

HVE009 – Fault Finding, Repair and Maintenance to Electric Motors up to 200kW

Tujuan

Setelah mempelajari modul ini diharapkan peserta mendapat pengetahuan dan keterampