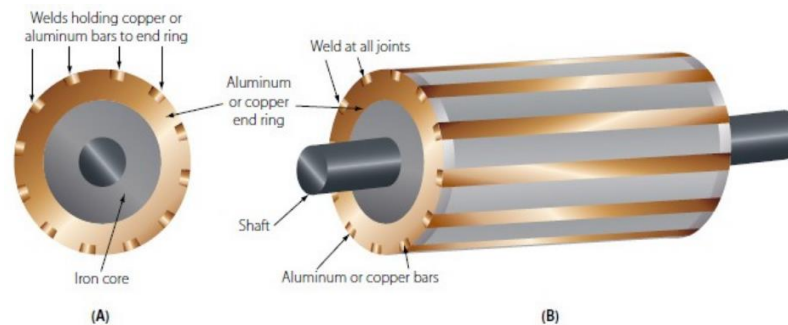
Rotor terdiri dari inti besi berlapis silinder, dengan slot di sekitar inti yang membawa konduktor rotor. Secara umum baja lembaran yang dilaminasi digunakan untuk inti rotor seperti untuk stator. Inti rotor yang dilaminasi membawa belitan sangkar atau fase poli. Rotor yang digunakan pada motor induksi tiga fasa, menurut dengan jenis belitan yang digunakan, ada dua jenis:



- Rotor sangkar tupai (Squirrel Cage):

Terdiri dari inti silinder laminasi yang memiliki slot melingkar setengah tertutup di pinggiran luar. Tembaga atau aluminium ditempatkan di slot ini dan dihubungkan pendek di setiap ujungnya oleh cincin tembaga atau aluminium yang disebut cincin hubung singkat.

Dengan demikian, belitan rotor dihubungkan pendek secara permanen dan tidak mungkin untuk menambahkan hambatan eksternal apa pun di sirkuit rotor. Gambar (a) menunjukkan rotor sangkar tupai.



Motor AC yang paling umum menggunakan Rotor Sangkar Tupai, yang akan ditemukan di hampir semua motor arus bolak-balik domestik dan industri ringan. Sangkar tupai mengambil namanya dari bentuknya - sebuah cincin di kedua ujung rotor, dengan palang yang menghubungkan cincin sepanjang rotor.

Biasanya aluminium cor atau tembaga dituangkan di antara laminasi besi rotor, dan biasanya hanya cincin ujung yang akan terlihat. Sebagian besar arus rotor akan mengalir melalui jeruji daripada laminasi dengan resistansi yang lebih tinggi dan biasanya dipernis. Tegangan sangat rendah pada arus yang sangat tinggi adalah tipikal di batang dan cincin ujung; motor efisiensi tinggi akan sering menggunakan tembaga cor untuk mengurangi hambatan di rotor.

Dalam operasi, motor sangkar tupai dapat dilihat sebagai transformator dengan putaran sekunder - ketika rotor tidak berputar sinkron dengan medan magnet, arus rotor besar diinduksi; arus rotor yang besar memagnetisasi rotor dan berinteraksi dengan medan magnet stator untuk membawa rotor ke sinkronisasi dengan medan stator. Motor sangkar tupai yang tidak dibebani pada kecepatan sinkron akan mengkonsumsi daya listrik hanya untuk mempertahankan kecepatan rotor terhadap kerugian gesekan dan hambatan; ketika beban mekanis meningkat, demikian juga beban listrik - beban listrik secara inheren terkait dengan beban mekanis. Ini mirip dengan transformator, di mana beban listrik primer terkait dengan beban listrik sekunder.

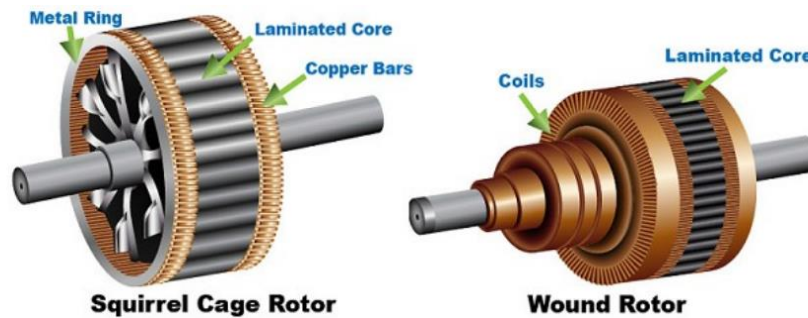
Inilah sebabnya, sebagai contoh, motor blower sangkar tupai dapat menyebabkan lampu rumah redup saat dinyalakan, tetapi tidak meredupkan lampu saat sabuk kipas (dan karena itu beban mekanis) dilepas. Lebih jauh lagi, motor sangkar tupai yang macet (kelebihan beban atau dengan poros macet) akan mengkonsumsi arus yang hanya dibatasi oleh resistansi rangkaian saat ia mencoba untuk memulai. Kecuali jika ada hal lain yang membatasi arus (atau memutusya sepenuhnya) panas berlebihan dan kerusakan isolasi belitan adalah kemungkinan hasilnya.



Modul Praktikum Mesin Listrik

Untuk mencegah arus yang diinduksi dalam sangkar tupai agar tidak menimpa kembali suplainya, sangkar tupai umumnya dibangun dengan bilangan prima bar, atau setidaknya kelipatan kecil dari bilangan prima (jarang lebih dari 2). Ada jumlah batang yang optimal dalam desain apa pun, dan menambah jumlah batang di luar titik itu hanya berfungsi untuk meningkatkan kerugian motor terutama saat memulai.

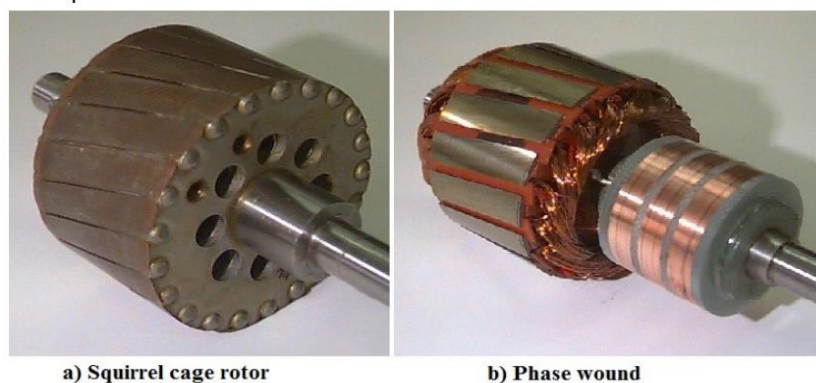
Hampir setiap mesin cuci, mesin pencuci piring, kipas yang berdiri sendiri, pemutar piringan hitam, dll. menggunakan beberapa varian dari motor sangkar tupai. Pada motor sangkar tupai, kecepatan motor ditentukan oleh beban yang digerakkannya dan oleh jumlah kutub yang menghasilkan medan magnet di stator. Jika beberapa kutub dinyalakan atau dimatikan, kecepatan motor dapat dikontrol dengan jumlah tambahan.



- Rotor belitan fase:

Ini juga disebut rotor cincin selip dan motor yang menggunakan jenis rotor ini dikenal sebagai motor induksi belitan fase atau cincin selip. Slip ring rotor terdiri dari inti silinder laminasi yang memiliki slot semi-tertutup di pinggiran luar dan membawa belitan berinsulasi tiga fase.

Rotor dililit untuk jumlah kutub yang sama dengan jumlah kutub stator. Tiga terminal akhir dihubungkan bersama membentuk titik bintang dan terminal tiga bintang terhubung ke tiga cincin slip tembaga yang dipasang pada poros. Dalam hal ini, tergantung pada kebutuhan, resistansi eksternal apa pun dapat ditambahkan. Gambar (b) menunjukkan rotor belitan fase.



Sebuah desain alternatif, yang disebut rotor luka, digunakan ketika kecepatan variabel diperlukan. Dalam hal ini, rotor memiliki jumlah kutub yang sama dengan stator dan belitannya terbuat dari kawat, dihubungkan dengan cincin slip pada poros. Sikat karbon menghubungkan cincin slip ke pengontrol eksternal seperti resistor variabel yang memungkinkan perubahan kecepatan slip motor. Dalam penggerak rotor



Modul Praktikum Mesin Listrik

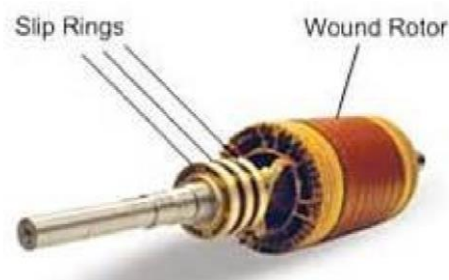
belitan berkecepatan variabel daya tinggi tertentu, energi frekuensi slip ditangkap, diperbaiki, dan dikembalikan ke catu daya melalui inverter.

Dibandingkan dengan rotor sangkar tupai, motor rotor belitan mahal dan memerlukan perawatan cincin slip dan sikat, tetapi mereka adalah bentuk standar untuk kontrol kecepatan variabel sebelum munculnya perangkat elektronik daya yang ringkas. Inverter transistor dengan penggerak frekuensi variabel sekarang dapat digunakan untuk kontrol kecepatan, dan motor rotor belitan menjadi kurang umum. (Drive inverter bertransistor juga memungkinkan motor tiga fase yang lebih efisien untuk digunakan ketika hanya arus listrik satu fase yang tersedia, tetapi ini tidak pernah digunakan pada peralatan rumah tangga, karena dapat menyebabkan gangguan listrik dan karena kebutuhan daya yang tinggi).

Beberapa metode untuk memulai motor poli-fase digunakan. Bila arus masuk yang besar dan torsi awal yang tinggi dapat diizinkan, motor dapat distart melalui saluran, dengan menerapkan tegangan saluran penuh ke terminal (Direct-on-line, DOL). Di mana perlu untuk membatasi arus masuk awal (di mana motor besar dibandingkan dengan kapasitas hubung singkat suplai), tegangan awal yang dikurangi menggunakan induktor seri, autotransformer, thyristor atau perangkat lain digunakan.

Sebuah teknik yang kadang-kadang digunakan adalah (Star-Delta, $Y\Delta$) mulai, di mana kumparan motor awalnya terhubung dalam Y untuk percepatan beban, kemudian beralih ke delta ketika beban mencapai kecepatan. Teknik ini lebih umum di Eropa daripada di Amerika Utara. Penggerak yang ditransistorisasi dapat secara langsung memvariasikan tegangan yang diberikan seperti yang dipersyaratkan oleh karakteristik awal motor dan beban.

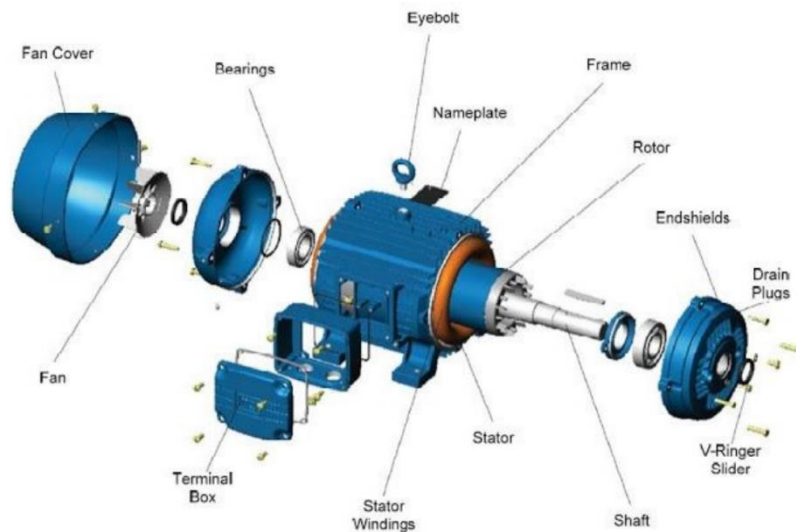
Jenis motor ini menjadi lebih umum dalam aplikasi traksi seperti lokomotif, yang dikenal sebagai motor traksi asinkron. Pada motor rotor belitan, impedansi belitan rotor dapat diubah secara eksternal, yang mengubah arus pada belitan dan dengan demikian memberikan kontrol kecepatan yang kontinu.



- ❖ Advantage of Wound Rotor Motor:
 - a. High starting torque with low starting current by inserting an external resistance in each phase of the rotor circuit.
 - b. Speed can be controlled easily.
 - c. No abnormal heating during starting.
 - d. Smooth acceleration during heavy load.
- ❖ Disadvantage of Wound Rotor Motor:
 - a. Lower efficiency and low power factor.
 - b. Speed regulation is poor.



c. Initial and maintenance cost are more due to slip ring brushes etc.



A typical 3-phase induction motor

❖ Prinsip Operasi Motor Induksi Tiga Fasa:

Motor induksi 3 fasa mendapatkan namanya dari fakta bahwa arus rotor diinduksi oleh medan magnet, bukan koneksi listrik. Prinsip operasi motor induksi 3 fasa didasarkan pada produksi *rmf*.

❖ Produksi medan magnet berputar:

Stator motor induksi terdiri dari sejumlah gulungan yang tumpang tindih yang diimbangi oleh sudut listrik 120° . Ketika belitan primer atau stator dihubungkan ke suplai arus bolak-balik tiga fasa, ia membentuk medan magnet berputar yang berputar pada kecepatan sinkron.

Arah putaran motor tergantung pada urutan fasa jalur suplai, dan urutan jalur-jalur ini terhubung ke stator. Dengan demikian, mempertukarkan sambungan dua terminal primer mana pun ke suplai akan membalikkan arah putaran.

Jumlah kutub dan frekuensi tegangan yang diberikan menentukan kecepatan putaran sinkron pada stator motor. Motor biasanya dikonfigurasi untuk memiliki 2, 4, 6 atau 8 kutub. Kecepatan sinkron, istilah yang diberikan untuk kecepatan di mana medan yang dihasilkan oleh arus primer akan berputar, ditentukan oleh ekspresi berikut.

$$\text{Synchronous speed of rotation} = (120 * \text{supply frequency}) / \text{Number of poles on the stator}$$

❖ Bidang Berputar

Bagian ini menunjukkan bagaimana belitan stator dapat dihubungkan ke input AC tiga fasa untuk menciptakan medan magnet yang berputar. Medan magnet lain pada rotor dapat dibuat untuk mengejanya dengan cara ditarik dan ditolak oleh medan stator. Karena rotor bebas berputar, ia mengikuti medan magnet yang berputar di stator.

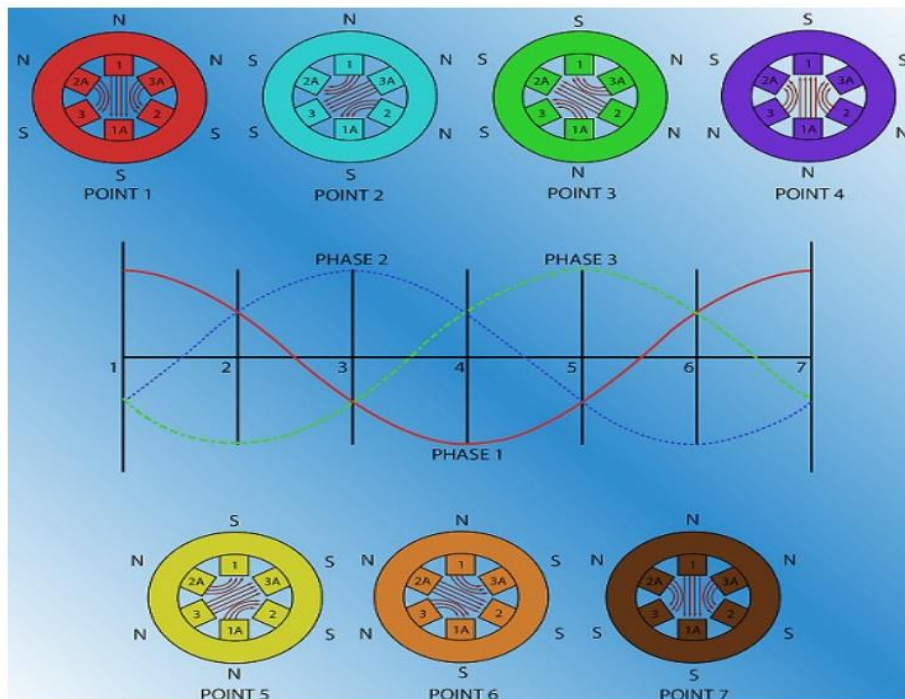
AC poli-fase dibawa ke stator dan dihubungkan ke belitan yang secara fisik dipindahkan terpisah 120 derajat. Gulungan ini terhubung membentuk kutub magnet utara dan selatan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar di bawah. Analisis polaritas



elektromagnetik kutub pada titik 1 sampai 7 pada Gambar di bawah ini menunjukkan bagaimana AC tiga fasa menciptakan medan magnet yang berputar.

Pada titik 1, medan magnet pada fase 1 maksimum. Tegangan negatif ditunjukkan pada fase 2 dan 3. Tegangan negatif pada belitan ini menciptakan medan magnet yang lebih kecil, yang akan cenderung membantu pengaturan medan pada koil 1-1A.

Pada titik 2, fase 3 menghasilkan fluks negatif maksimum pada koil 3-3A. Medan negatif yang kuat ini dibantu oleh medan magnet yang lebih lemah yang dikembangkan oleh fase 1 dan 2. Input AC tiga fasa naik dan turun dengan setiap siklus. Menganalisis setiap titik pada grafik tegangan menunjukkan bahwa medan magnet yang dihasilkan berputar searah jarum jam. Ketika input tiga fasa menyelesaikan satu siklus penuh pada titik 7, medan magnet telah menyelesaikan seluruh putaran 360 derajat.



AC Generation in Induction Machine

❖ Perilaku Rotor di Bidang Berputar

Penyederhanaan yang berlebihan dari perilaku rotor menunjukkan bagaimana medan magnet stator mempengaruhi rotor. Pertama, asumsikan bahwa magnet batang sederhana ditempatkan di tengah diagram stator yang ditunjukkan pada Gambar di atas. Juga, asumsikan bahwa magnet batang bebas berputar. Itu telah disejajarkan sehingga pada titik 1, kutub selatannya berlawanan dengan dengan utara besar bidang stator.

Kutub yang tidak sejenis saling tarik menarik dan kutub yang sejenis tolak menolak. Ketika AC menyelesaikan satu siklus, bergerak dari titik 1 ke titik 7, medan stator berputar dan menarik magnet batang dengannya karena gaya tarik kutub yang berbeda dan gaya tolak menolak kutub yang sama. Magnet batang akan berputar pada kecepatan yang sama dengan fluks putar stator. Kecepatan ini dikenal sebagai kecepatan sinkron. Kecepatan sinkron motor diberikan oleh persamaan:



$$N = \frac{120f}{P}$$

Where:	N	=	speed in RPM
	f	=	frequency in cycles per second
	P	=	number of magnetic poles

❖ **Produksi fluks magnet:**

Medan magnet yang berputar di stator adalah bagian pertama dari operasi. Untuk menghasilkan torsi dan dengan demikian berputar, rotor harus membawa arus. Pada motor induksi, arus ini berasal dari konduktor rotor. Medan magnet berputar yang dihasilkan di stator memotong batang konduktif rotor dan menginduksi ggl.

Gulungan rotor pada motor induksi ditutup melalui resistansi eksternal atau korsleting secara langsung. Oleh karena itu, ggl yang diinduksi pada rotor menyebabkan arus mengalir dalam arah yang berlawanan dengan medan magnet yang berputar di stator, dan menyebabkan gerakan memutar atau torsi pada rotor.

Akibatnya, kecepatan rotor tidak akan mencapai kecepatan sinkron r.m.f di stator. Jika kecepatannya cocok, tidak akan ada emf. diinduksi di rotor, tidak ada arus yang mengalir, dan oleh karena itu tidak ada torsi yang dihasilkan. Selisih antara kecepatan stator (kecepatan sinkron) dan kecepatan rotor disebut slip. Rotasi medan magnet pada motor induksi memiliki keuntungan bahwa tidak perlu dilakukan sambungan listrik ke rotor.

❖ **Slip Motor Induksi:**

Ketika rotor motor induksi dikenai medan magnet berputar yang dihasilkan oleh belitan stator, tegangan diinduksi pada batang longitudinal. Tegangan induksi menyebabkan arus mengalir melalui jeruji. Arus ini, pada gilirannya, menghasilkan medan magnetnya sendiri, yang bergabung dengan medan putar sehingga rotor mengambil posisi di mana tegangan induksi diminimalkan.

Akibatnya, rotor berputar hampir pada kecepatan sinkron medan stator, perbedaan kecepatan cukup untuk menginduksi jumlah arus yang tepat dalam rotor untuk mengatasi rugi-rugi mekanik dan listrik pada rotor. Jika rotor berputar pada kecepatan yang sama dengan medan putar, konduktor rotor tidak akan dipotong oleh garis gaya magnet apa pun, tidak ada ggl yang akan diinduksi di dalamnya, tidak ada arus yang dapat mengalir, dan tidak akan ada torsi. Rotor kemudian akan melambat. Untuk alasan ini, harus selalu ada perbedaan kecepatan antara rotor dan medan putar. Perbedaan kecepatan ini disebut slip dan dinyatakan sebagai persentase dari kecepatan sinkron. Misalnya, jika rotor berputar pada 1.750 rpm dan kecepatan sinkronnya 1.800 rpm, perbedaan kecepatannya adalah 50 rpm. Slip tersebut kemudian sama dengan 50/1.800 atau 2,78 persen.

❖ **Prinsip Operasi Motor Induksi:**

Di mana pasokan listrik polifase tersedia, motor induksi AC tiga fase (atau polifase) biasanya digunakan, terutama untuk motor bertenaga tinggi. Perbedaan fasa antara tiga fasa suplai listrik polifase, menciptakan medan elektromagnetik yang berputar di motor. Melalui

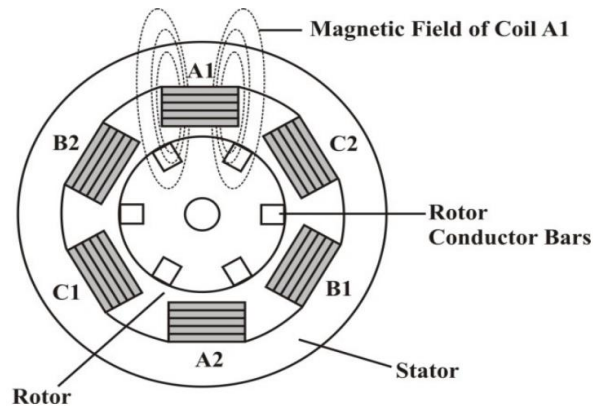


Modul Praktikum Mesin Listrik

induksi elektromagnetik, perubahan waktu dan pembalikan (arus polifase arah bolak-balik) medan magnet berputar menginduksi arus perubahan waktu dan pembalikan (bolak-balik) dalam konduktor di rotor; ini mengatur perubahan waktu dan penyeimbangan medan elektromagnetik yang bergerak yang menyebabkan rotor berputar ke arah medan yang berputar. Rotor selalu bergerak (berputar) sedikit di belakang puncak fase medan magnet primer stator dan dengan demikian selalu bergerak lebih lambat daripada medan magnet berputar yang dihasilkan oleh suplai listrik polifase.

Prinsip medan magnet berputar adalah kunci pengoperasian motor AC. Motor induksi mengandalkan medan magnet yang berputar di statornya (belitan stasioner) untuk menyebabkan rotornya berputar. Stator sendiri tidak berputar. Stator dipasang secara permanen ke bagian dalam rumah motor dengan cara yang sama seperti belitan stasioner di generator dihubungkan ke rangka utama. Medan magnet berputar yang dibuat dalam belitan stator memberikan torsi yang diperlukan untuk menggerakkan rotor. Gagasan di baliknya adalah bahwa medan magnet dalam stator dapat dibuat agar tampak berputar secara elektrik, di sekitar pinggiran bagian dalam rumah motor. Ini dilakukan dengan tumpang tindih beberapa belitan stator yang berbeda. Medan magnet dikembangkan di setiap belitan stator yang berbeda pada waktu yang berbeda. Tepat sebelum medan magnet dari satu belitan meluruh, belitan yang tumpang tindih mengembangkan polaritas magnet yang sama. Saat medan magnet kedua ini meluruh pada belitan kedua, belitan lain yang tumpang tindih mengembangkan medan magnet dengan polaritas yang sama, dan urutan berulang. Gulungan stator yang berurutan mengembangkan medan magnet dalam prosesi yang teratur dan tampak bergerak secara progresif di sekitar bagian dalam rumah motor. Medan magnet individu ini adalah milik aliran arus di stator motor. Aliran arus ini berasal dari tiga arus fasa individu

Output generator tiga fase. Gambar 11 menunjukkan tiga tegangan/arus fase tunggal yang berkembang di armature utama generator yang menyelesaikan rangkaian individu. Rangkaian A-B pada armature generator memiliki lilitan seperti A-B pada stator motor. Masing-masing dari tiga kombinasi sirkuit (A-B, B-C, dan C-A) dikembangkan secara independen di generator selama periode waktu yang singkat. Sirkuit generator kemudian diselesaikan melalui belitan stator motor dengan cara yang sama. Selama arus dan medan magnet berkembang dan meluruh secara teratur dan progresif di sekitar pinggiran rangka motor, medan magnet berputar ada. Medan magnet yang berputar di stator hanyalah bagian dari operasi. Medan magnet lain perlu dibuat di rotor agar torsi dan rotasi dapat berkembang dengan menggunakan prinsip tarik-menarik dan tolakan magnet. Medan magnet yang dikembangkan di rotor adalah produk dari induksi. Segera setelah belitan stator dan rotor mengembangkan afiliasi magnetiknya, torsi akan berkembang, dan rotor akan berputar.



Rotor tidak pernah dapat berputar pada kecepatan sinkron karena tidak akan ada gerakan relatif antara medan magnet dan belitan rotor dan tidak ada arus yang dapat diinduksi. Motor induksi memiliki torsi awal yang tinggi.

❖ Karakteristik Lari:

Setelah motor mencapai kecepatan, ia beroperasi pada slip rendah, pada kecepatan yang ditentukan oleh jumlah kutub stator. Frekuensi arus yang mengalir di rotor sangat rendah. Biasanya, slip beban penuh untuk motor induksi sangkar standar kurang dari 5%. Slip beban penuh aktual dari motor tertentu bergantung pada desain motor dengan kecepatan beban penuh tipikal dari motor induksi empat kutub yang bervariasi antara 1420 dan 1480 RPM pada 50 Hz. Kecepatan sinkron mesin empat kutub pada 50 Hz adalah 1500 RPM dan pada 60 Hz mesin empat kutub memiliki kecepatan sinkron 1800 RPM.

Motor induksi menarik arus magnetisasi saat beroperasi. Arus magnetisasi tidak tergantung pada beban pada mesin, tetapi tergantung pada desain stator dan tegangan stator. Arus magnetisasi aktual dari motor induksi dapat bervariasi dari serendah 20% FLC untuk mesin dua kutub besar hingga 60% untuk mesin kecil delapan kutub. Kecenderungannya adalah mesin besar dan mesin kecepatan tinggi menunjukkan arus magnetisasi rendah, sedangkan mesin kecepatan rendah dan mesin kecil menunjukkan arus magnetisasi tinggi. Mesin empat kutub berukuran sedang yang khas memiliki arus magnetisasi sekitar 33% FLC. Arus magnetisasi yang rendah menunjukkan kehilangan besi yang rendah, sedangkan arus magnetisasi yang tinggi menunjukkan peningkatan kehilangan besi dan pengurangan yang dihasilkan dalam efisiensi operasi.

Komponen resistif dari arus yang ditarik oleh motor saat beroperasi, berubah dengan beban, terutama arus beban dengan arus kecil untuk rugi-rugi. Jika motor dioperasikan pada beban minimum yaitu, poros terbuka, arus yang ditarik oleh motor terutama arus magnetisasi dan hampir murni induktif. Menjadi arus induktif, faktor daya sangat rendah, biasanya serendah 0,1. Ketika beban poros pada motor meningkat, komponen resistif dari arus mulai naik. Arus rata-rata akan terasa mulai naik ketika arus beban mendekati arus magnetisasi besarnya. Saat arus beban meningkat, arus magnetisasi tetap sama sehingga faktor daya motor akan meningkat. Faktor daya beban penuh motor induksi dapat bervariasi dari 0,5 untuk motor kecil berkecepatan rendah hingga 0,9 untuk mesin besar berkecepatan tinggi. Rugi-rugi motor induksi terdiri dari rugi-rugi besi, rugi-rugi tembaga, rugi-rugi windage, dan rugi-rugi gesekan. Rugi besi, rugi windage, dan rugi gesekan pada dasarnya tidak bergantung



pada beban, tetapi rugi tembaga sebanding dengan kuadrat arus stator. Biasanya efisiensi motor induksi paling tinggi pada beban $3/4$ dan bervariasi dari kurang dari 60% untuk motor kecil berkecepatan rendah hingga lebih dari 92% untuk motor berkecepatan tinggi besar. Faktor daya operasi dan efisiensi umumnya dikutip pada lembar data motor.

❖ Torsi Motor Induksi Tiga Fasa:

Seperti yang dinyatakan sebelumnya, torsi pada motor induksi disebabkan oleh interaksi medan rotor dan stator. Agar EMF dan arus yang sesuai diinduksi di rotor, ia berputar pada slip. Pada keadaan tanpa beban, rotor akan tertinggal dari fluks stator dalam jumlah kecil yang diperlukan untuk menghasilkan torsi minimum yang diperlukan untuk mengatasi berat rotor dan rugi-rugi motor. Saat beban ditambahkan, kecepatan rotor secara alami akan meningkat. Penurunan kecepatan ini (peningkatan slip) memungkinkan medan stator berputar melewati batang rotor dengan kecepatan yang lebih cepat, menginduksi arus rotor yang lebih besar dan medan rotor yang lebih besar. Hasilnya adalah torsi yang lebih besar pada kecepatan yang lebih lambat.

Karena impedansi rotor rendah, penurunan kecil pada kecepatan rotor menghasilkan peningkatan besar pada arus rotor dan peningkatan besar pada kekuatan medan rotor. Dengan bertambahnya beban, arus rotor yang lebih besar berada dalam arah sedemikian rupa untuk mengurangi fluks stator. Hal ini menyebabkan penurunan sementara counter EMF pada belitan stator. Ini, pada gilirannya, memungkinkan lebih banyak arus mengalir ke stator dan meningkatkan input daya ke motor.

Kekuatan medan rotor dan stator, serta hubungan fase di antara keduanya, mengatur torsi. Faktor daya rotor tergantung pada hubungan fase, karena faktor daya adalah kosinus dari sudut fase.

Selama operasi normal, K , β , dan pf hampir konstan. Torsi akan meningkat secara langsung dengan arus rotor. Arus rotor meningkat hampir secara langsung dengan slip.

Peningkatan slip menyebabkan peningkatan frekuensi rotor dan reaktansi rotor. Untuk memahami hal ini, pertimbangkan motor induksi dua kutub. Kecepatan sinkron dihitung pada 3.600 rpm.

Jika motor ini beroperasi pada slip 5 persen, maka slip dalam rpm adalah:

$$3.600 \times .05 = 180 \text{ rpm.}$$

Secara fisik, ini berarti sepasang kutub stator akan melewati konduktor rotor tertentu 180 kali dalam satu menit, atau tiga kali dalam satu detik. . Setiap kali sepasang kutub bergerak melintasi konduktor tertentu, satu siklus EMF akan diinduksi, menghasilkan frekuensi tiga siklus per detik.

Jika slip dinaikkan menjadi sepuluh persen, atau 360 rpm, frekuensi tegangan dan arus rotor ditingkatkan menjadi enam siklus per detik. Jika slip meningkat menjadi 100 persen, frekuensi rotor akan menjadi 60 Hz. Dari sini, Anda dapat melihat bagaimana frekuensi rotor bergantung pada slip.

$$\text{Rotor Frequency} = \text{Stator Frequency} \times \text{Slip}$$

Frekuensi rotor penting sejauh mempengaruhi reaktansi rotor. Reaktansi rotor akan hampir berbanding lurus dengan impedansi rotor, sehingga:



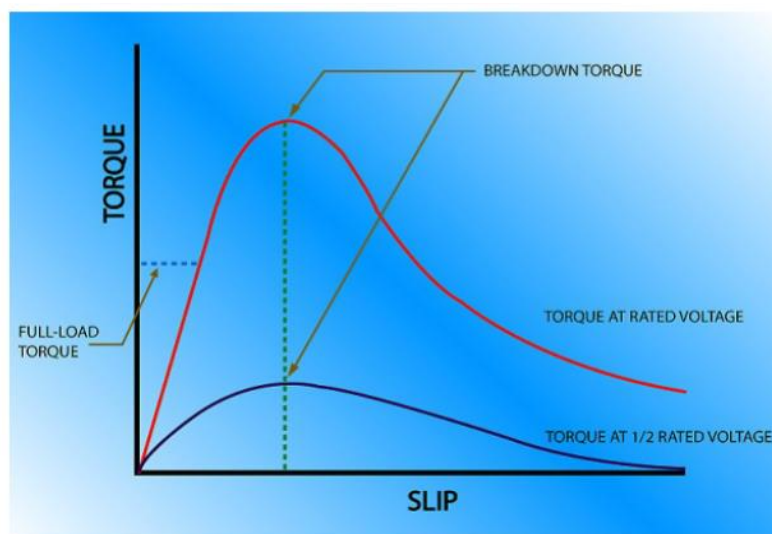
$$\text{Rotor Reactance} = 2\pi fL$$

Dari sini, kita melihat bagaimana peningkatan slip menyebabkan peningkatan frekuensi rotor dan reaktansi rotor. Resistansi rotor akan konstan, sehingga peningkatan reaktansi rotor berarti penurunan faktor daya rotor karena:

$$\text{Rotor Power Factor} = \frac{\text{Rotor Resistance}}{\text{Rotor Reactance}}$$

(Since it is proportional to impedance)

Selama operasi normal, perubahan slip sangat kecil karena beban ditambahkan dari kondisi tanpa beban ke kondisi beban penuh. Ini berarti bahwa perubahan impedansi dan reaktansi rotor secara taktis dapat diabaikan. Namun, karena beban meningkat melampaui nilai pengenalan dan beban penuh, slip meningkat cukup besar. Peningkatan ini akan menurunkan laju peningkatan arus rotor sedemikian rupa sehingga menghasilkan torsi yang tidak meningkat secara langsung dengan slip. Penurunan faktor daya dan penurunan laju kenaikan arus akan menghasilkan peningkatan torsi yang menjadi kurang cepat dan akhirnya akan mencapai nilai maksimum. Ini biasanya sekitar 20 persen terpeleset di kandang tupai motor induksi. Nilai torsi maksimum ini dikenal sebagai torsi penarikan. Jika beban meningkat lebih jauh, faktor daya rotor akan berkurang lebih cepat daripada peningkatan arus rotor, menghasilkan torsi yang menurun dan menghentikan motor. Gambar 10 menunjukkan hubungan antara torsi dan slip.



Torque vs. Slip of Induction Machine

❖ Arus Start Mesin Induksi:

Pada saat motor induksi tiga fasa distart, arus yang disuplai ke terminal stator motor dapat mencapai enam kali arus beban penuh motor. Ini karena pada saat start, rotor dalam keadaan diam; oleh karena itu, medan magnet yang berputar dari stator memotong rotor sangkar tupai pada kecepatan maksimum, menginduksi sejumlah besar EMF di dalam rotor.



Modul Praktikum Mesin Listrik

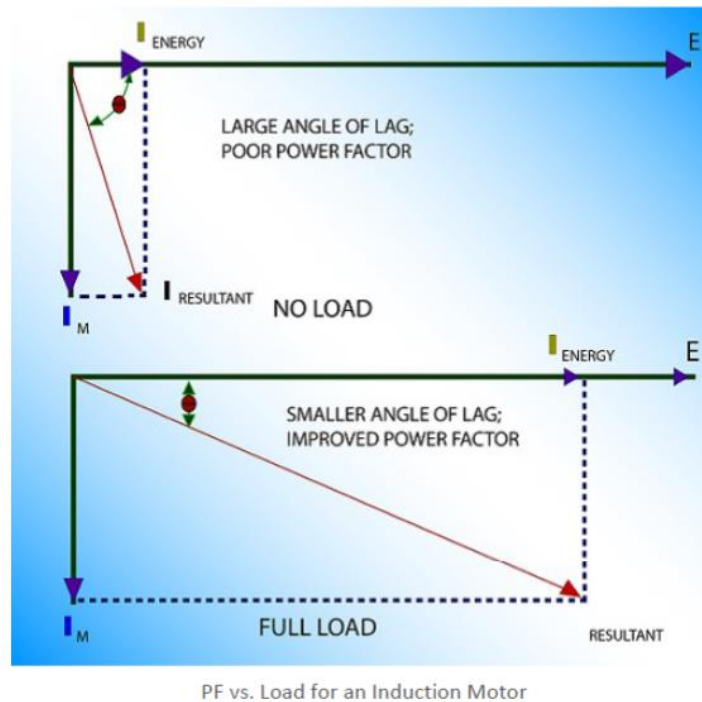
Ini menghasilkan arus yang tinggi secara proporsional pada terminal input motor, seperti yang telah dibahas sebelumnya. Karena lonjakan arus yang tinggi ini, proteksi awal arus setinggi 300 persen dari arus beban penuh harus disediakan untuk memungkinkan motor hidup dan mencapai kecepatan.

Karena terdapat slip 100 persen pada saat motor diberi energi, arus rotor tertinggal dari EMF rotor dengan sudut yang besar. Ini berarti bahwa aliran arus maksimum terjadi pada penghantar rotor pada waktu setelah jumlah maksimum fluks stator lewat. Hal ini menghasilkan arus awal yang tinggi pada faktor daya yang rendah, yang menghasilkan nilai torsi awal yang rendah. Dengan bertambahnya kecepatan rotor, frekuensi rotor dan reaktansi rotor berkurang, menyebabkan torsi meningkat hingga nilai maksimumnya, kemudian turun ke nilai yang dibutuhkan untuk memikul bebannya.

❖ Faktor Daya Mesin Induksi:

Faktor daya motor induksi sangkar tupai buruk pada kondisi tanpa beban dan beban rendah. Saat tanpa beban, faktor daya dapat tertinggal hingga 15 persen. Namun, ketika beban meningkat, faktor daya meningkat. Pada beban pengenal tinggi, faktor daya mungkin tertinggal 85 hingga 90 persen. Faktor daya pada saat tanpa beban rendah karena komponen magnetisasi arus masukan merupakan bagian besar dari arus masukan total motor. Ketika beban pada motor dinaikkan, arus sefasa yang disuplai ke motor meningkat, tetapi komponen magnetisasi arus secara praktis tetap sama. Ini berarti bahwa arus saluran yang dihasilkan lebih mendekati sefasa dengan tegangan dan faktor daya ditingkatkan ketika motor dibebani dibandingkan dengan motor yang tidak dibebani, yang terutama menarik arus magnetisasi.

Gambar menunjukkan peningkatan faktor daya dari kondisi tanpa beban menjadi beban penuh. Dalam diagram tanpa beban, arus sefasa (I_{ENERGY}) kecil jika dibandingkan dengan arus magnetisasi (I_M); dengan demikian, faktor daya buruk saat tanpa beban. Dalam diagram beban penuh, arus sefasa meningkat sedangkan arus magnetisasi tetap sama. Akibatnya, sudut lag arus saluran berkurang dan faktor daya meningkat.



❖ Perbedaan antara Induksi dan Motor AC lainnya:

Perbedaan mendasar antara motor induksi dan motor AC sinkron adalah bahwa pada motor AC sinkron arus disuplai ke rotor. Ini kemudian menciptakan medan magnet yang, melalui interaksi magnet, terhubung ke medan magnet yang berputar di stator yang pada gilirannya menyebabkan rotor berputar. Disebut sinkron karena pada keadaan tunak kecepatan rotor sama dengan kecepatan medan magnet yang berputar pada stator. Motor induksi tidak memiliki suplai ke rotor; sebaliknya, arus sekunder diinduksi ke rotor. Konduktor di rotor menginduksi arus saat medan magnet berputar yang diciptakan oleh belitan stator menyapu melewatinya dengan cara yang sama seperti pada transformator.

Agar hal ini terjadi, kecepatan rotor dan kecepatan medan magnet berputar di stator harus berbeda, atau medan magnet tidak akan bergerak relatif terhadap konduktor rotor dan tidak ada arus yang akan diinduksi. Jika ini terjadi, rotor sedikit melambat sampai arus diinduksi kembali dan kemudian rotor berlanjut seperti sebelumnya. Perbedaan antara kecepatan rotor dan kecepatan medan magnet berputar di stator disebut slip. Ini adalah unit kurang dan merupakan rasio antara kecepatan relatif medan magnet seperti yang terlihat oleh rotor dengan kecepatan medan putar. Karena itu motor induksi kadang-kadang disebut sebagai mesin asinkron.

❖ Keuntungan AC dibandingkan Motor DC:

Sebagian besar sistem pembangkit listrik menghasilkan AC. Untuk alasan ini, sebagian besar motor yang digunakan, beroperasi pada AC. Ada keuntungan lain menggunakan AC. Secara umum, motor AC lebih murah dan perawatannya lebih mudah daripada mesin DC. Motor AC sangat cocok untuk operasi kecepatan konstan. Hal ini karena kecepatannya ditentukan oleh frekuensi sumber daya dan jumlah kutub yang dibangun di motor arus bolak-balik motor dibangun dalam berbagai ukuran, bentuk, dan peringkat untuk



berbagai aplikasi. Tidak mungkin membahas semua bentuk motor AC dalam teks ini. Artikel ini hanya akan membahas motor induksi sangkar tupai.

❖ Percobaan Praktikum

1. Menjalankan dan Membalikkan Mesin Induksi Tiga Fasa:

Membalikkan koneksi ke dua dari tiga terminal motor dapat membalikkan arah putaran motor induksi tiga fasa. Membalikkan arah putaran motor dengan membalik dua fasa pada kotak terminal. Pembalikan harus dilakukan ketika motor dihentikan dan suplai dimatikan.

2. Uji Tanpa Beban pada Motor Induksi Tiga Fasa

Pada pengujian ini motor dibuat berjalan tanpa beban yaitu kondisi tanpa beban kecepatan motor sangat mendekati kecepatan sinkron tetapi kurang dari kecepatan sinkron. Tegangan pengenal diterapkan ke stator. Total arus saluran input dan total daya input diukur. Dua metode wattmeter adalah menghitung daya input total.

Karena motor dalam keadaan Tanpa Beban, faktor daya sangat rendah yaitu kurang dari 0,5 dan salah satu dari dua wattmeter terbaca negatif. Hal ini diperlukan untuk membalikkan koneksi koil arus atau koneksi koil tekanan dari wattmeter tersebut untuk membaca pembacaan positif. Pembacaan ini harus diambil negatif untuk perhitungan lebih lanjut.

Input daya 'w' terdiri dari rugi-rugi berikut; rugi-rugi tembaga stator, rugi-rugi inti stator rugi-rugi besi gesekan dan rugi-rugi windage. Arus rotor tanpa beban sangat kecil dan karenanya rugi tembaga rotor sangat kecil, frekuensi rotor adalah waktu 'S' frekuensi suplai dan tanpa beban sangat kecil. Rugi-rugi inti rotor sebanding dengan frekuensi ini dan karenanya sangat kecil.

Tanpa beban I sangat kecil dan dalam banyak kasus praktis juga diabaikan sehingga 'w' terdiri dari rugi-rugi besi stator dan rugi-rugi gesekan dan angin yang konstan untuk seluruh beban. Oleh karena itu 'w' dikatakan memberikan kerugian tetap dari motor.

3. Uji Blok Rotor Motor Induksi Tiga Fasa

Pada pengujian ini rotor dikunci dan tidak dibiarkan berputar. Jadi slipnya adalah 1. Situasinya persis sama dengan pengujian hubung singkat pada transformator. Jika dalam kondisi hubung singkat primer dieksitasi dengan tegangan pengenal, arus hubung singkat yang besar dapat mengalir yang berbahaya bagi sudut pandang belitan sehingga mirip dengan uji hubung singkat transformator, tegangan yang dikurangi (sekitar 10 hingga 5% dari tegangan beban penuh) cukup sedemikian rupa sehingga stator membawa arus pengenal yang diterapkan. Selama pengujian ini stator membawa arus pengenal, maka rugi tembaga stator juga didominasi demikian pula rotor juga membawa arus hubung singkat sehingga menghasilkan rugi-rugi rotor tegangan berkurang rugi besi yang sebanding dengan tegangan yang cukup kecil motor tersebut diam maka kerugian mekanis yaitu gesekan dan kehilangan angin tidak ada.



1.3. Alat dan Bahan

1. Nvis 7006
2. *Variable Voltage*
3. *Three phase Squirrel Cage Induction Motor Lab (Load)*
4. Tachometer
5. Kabel 3 warna panjang pendek

1.4. Langkah Praktikum

- Percobaan 1 : Menjalankan dan Membalikkan Mesin Induksi Tiga Fasa (**tanpa beban**)
 - Kabel **MERAH**
 1. Menghubungkan R output 3 fasa ke V1'
 2. Menghubungkan V1'' ke A3''
 3. Menghubungkan V1''' ke V1 ac voltmeter
 4. Menghubungkan A3' ke A1 ac ammeter
 5. Menghubungkan A4' ke A2 ac ammeter
 6. Menghubungkan A4'' ke 10 Stator
 7. Menghubungkan 10B stator ke R motor 3 fasa
 - Kabel **KUNING**
 1. Menghubungkan Y output 3 fasa ke 11A stator
 2. Menghubungkan 11C stator ke Y motor 3 fasa
 - Kabel **HITAM** dan **BIRU**
 1. Menghubungkan B output 3 fasa ke 11A stator
 2. Menghubungkan V2' ke V2 AC voltmeter
 3. Menghubungkan V2'' ke 12 Stator
 4. Menghubungkan 12C stator ke B motor 3 fasa (kabel biru)
- Percobaan 2 : Uji Tanpa Beban pada Motor Induksi Tiga Fasa (**tanpa beban**)
 - Kabel **MERAH**
 1. Menghubungkan R output 3 fasa ke V1'
 2. Menghubungkan V1'' ke A3''
 3. Menghubungkan V1''' ke V1 ac voltmeter
 4. Menghubungkan A3' ke A1 ac ammeter
 5. Menghubungkan A4' ke A2 ac ammeter
 6. Menghubungkan A4'' ke 5''
 7. Menghubungkan 5' ke W1 wattmeter
 8. Menghubungkan W2 wattmeter ke 6'
 9. Menghubungkan 6'' ke 10 Stator
 10. Menghubungkan 8A ke W4 wattmeter
 11. Menghubungkan 9A ke W5 wattmeter



12. Menghubungkan 10B stator ke R motor 3 fasa
 - Kabel **KUNING**
 1. Menghubungkan Y output 3 fasa ke 7D
 2. Menghubungkan 11C stator ke Y motor 3 fasa
 - Kabel **HITAM**
 1. Menghubungkan B output 3 fasa ke V2''''
 2. Menghubungkan V2' ke V2 AC voltmeter
 3. Menghubungkan V2'' ke 8B
 4. Menghubungkan W3 wattmeter ke 7C
 5. Menghubungkan 7A ke W6 wattmeter
 6. Menghubungkan 7B ke 11A stator
 - Kabel **BIRU**
 1. Menghubungkan 9B ke 12 stator
 2. Menghubungkan 12C ke B motor 3 fasa
- Percobaan 3 : Uji Blok Rotor Motor Induksi Tiga Fasa (**dengan beban**)
 - Kabel **MERAH**
 1. Menghubungkan R output 3 fasa ke V1'
 2. Menghubungkan V1'' ke A3''
 3. Menghubungkan V1''' ke V1 ac voltmeter
 4. Menghubungkan A3' ke A1 ac ammeter
 5. Menghubungkan A4' ke A2 ac ammeter
 6. Menghubungkan A4'' ke 5''
 7. Menghubungkan 5' ke W1 wattmeter
 8. Menghubungkan W2 wattmeter ke 6'
 9. Menghubungkan 6'' ke 10 Stator
 10. Menghubungkan 8A ke W4 wattmeter
 11. Menghubungkan 9A ke W5 wattmeter
 12. Menghubungkan 10B stator ke R motor 3 fasa
 - Kabel **KUNING**
 1. Menghubungkan Y output 3 fasa ke 7D
 2. Menghubungkan 11C stator ke Y motor 3 fasa
 - Kabel **HITAM**
 1. Menghubungkan B output 3 fasa ke V2''''
 2. Menghubungkan V2' ke V2 AC voltmeter
 3. Menghubungkan n V2'' ke 8B
 4. Menghubungkan W3 wattmeter ke 7C
 5. Menghubungkan 7A ke W6 wattmeter
 6. Menghubungkan 7B ke 11A stator
 - Kabel **BIRU**
 1. Menghubungkan 9B ke 12 stator
 2. Menghubungkan 12C ke B motor 3 fasa



MODUL ML-DC

Mesin Listrik DC



MESIN LISTRIK DC (ML-DC)

2.1. Tujuan Praktikum

Adapun tujuan dilakukan praktikum mesin listrik AC adalah sebagai berikut:

1. Mampu menggunakan mesin listrik DC.
2. Memahami cara kerja dan penerapan mesin listrik DC.

2.2. Dasar Teori

Mesin DC sebenarnya adalah mesin arus bolak-balik, tetapi dilengkapi dengan alat khusus yang disebut komutator, yang dalam kondisi tertentu mengubah AC menjadi DC dan sebaliknya.

Terlepas dari kenyataan bahwa komutator telah membuat kondisi operasi mesin DC rumit, itu adalah perangkat pengubah energi yang sangat serbaguna. Melalui berbagai kombinasi belitan medan shunt, seri, dan eksitasi terpisah, mereka dapat dirancang untuk memberikan berbagai karakteristik tegangan, arus, atau torsi kecepatan untuk operasi dinamis dan kondisi tunak. Karena kemudahannya dalam mengontrolnya, motor DC sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan rentang kecepatan motor yang luas atau kontrol yang tepat dari pabrik penggulung keluaran motor, derek di atas kepala dan traksi; drive untuk industri proses, kendaraan yang digerakkan baterai, peralatan mesin yang memerlukan kontrol kecepatan yang presisi, dalam jangkauan mini pada tape recorder, kamera, dll. Motor DC kecil banyak digunakan dalam aplikasi kontrol. Generator DC kecil digunakan untuk catu daya di kapal, mobil pesawat udara dan kendaraan lain yang diisolasi dari sistem jaringan AC pedalaman.



DC Machine

Baik ggl induksi dan gaya mekanik dikembangkan dalam mesin, apakah itu Generator atau Motor. Dengan demikian Generator DC dan Motor memiliki konstruksi yang identik.

❖ Fitur konstruksi

Mesin listrik dapat diklasifikasikan berdasarkan fitur konstruksi dan ada sub-divisi ke rentang keluaran daya dan rentang kecepatan dapat dilakukan. Mesin listrik menurut keluaran dayanya dapat diklasifikasikan sebagai:

- Mesin listrik ukuran kecil dengan keluaran hingga 0,6 KW.
- Mesin listrik ukuran sedang dengan output daya mulai dari 0,6 KW hingga 250KW.
- Mesin listrik ukuran besar dengan keluaran melebihi 250 KW tetapi tidak melebihi sekitar 5000 KW.



❖ Kecepatan Operasi

- Mesin kecepatan rendah- rentang kecepatan, 250 hingga 400 rpm.
- Mesin kecepatan sedang- rentang kecepatan, 400 hingga 1500 rpm.
- Kecepatan tinggi mesin-kecepatan lebih dari 1500 rpm.

❖ Bagian penting dari Mesin DC

Mesin DC (baik generator atau motor), dalam konstruksi mesin DC terdiri dari empat bagian terutama medan magnet.

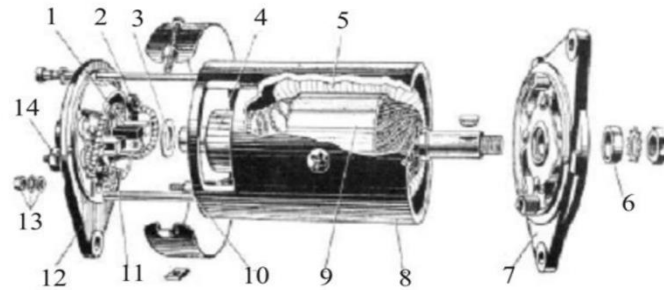
1. Armatur
2. Komutator
3. Sikat dan sikat gigi

❖ Sistem Lapangan

Tujuan dari sistem medan adalah untuk menciptakan medan magnet yang seragam di mana jangkar berputar. Elektromagnet lebih disukai dibandingkan dengan magnet permanen pada jumlah efek magnet yang lebih besar dan peraturan kekuatan medan yang dapat dicapai dengan mengendalikan arus magnetisasi. Medan magnet terdiri dari empat bagian (a) Yoke atau Rangka (b) Inti Kutub (c) Sepatu Kutub dan (d) Kumbaran Magnetisasi. Silinder kuk biasanya digunakan yang bertindak sebagai kerangka mesin dan membawa fluks magnet yang dihasilkan oleh kutub. Karena medannya stasioner, tidak perlu menggunakan kuk berlapis untuk mesin normal. Dalam mesin kecil besi cor dan kuk digunakan. Inti kutub biasanya berbentuk lingkaran dan digunakan untuk membawa gulungan kawat berinsulasi yang membawa arus eksitasi (atau medan). Inti tiang biasanya tidak dilaminasi dan terbuat dari baja tuang.

Sepatu kutub bertindak sebagai penopang kumbaran medan dan menyebarkan fluks ke perifer dinamo secara lebih seragam dan juga menjadi penampang yang lebih besar mengurangi keengganan jalur magnet.

Objek magnetisasi atau kumbaran medan adalah untuk menyediakan, di bawah berbagai kondisi operasi, jumlah putaran ampere eksitasi yang diperlukan untuk memberikan fluks yang tepat melalui jangkar untuk menginduksi perbedaan potensial yang diinginkan. Fluks magnet yang dihasilkan oleh mmf yang dikembangkan oleh kumbaran medan melewati potongan kutub, celah udara, inti jangkar dan kuk atau rangka.



- | | |
|------------------------|------------------------------------|
| 1. Brush | 8. Field frame |
| 2. Brush springs | 9. Armature |
| 3. Thrust washer | 10. Field terminal |
| 4. Commutator | 11. Brush holder |
| 5. Field coil | 12. Commutator end bracket |
| 6. Spacer | 13. Field terminal nuts and washer |
| 7. Driving end bracket | 14. Main output terminal |

- **Armature**

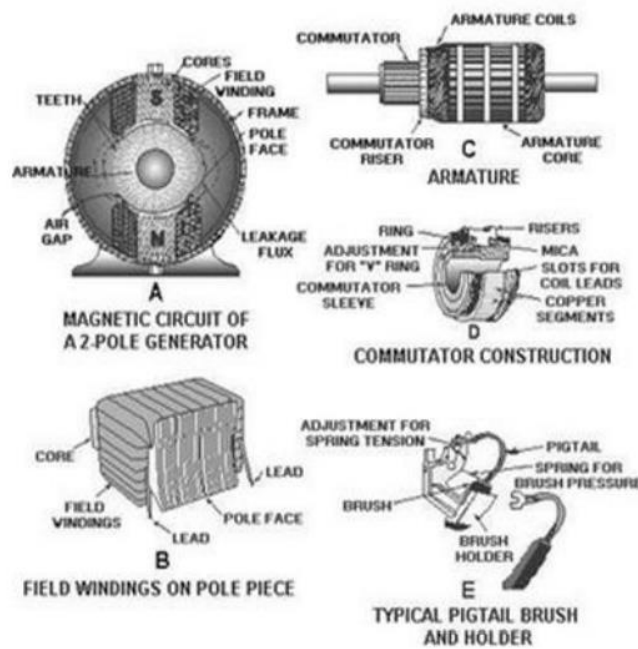
Tujuan dari armature adalah untuk menyediakan konversi energi dalam mesin DC. Dalam generator DC, angker diputar oleh gaya mekanik eksternal, seperti turbin uap. Rotasi ini menginduksi aliran tegangan dan arus di angker. Dengan demikian, armature mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada motor DC, armature menerima tegangan dari sumber listrik luar dan mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk torsi.

- **Komutator**

Komutator adalah suatu bentuk sakelar berputar yang ditempatkan di antara dinamo dan rangkaian luar dan diatur sedemikian rupa sehingga akan membalikkan sambungan ke rangkaian luar pada saat setiap pembalikan arus dalam kumparan jangkar.

Ini melayani tujuan berikut:

1. Ini menyediakan sambungan listrik antara kumparan armature berputar dan sirkuit eksternal stasioner.
2. Saat armature berputar, armature melakukan tindakan switching yang membalikkan hubungan listrik antara sirkuit eksternal dan setiap kumparan armature secara bergantian sehingga tegangan kumparan armature bertambah bersama dan menghasilkan tegangan keluaran DC.
3. Ini juga membuat rotor atau armature mmf tetap diam di ruang angkasa.



- Brushes

Fungsi sikat adalah untuk mengumpulkan arus dari komutator dan mensuplainya ke rangkaian beban eksternal. Kuas berbentuk persegi panjang dan bertumpu pada komutator. Mereka dapat diklasifikasikan secara kasar sebagai karbon, grafit karbon, grafit, grafit logam dan tembaga.

- ❖ Prinsip Mesin DC

Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa ketika sebuah konduktor pembawa arus ditempatkan dalam medan magnet, ia mengalami gaya mekanik yang arahnya diberikan oleh Aturan Tangan Kiri Fleming dan yang besarnya diberikan oleh Gaya,

$$F = B I L \text{ (Newton)}$$

Di mana,

B = medan magnet dalam weber/ m^2 ,

I = arus dalam ampere dan

L = panjang kumparan dalam meter

Gaya, arus, dan medan magnet semuanya dalam arah yang berbeda. Kutub magnet, gaya ke atas akan menggerakkan salah satu kawat ke atas dan gaya ke bawah akan menggerakkan kawat lainnya ke bawah, sehingga kawat tidak terpuntir. Susunan ini juga memastikan bahwa arus selalu mengalir ke bawah di kanan dan mundur di kiri sehingga putaran terus berlanjut. Jadi jika arus listrik mengalir melalui dua kawat tembaga yang berada di antara ini, bagaimana motor listrik sederhana dibuat?

Sebuah mesin DC dapat beroperasi sebagai Motor atau sebagai Generator. Jenis mesin ini biasanya diwujudkan sebagai mesin rotor internal/kutub eksternal. Rumah mesin berbentuk cincin-mantel juga digunakan sebagai kuk magnet untuk medan magnet melalui angker dan kutub. Kumparan eksitasi (field winding) terletak langsung pada kutub-kutub utama stator. Arus yang mengalir pada belitan ini menghasilkan medan utama. Karena mesin



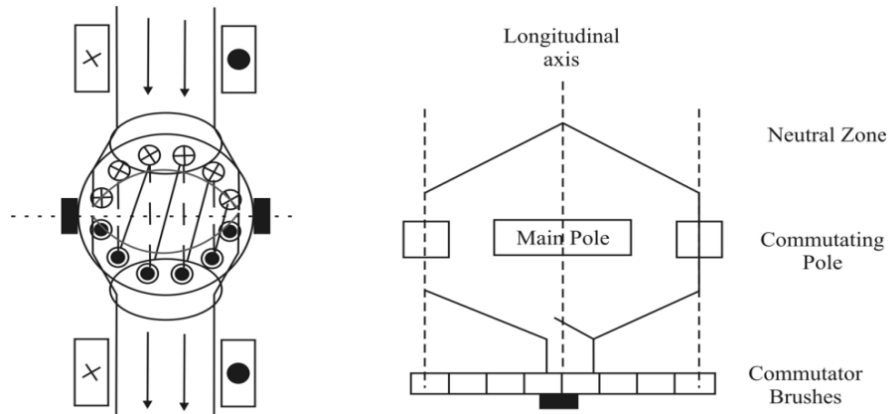
dioperasikan dengan arus DC, medan magnet di stator adalah konstan sehingga semua bagian besi stator dapat dibuat dari bahan masif.

Namun demikian tiang utama dan tiang komutator sering dilaminasi karena pembuatannya lebih mudah. Mesin DC modern, yang digunakan pada penggerak yang dikendalikan loop tertutup, dengan perubahan arus jangkar yang cepat dan medan utama terdiri dari satu sirkuit magnetik yang sepenuhnya dilaminasi. Konstruksi besi yang masif akan sangat mengurutkan dinamika dan efisiensi mesin akibat munculnya arus eddy. Bagian mesin yang berputar menahan pada porosnya armature dengan komutator. Karena fluks bolak-balik mengalir melalui angker, bagian-bagian besi harus dibuat dari lembaran baja magnetik yang saling berinsulasi dan berlubang. Gulungan belitan jangkar ditempatkan di slot; ujungnya terhubung ke segmen komutator. Arus diumpankan ke komutator oleh sikat karbon. Saat rotor berputar, konduktor berputar dengannya. Sikat menyentuh segmen komutator.

❖ Perilaku pengoperasian Mesin DC

Secara berurutan, ini menghasilkan arah angker yang konstan karena komutasi. Fluks magnet dinamo idealnya vertikal ke arah utama yang dipegang. Karena koagulasi ini tidak ada tegangan induksi pada belokan yang terhubung ke sikat. Daerah ini disebut Zona Netral. Ketika beban mesin bertambah, armature yang ditahan tidak lagi tertagih dan menyebabkan pergeseran zona netral karena superposisi medan utama dan medan armature: Medan utama terdistorsi dan (karena efek saturasi) melemah. Gangguan antara medan utama dan medan silang jangkar ini, yang menyebabkan hilangnya torsi, dapat dikurangi dengan menggunakan belitan kompensasi pada stator mesin DC. Konduktor belitan kompensasi ini diatur dalam slot aksial kutub utama. Belitan kompensasi dihubungkan secara seri ke angker, sehingga fluks magnet total di bawah satu kutub dengan konduktor kompensasi dan konduktor angker tidak menciptakan medan magnet yang melintang ke kutub utama.

Pergeseran zona netral juga menyebabkan sikat karena pergantian tidak terjadi di zona netral lagi: belitan membawa tegangan induksi lebih besar dari nol ketika dihubungkan pendek oleh komutator. Hal ini menyebabkan kerusakan lebih cepat dari komutator. Oleh karena itu, mesin besar dilengkapi dengan tiang komutator tambahan. Kumputan mereka terhubung secara seri ke belitan jangkar. Kutub komutasi menghasilkan medan lawan di area konduktor jangkar hubung pendek sedemikian rupa sehingga tegangan yang diinduksi oleh medan ini mengkompensasi tegangan yang dihasilkan dari pergantian arus jangkar, sehingga komutasi bebas dari bunga api tercapai.



❖ EMF Equation

Misalkan ϕ fluks per kutub pada weber Z adalah jumlah total sisi armature, konduktor atau kumparan pada armature. P jumlah kutub, A jumlah lintasan paralel dalam jangkar dan N adalah kecepatan putar jangkar dalam putaran per menit. GGL induksi sebanding dengan laju perubahan fluks magnet terhadap waktu.

$$E = \frac{-d\Phi}{dt}$$

Selama satu putaran jangkar dalam generator kutub P, setiap penghantar jangkar memotong fluks magnet P kali, jadi fluks dipotong oleh satu konduktor dalam satu putaran = $P\phi$ weber.

Jumlah putaran yang dilakukan per detik adalah $N/60$ dan oleh karena itu, fluks yang dipotong oleh setiap konduktor per detik = fluks yang dipotong oleh satu konduktor per putaran x jumlah putaran dinamo/detik

$$= \phi P \cdot \frac{N}{60} \text{ webers}$$

GGL rata-rata yang diinduksi dalam satu konduktor adalah

$$E = \phi P \cdot \frac{N}{60} \text{ volts}$$

Konduktor per jalur paralel = Z/A *

Total ggl yang dihasilkan antara terminal

$E =$ GGL rata-rata yang diinduksi dalam satu konduktor x jumlah konduktor di setiap rangkaian atau jalur paralel

$$= \phi P \cdot \frac{N}{60} \times \frac{Z}{A} \text{ volts}$$

$$= \phi Z \cdot \frac{N}{60} \times \frac{P}{A} \text{ volts}$$

Ggl yang dihasilkan $E = K\phi \frac{N}{60}$

Dimana, $K = P \frac{Z}{A}$

Atau $E \propto \phi n$ di mana n adalah jumlah putaran yang dilakukan per detik dan $n = N/60$

Atau $E \propto \phi \omega$ di mana $\omega = 2\pi \frac{N}{60}$, atau $2\pi n$ kecepatan sudut dalam radian per detik

GGL induksi adalah fenomena mendasar untuk semua mesin DC baik yang

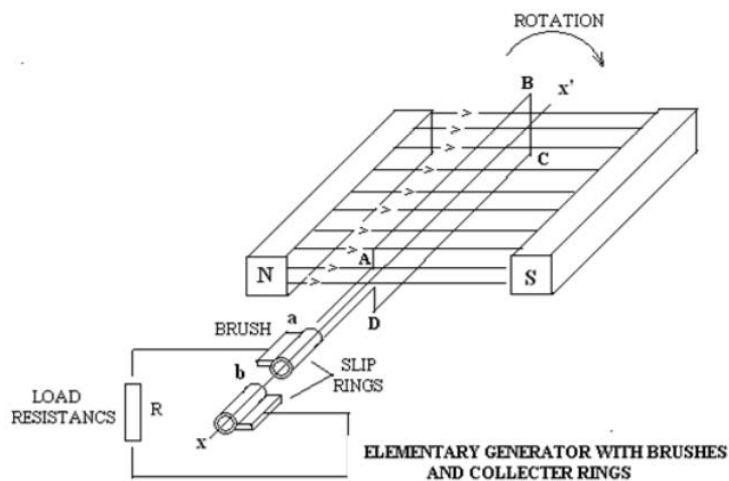


beroperasi sebagai generator. GGL induksi ini disebut EMF yang Dihasilkan sedangkan dalam kasus mesin yang beroperasi sebagai motor, disebut Counter atau Back EMF.

❖ Generator

Istilah "generator" menunjukkan bahwa ia menghasilkan energi listrik tetapi sebenarnya tidak. Ini hanya mengubah energi mekanik yang disuplai ke dalamnya menjadi energi listrik. Generator beroperasi berdasarkan prinsip produksi ggl yang diinduksi secara dinamis. Setiap kali fluks dipotong oleh konduktor, ggl yang diinduksi secara dinamis dihasilkan di dalamnya sesuai dengan hukum induksi elektro-magnetik yang akan menyebabkan aliran arus dalam konduktor, jika rangkaian ditutup. Untuk menghasilkan ggl yang diinduksi secara dinamis, tiga hal diperlukan – medan magnet, konduktor, dan gerakan konduktor terhadap medan. Pada generator DC medan dihasilkan oleh medan magnet yang diam. Magnet permanen digunakan untuk mesin berkapasitas sangat kecil. Mereka adalah elektromagnet yang, digunakan untuk mesin besar untuk membuat fluks magnet. Konduktor terletak di pinggiran angker yang diputar oleh penggerak utama.

Besarnya tegangan yang dibangkitkan bergantung pada (1) kuat medan magnet, (2) sudut pemotongan medan magnet penghantar, (3) kecepatan gerak penghantar, dan (4) panjang arus. konduktor dalam medan magnet



Dalam generator loop sederhana, loop konduktor tembaga persegi panjang satu putaran ABCD berputar searah jarum jam tentang sumbu sendiri XX' dalam medan magnet seragam ditunjukkan pada Gambar sebagai kumparan diputar dalam medan magnet dengan beberapa cara mekanis fluks yang menghubungkan dengan loop berubah terus-menerus, oleh karena itu ggl diinduksi di dalamnya. Besarnya ggl yang diinduksi setiap saat sebanding dengan laju perubahan fluks penghubung pada saat itu dan arahnya diberikan oleh aturan tangan kanan Fleming. Pada generator DC arus yang diinduksi dalam kumparan dikumpulkan dan disalurkan ke rangkaian beban eksternal dengan menghubungkan terminal kumparan ke dua cincin kontinu dan terisolasi, yang dikenal sebagai cincin slip atau cincin kolektor, dipasang pada poros generator dan membuat dua sikat stasioner menekan terhadap cincin slip, satu bantalan sikat pada setiap cincin, seperti yang ditunjukkan pada gambar ketika kumparan diputar, ggl bolak-balik yang dihasilkan menyebabkan arus mengalir pertama dalam satu arah dan kemudian ke arah lain melalui kumparan dan rangkaian eksternal. Arus seperti ini disebut Arus Bolak-balik.



Modul Praktikum Mesin Listrik

Untuk memperoleh arus searah atau searah dalam rangkaian eksternal, susunan pengumpul diubah seperti yang ditunjukkan dalam susunan ini, cincin slip diganti dengan cincin belah yang terbuat dari bahan penghantar dan diludahkan ke dalam. Untuk dua bagian yang dipisahkan satu sama lain dengan isolasi dan sikat ditempatkan secara diametris berlawanan bukannya berdampingan. Akan diamati bahwa pada putaran pertama arus mengalir sepanjang ABMLCDA sikat M yang bersentuhan dengan segmen 'a' bertindak sebagai kutub +ve dari suplai dan sikat L yang bersentuhan dengan segmen 'b' bertindak sebagai kutub -ve.

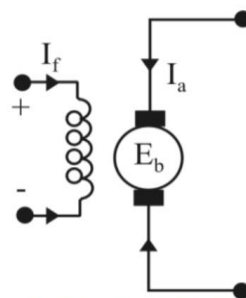
Pada setengah putaran berikutnya arah arus induksi dalam kumparan dibalik tetapi pada saat yang sama posisi segmen 'a' dan 'b' juga terbalik sehingga sikat M dan L kembali bersentuhan dengan segmen +ve 'b' dan -ve segmen 'a' masing-masing. Dengan demikian arah arus pada rangkaian beban luar tetap sama.

Posisi sikat harus diatur sedemikian rupa sehingga perubahan segmen dari satu segmen ke segmen lainnya terjadi ketika bidang kumparan yang berputar tegak lurus terhadap bidang medan, karena pada posisi ini ggl induksi atau arus induksi dalam kumparan akan menjadi nol.

❖ Jenis Mesin DC

MMF yang diperlukan untuk membentuk fluks dalam rangkaian magnet mesin DC dapat diperoleh dengan cara (1) Magnet permanen, (2) Kumparan medan yang dieksitasi oleh beberapa sumber eksternal dan (3) Kumparan medan yang dieksitasi oleh mesin DC itu sendiri. Berbagai jenis mesin DC ditunjukkan pada Gambar.

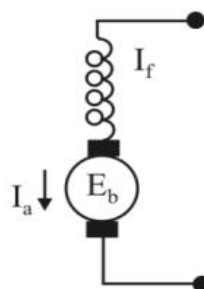
- Separately excited DC Machine



Separately Excited DC Machine

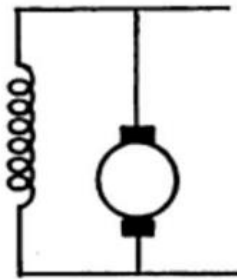
- Self excited DC machine

a) Series Wound DC Machine



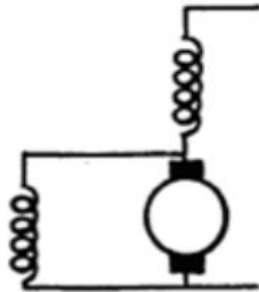
Series Wound DC Machine

b) Shunt wound Generator



Shunt Wound DC Machine

c) Compound wound Generator:



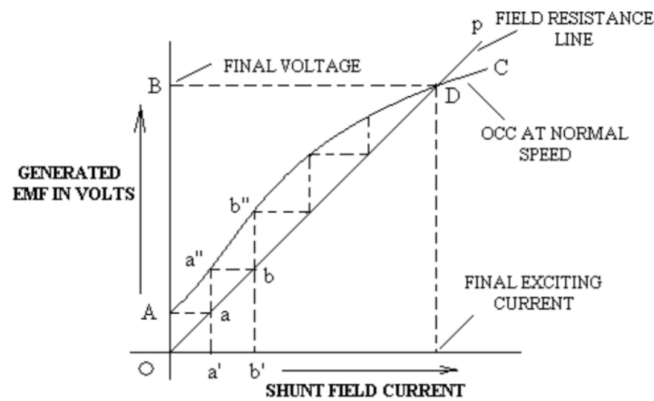
Compound Wound DC Machine

❖ Karakteristik Generator DC Shunt

- Membangun tegangan Generator shunt pada Tanpa Beban

Kurva yang diplot antara ggl yang dihasilkan dan arus medan shunt akan serupa dengan yang ditunjukkan pada gambar. Generator mengeksitasi dirinya sendiri karena sisa magnet dan mengembangkan tegangan seperti yang dijelaskan di bawah ini:

Garis OP mewakili resistansi medan shunt. Ketika generator dimulai, ggl kecil diinduksi karena magnet sisa. GGL induksi menyebabkan aliran arus oa' pada rangkaian medan ini diperoleh dengan menarik garis horizontal dari titik 'a' kemudian dari titik 'a' menggambar garis tegak lurus yang bertemu sumbu arus di 'a' saat arus medan oa' . GGL yang dihasilkan adalah $a'a''$ yang menghasilkan arus medan ob' yang pada gilirannya menghasilkan tegangan tinggi $b'b''$. Dengan demikian diamati bahwa efek kumulatif dan nilai ggl induksi dan arus medan meningkat hingga mencapai titik D titik perpotongan garis resistansi medan shunt dan karakteristik magnetik yang diperoleh pada Gambar, peningkatan sesaat ggl induksi dan arus medan diperlihatkan tetapi dalam praktiknya, fluks meningkat secara bertahap. OB adalah nilai maksimum ggl yang dapat dibangkitkan lebih dari tegangan ini.



Building –up of Voltage of a Shunt Generator number Load

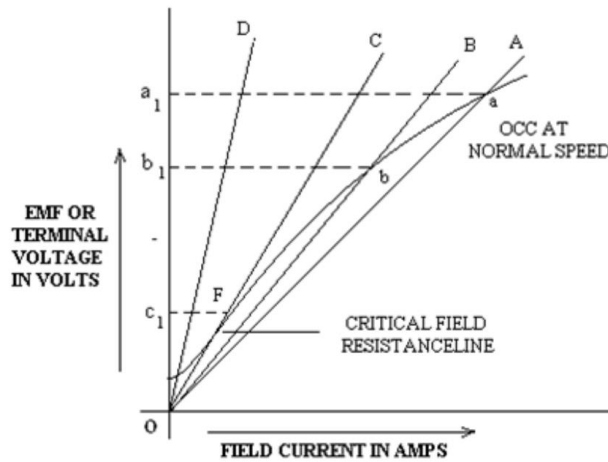
- Resistansi Medan Kritis

Telah dinyatakan bahwa tegangan maksimum yang dapat dibangkitkan generator diberikan oleh titik perpotongan garis resistansi medan dengan OCC. Jika garis OA mewakili resistansi medan maka ggl maksimum yang dihasilkan adalah O_{a_1} . Jika resistansi medan dinaikkan ke nilai yang diwakili oleh garis OB maka tegangan yang dihasilkan akan menjadi O_{b_1} dan jika semakin ditingkatkan sehingga garis yang mewakili resistansi medan menjadi bersinggungan dengan kurva sebagai garis OC maka ggl yang dihasilkan adalah O_{c_1} dan nilainya resistensi yang diberikan oleh garis ini disebut resistensi kritis. Jika resistansi medan ditingkatkan lebih jauh di luar resistansi kritis yang diwakili oleh garis OD, generator tidak akan tereksitasi karena garis OD tidak memiliki titik perpotongan dengan karakteristik magnetik.

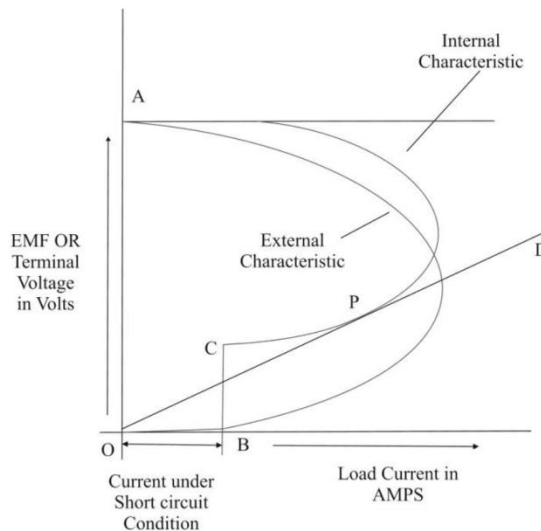
- ❖ Karakteristik Beban

Telah diamati bahwa tegangan terminal pada generator shunt tanpa beban tergantung pada resistansi medan shunt dan biarkan seperti yang diwakili oleh OA pada Gambar, karena generator dibebani dengan mengurangi resistansi rangkaian beban eksternal, tegangan terminal turun. Hal ini disebabkan oleh tiga penyebab berikut.

1. Penurunan tegangan pada belitan jangkar dan resistansi kontak sikat meningkat dengan meningkatnya arus jangkar.
2. Ketika beban dinaikkan, arus dalam konduktor jangkar meningkat sehingga efek reaksi jangkar meningkat dan oleh karena itu medan melemah karena melemahnya medan, ggl induksi berkurang dan oleh karena itu tegangan terminal turun.
3. Penurunan tegangan terminal sebagai akibat dari dua faktor pertama menyebabkan dekrit dalam arus medan. Ini pada gilirannya akan menyebabkan ggl dan oleh karena itu tegangan terminal generator juga turun.



Jadi efeknya bersifat kumulatif dan tegangan terminal berkurang jauh lebih besar. Pada awalnya efek penurunan resistansi mendominasi efek penurunan tegangan terminal tetapi ketika arus beban mencapai nilai tertentu, efek demagnetisasi dari reaksi jangkar dan penurunan tegangan pada jangkar menjadi sangat penting sehingga penurunan lebih lanjut dalam hambatan beban menyebabkan penurunan arus daripada peningkatan sehingga karakteristiknya berubah kembali.



- Karakteristik Beban Generator Shunt Wound

Ketika terminal dihubungkan pendek tidak ada tegangan terminal dan dengan demikian belitan shunt menjadi tidak aktif tetapi arus kecil terbentuk karena tegangan kecil yang diinduksi oleh magnet sisa. Karakteristik eksternal ini memenuhi sumbu arus di titik B. Jika penurunan jangkar ditambahkan ke tegangan terminal untuk semua titik dan diplot terhadap arus jangkar, kurva baru yang diperoleh akan memberikan hubungan antara ggl induksi dan arus jangkar.

Pada saat hubung singkat seperti yang telah disebutkan tegangan terminal adalah nol, ggl yang dihasilkan berdasarkan sisa magnet adalah BC dan arus hubung singkat adalah OB. Sebenarnya ggl BC yang dibangkitkan sangat kecil karena magnet sisa akan hampir sepenuhnya dinetralkan oleh reaksi jangkar. Bahkan terkadang bisa dibalik.

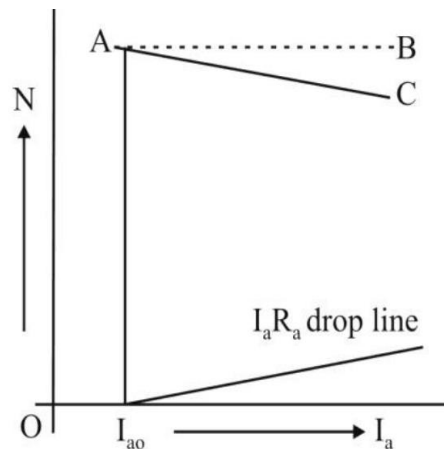
- Karakteristik DC Shunt Motor

Kinerja motor DC dapat dengan mudah dinilai dari kurva karakteristiknya yang



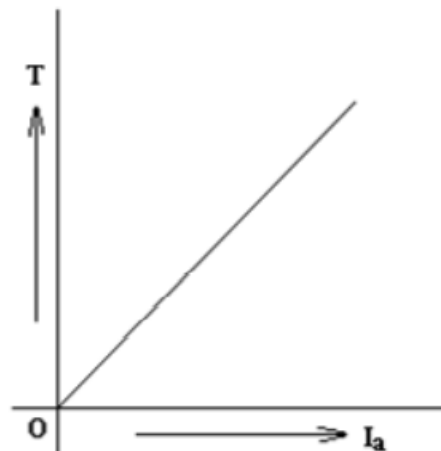
dikenal sebagai karakteristik motor. Berikut karakteristik yang didapat dari ini:

- **Speed and armature current characteristic:**



Ini adalah kurva yang ditarik antara kecepatan dan arus jangkar. Dikenal sebagai Arus kecepatan Dikenal sebagai karakteristik kecepatan Jika penurunan jangkar dapat diabaikan, kecepatan motor akan tetap konstan untuk semua nilai beban seperti yang ditunjukkan oleh garis putus-putus AB tetapi karena arus jangkar meningkat karena peningkatan beban, penurunan jangkar meningkat dan kecepatan motor berkurang seperti yang ditunjukkan oleh garis AC. apalagi kurva karakteristik tidak dimulai dari nol karena arus jangkar kecil yang disebut arus tanpa beban diperlukan untuk mempertahankan putaran motor tanpa beban. Karena tidak ada perubahan yang berarti dalam kecepatan motor dc dari tanpa beban ke beban penuh karena dianggap sebagai motor kecepatan konstan, motor ini paling cocok di mana hampir kecepatan konstan diperlukan.

- **Torque and armature current characteristic:**



Ini adalah kurva yang ditarik antara pengembangan torsi dan arus jangkar yang dikenal sebagai karakteristik listrik.

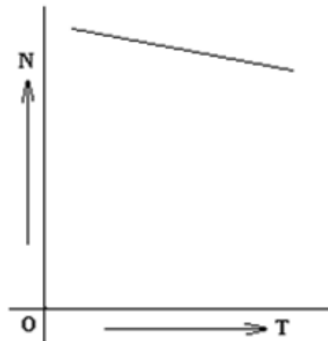
Kita tahu bahwa $T = I\Phi$

Karena fluks konstan $T = I$

Oleh karena itu karakteristik listrik adalah garis lurus yang lewat dari titik asal seperti yang ditunjukkan pada gambar. Jelas dari kurva karakteristik bahwa diperlukan arus yang besar pada saat start jika mesin dalam beban berat sehingga motor shunt tidak boleh start pada beban.



– Speed and Torque characteristic:

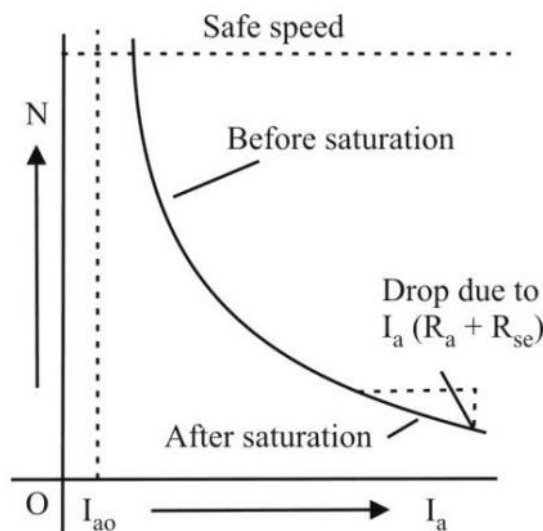


Ini adalah kurva yang ditarik antara pengembangan torsi dan kecepatan, yang dikenal sebagai karakteristik mekanis. Hal ini diturunkan dari dua karakteristik pertama ketika torsi beban meningkat, arus jangkar meningkat tetapi kecepatannya sedikit berkurang, sehingga dengan peningkatan beban atau torsi, kecepatannya sedikit berkurang seperti yang ditunjukkan pada gambar 14.

❖ Characteristic of Series Motors

Pada motor ini belitan medan seri membawa arus jangkar oleh karena itu, fluks yang dihasilkan oleh belitan medan seri sebanding dengan arus jangkar sebelum saturasi magnet, tetapi setelah saturasi magnet, fluks konstan.

• Speed and Armature Current Characteristic



Ini adalah kurva yang ditarik antara kecepatan dan arus jangkar. Ini dikenal sebagai karakteristik kecepatan. Kita tahu bahwa,

$$N \propto \frac{E_b}{\Phi}$$

Dimana,

$$E_b = V - I(R_A + R_{SE})$$

Ketika arus jangkar meningkat, penurunan ggl induksi karena penurunan $I_A(R_A + R_{SE})$ sedangkan fluks meningkat sebagai $\Phi \propto I_A$ sebelum saturasi magnetik Namun dalam kondisi normal penurunan $I_A(R_A + R_{SE})$ cukup kecil dan dapat diabaikan.

Mengingat E_B konstan, $N \propto \frac{1}{\Phi} \propto \frac{1}{I_A}$



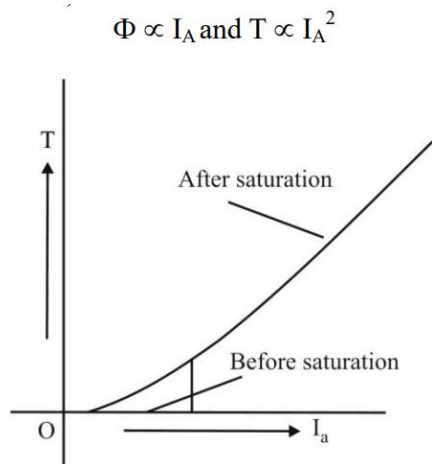
Sebelum kurva saturasi magnetik mengikuti jalur hiperbolik. Di wilayah ini kecepatan menurun secara tiba-tiba dengan meningkatnya beban atau arus jangkar. Setelah fluks saturasi magnet menjadi konstan, maka:

$$N \propto E_B \propto V - I_A (R_A + R_{SE})$$

Dengan demikian kurva mengikuti garis lurus seperti yang ditunjukkan pada gambar dari karakteristik ini disimpulkan bahwa motor seri adalah motor kecepatan variabel yang kecepatannya berubah ketika beban bervariasi. Saat beban pada motor ini berkurang, kecepatannya meningkat. Jika motor ini dihubungkan ke suplai dengan beban, arus jangkar akan sangat kecil dan karenanya kecepatannya akan meningkat secara berbahaya yang dapat merusak motor karena gaya sentrifugal yang berat sehingga motor seri tidak pernah dihidupkan tanpa beban.

● **Torque and Armature Current Characteristic :**

Ini adalah kurva yang ditarik antara torsi yang dikembangkan dan arus jangkar yang dikenal sebagai karakteristik listrik. Kita tahu bahwa $T \propto \Phi I_A$. Pada motor seri sebelum saturasi magnetik,



Oleh karena itu sebelum kejenuhan magnet, torsi elektromagnetik yang dihasilkan dalam jangkar sebanding dengan kuadrat arus jangkar oleh karena itu bagian kurva OA ini adalah parabola yang melewati titik asal seperti yang ditunjukkan pada gambar.

Namun setelah saturasi magnetik, fluks Φ menjadi konstan

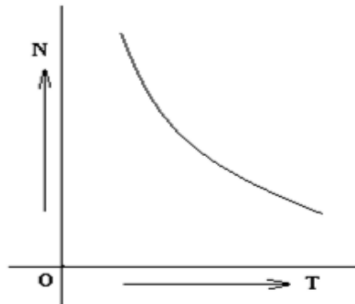
$$T \propto \Phi$$

Oleh karena itu kurva menjadi garis lurus,

Disimpulkan bahwa, sebelum kejenuhan magnetik ketika beban diterapkan pada motor ini saat start, dibutuhkan arus yang besar dan beban berat yang dihasilkan sebanding dengan kuadrat arus sehingga motor ini mampu mengambil beban berat di awal dan paling cocok untuk traksi listrik.

❖ **Karakteristik Kecepatan dan Torsi**

Ini adalah kurva yang ditarik antara pengembangan torsi dan kecepatan, yang dikenal sebagai karakteristik mekanis. Ini berasal dari dua karakteristik pertama.



Pada nilai beban rendah, I kecil, torsi kecil tetapi kecepatannya sangat tinggi dengan bertambahnya beban I meningkat, torsi meningkat tetapi kecepatan menurun dengan cepat. Jadi untuk peningkatan kecepatan torsi menurun dengan cepat seperti yang ditunjukkan pada karakteristik.

2.3. Alat dan Bahan

1. Nvis 7007
2. Nvis 725A
3. Generator DC
4. Voltage Regulator
5. Tachometer
6. Kabel 2 warna panjang pendek

2.4. Langkah Praktikum

- Percobaan 3 : Kontrol Kecepatan Motor DC Shunt Tereksitasi dengan Kontrol Tegangan Armature
 1. Menyiapkan alat, kabel, dan tachometer.
 2. Menghubungkan DC power supply dan DC Macine Lab 1 ke stopkontak.
 3. Menghubungkan Fixed Dc supply input + (1) ke Fixed DC supply + (3).
 4. Menghubungkan Fixed Dc supply input - (1) ke Fixed DC supply - (3).
 5. Menghubungkan variabel Dc supply input + (1) ke variabel DC supply + (3).
 6. Menghubungkan variabel Dc supply input - (1) ke variabel DC supply - (3).
 7. Menghubungkan Fixed Dc supply input + (2) ke DC Stunt motor F (1).
 8. Menghubungkan Fixed Dc supply input - (2) ke DC ammeter A (4).
 9. Menghubungkan variabel Dc supply input + (2) ke DC Stunt motor A (1).
 10. Menghubungkan variabel Dc supply input - (2) ke DC ammeter A (8).
 11. Menghubungkan DC ammeter A (3) ke DC stunt motor FF (2).



12. Menghubungkan DC ammeter A (7) ke DC stunt motor AA (2).
 13. Menghubungkan DC voltmeter V (3) ke DC stunt motor A (2).
 14. Menghubungkan DC voltmeter V (4) ke DC stunt motor AA (4).
 15. Menghubungkan DC stunt motor A (3) ke motor A (1).
 16. Menghubungkan DC stunt motor AA (1) ke motor AA (1).
 17. Menghubungkan DC stunt motor F (3) ke motor F (1).
 18. Menghubungkan DC stunt motor FF (4) ke motor FF (1).
 19. Menghidupkan DC power supply.
 20. Memutar voltage regulator untuk mengatur besar tegangan dan arus yang masuk.
 21. Mencatat hasil yang didapatkan.
- Percobaan 4 : Kontrol Kecepatan Motor DC Shunt Tereksitasi dengan Kontrol Arus Medan
 1. Menyiapkan alat, kabel, dan tachometer.
 2. Menghubungkan DC power supply dan DC Machine Lab 1 ke stopkontak.
 3. Menghubungkan Fixed DC supply input + (1) ke Fixed DC supply + (3).
 4. Menghubungkan Fixed DC supply input - (1) ke Fixed DC supply - (3).
 5. Menghubungkan variabel DC supply input + (1) ke variabel DC supply + (3).
 6. Menghubungkan variabel DC supply input - (1) ke variabel DC supply - (3).
 7. Menghubungkan fixed DC supply input + (2) Rheostat R1a
 8. Menghubungkan fixed DC supply input - (2) ke DC shunt motor FF(1)
 9. Menghubungkan variable DC supply input + (2) ke DC shunt motor A(1)
 10. Menghubungkan variable DC supply input - (2) ke amp meter A(8)
 11. Menghubungkan DC amp meter A(3) ke Rheostat R3a
 12. Menghubungkan DC amp meter A(4) ke DC shunt motor F(2)
 13. Menghubungkan DC voltmeter V(3) ke DC shunt motor A(2)
 14. Menghubungkan DC voltmeter V(4) ke DC shunt motor AA(2)
 15. Menghubungkan DC amp meter A(7) ke DC shunt motor AA(1)
 16. Menghubungkan Rheostat R1c ke load + L(1)
 17. Menghubungkan Rheostat R3b ke load - L(1)
 18. Menghubungkan DC shunt motor A(3) ke motor A(1)
 19. Menghubungkan DC shunt motor AA(3) ke motor AA(1)



20. Menghubungkan DC shunt motor FF(1) ke motor F(1)
 21. Menghubungkan DC shunt motor FF(2) ke motor FF(1)
 22. Menghubungkan load + L (2) ke alat Rheostat + (merah)
 23. Menghubungkan load – L (2) ke alat Rheostat – (hitam)
 24. Menghidupkan DC power supply.
 25. Memutar voltage regulator untuk mengatur besar tegangan dan arus yang masuk.
 26. Mencatat hasil yang didapatkan.
- Percobaan 5 : Karakteristik Beban Motor DC Shunt dan Menggambar Grafik N-Ia
 1. Menyiapkan alat, kabel, dan tachometer.
 2. Menghubungkan DC power supply dan DC Machine Lab 1 ke stopkontak.
 3. Menghubungkan Fixed Dc supply input + (1) ke Fixed DC supply + (3).
 4. Menghubungkan Fixed Dc supply input - (1) ke Fixed DC supply - (3).
 5. Menghubungkan variabel Dc supply input + (1) ke variabel DC supply + (3).
 6. Menghubungkan variabel Dc supply input - (1) ke variabel DC supply - (3).
 7. Menghubungkan Fixed Dc supply input + (2) ke DC Stunt motor F (1).
 8. Menghubungkan Fixed Dc supply input - (2) ke DC ammeter A (2).
 9. Menghubungkan variabel Dc supply input + (2) ke DC Stunt motor A (1).
 10. Menghubungkan variabel Dc supply input - (2) ke DC ammeter A (6).
 11. Menghubungkan DC ammeter A (1) ke DC stunt motor FF (1).
 12. Menghubungkan DC voltmeter V (1) ke DC stunt motor A (2).
 13. Menghubungkan DC voltmeter V (2) ke DC stunt motor AA (2).
 14. Menghubungkan DC ammeter A (5) ke DC stunt motor AA (1).
 15. Menghubungkan DC voltmeter V (3) ke DC stunt generator A (1).
 16. Menghubungkan DC voltmeter V (4) ke DC stunt generator AA (2).
 17. Menghubungkan DC ammeter A (7) ke DC load – L (1).
 18. Menghubungkan DC ammeter A (8) ke DC stunt generator AA (1).
 19. Menghubungkan DC stunt genertor A (2) ke DC load + L (1).
 20. Menghubungkan DC stunt motor A (4) ke motor A (1).
 21. Menghubungkan DC stunt motor AA (4) ke motor AA (1).
 22. Menghubungkan DC stunt motor F (3) ke motor F (1).



23. Menghubungkan DC stunt motor FF (3) ke motor FF (1).
 24. Menghubungkan DC stunt generator A (3) ke generator A (1).
 25. Menghubungkan DC stunt generator AA (3) ke generator AA (1).
 26. Menghubungkan DC stunt generator F (3) ke generator F (1).
 27. Menghubungkan DC stunt generator FF (3) ke generator FF (1).
 28. Menghubungkan AC DC load ke DC machine lab.
 29. Menghubungkan AC DC load ke stopkontak.
 30. Menghidupkan DC power supply.
 31. Memutar voltage regulator untuk mengatur besar tegangan dan arus yang masuk.
 32. Mencatat hasil yang didapatkan.
- Percobaan 6 : Motor DC Stunt Self Excited
 1. Menyiapkan alat, kabel, dan tachometer.
 2. Menghubungkan DC power supply dan DC Macine Lab 1 ke stopkontak.
 3. Menghubungkan variabel Dc supply input + (1) ke variabel DC supply + (3).
 4. Menghubungkan variabel Dc supply input - (1) ke variabel DC supply - (3).
 5. Menghubungkan variabel Dc supply input + (2) ke DC stunt motor A (1).
 6. Menghubungkan variabel Dc supply input - (2) ke DC ammeter A (8).
 7. Menghubungkan DC ammeter A (3) ke DC stunt motor A (4).
 8. Menghubungkan DC ammeter A (4) ke DC stunt motor F (2).
 9. Menghubungkan DC voltmeter V (3) ke DC stunt motor A (2).
 10. Menghubungkan DC voltmeter V (4) ke DC stunt motor AA (2).
 11. Menghubungkan DC ammeter A (7) ke DC stunt motor AA (1).
 12. Mengubungkan DC stunt motor A (3) ke motor A (1).
 13. Mengubungkan DC stunt motor AA (4) ke motor AA (1).
 14. Mengubungkan DC stunt motor F (3) ke motor F (1).
 15. Mengubungkan Dc stunt motor FF (3) ke motor A (1).
 16. Mengubungkan Dc stunt motor FF (4) ke motor FF (1).
 17. Menghidupkan DC power supply.
 18. Memutar voltage regulator untuk mengatur besar tegangan dan arus yang masuk.
 19. Mencatat hasil yang didapatkan.



BAB III PENUTUP

3.1. Kesimpulan

Modul praktikum mesin listrik sudah siap digunakan untuk pembelajaran mesin listrik AC dan mesin listrik DC. Dengan dapat menganalisis *case by case* dan dapat melakukan perhitungan berdasarkan hasil pengukuran saat praktikum. Sehingga praktikan mampu menggunakan mesin listrik serta dapat memahami cara kerja dan penerapannya.

3.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk praktikum selanjutnya agar lebih baik lagi adalah sebagai berikut:

1. Praktikan diharapkan dapat menjaga peralatan dan kebersihan di laboratorium.
2. Menambahkan tachometer laser, cadangan fuse, rol kabel dan kabel banana jumper.
3. Mengisi ulang APAR (Alat Pemadam Api Ringan) yang ada di laboratorium energi listrik.



REFERENSI

Nvis 7007. *DC Machine Lab I*. Nvis Technologies Private Limited, India.

Nvis 7006. *Three Phase Squirrel Cage Induction Motor Lab*. Nvis Technologies Private Limited, India.



LAMPIRAN

A. Tabel Data Praktikum Mesin Listrik AC

• Data Percobaan 2

No	Voltmeter Reading $V_0(\text{Volt})$	Ammeter Reading $I_0(\text{amp})$	Wattmeter Reading $W_A(\text{watt})$	Wattmeter Reading $W_B(\text{watt})$	No load input power W_0 $= W_1 + W_2 (\text{watt})$	Power Factor $\cos \Phi_0$ $= (W_A + W_B) / \sqrt{3} V_0 I_0$
1						
2						
3						
4						
5						
dst.						

• Data Percobaan 3

No	Voltmeter Reading $V_{sc}(\text{Volt})$	Ammeter Reading $I_{sc}(\text{amp})$	Wattmeter Reading $W_A(\text{watt})$	Wattmeter Reading $W_B(\text{watt})$	Short circuit input power W_{sc} $= W_A + W_B (\text{watt})$	Power Factor $\cos \phi$ $= (W_A + W_B) / \sqrt{3} V_{sc} I_{sc}$
1						
2						
3						
4						
5						
dst.						

B. Tabel Data Praktikum Mesin Listrik DC

• Data Percobaan 1

No	V_{in} (Volt)	Field Current I_f (Amp.)	Terminal Voltage (Armature of generator) V_t (Volts)
1	50		
2	60		
3	70		
4	80		
5	90		
6	100		



• Data Percobaan 2

No	V_{in} (Volt)	Load Current I_L Amp.	Load Ω	Terminal Voltage (Armature of generator) V_t (Volts)
1	50		40	
2	60			
3	70			
4	80			
5	90			
6	100			

• Data Percobaan 3

No	V_{in} (Volt)	Field Current in (Constant in Amp.)	Armature voltage in (Volts)	Speed (RPM)
1	50			
2	60			
3	70			
4	80			
5	90			
6	100			

• Data Percobaan 4

No	Field Current in Amp.	Armature voltage (Constant in Volts)	Load (Ω)	Speed (RPM)
1		100	0	
2			50	
3			100	
4			150	
5			200	
6			250	
7			300	

• Data Percobaan 5

No	V_{in} (Volt)	Load (Watt)	Armature Current (in Amp.)	Speed (RPM)
1	100	0		
2		40		
3		80		
4		120		
5		160		

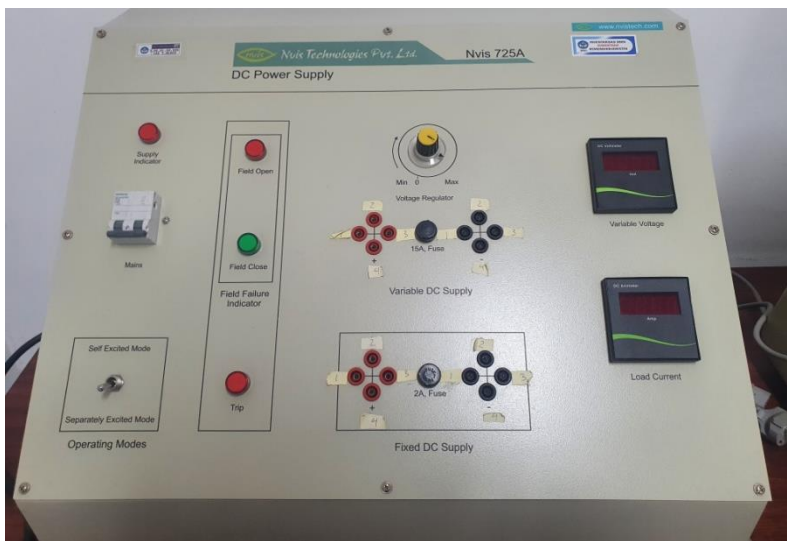


• Data Percobaan 6

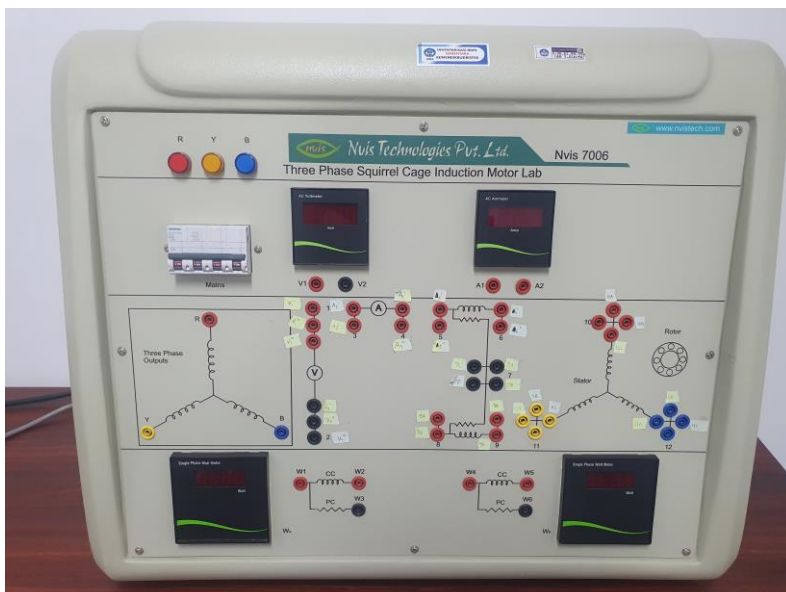
No	V_{in} (Volt)	Field Current in (Constant in Amp.)	Speed (RPM)
1	50		
2	70		
3	80		
4	100		
5	120		

C. Alat Praktikum Mesin Listrik DC





D. Alat Praktikum Mesin Listrik AC





Modul Praktikum Mesin Listrik

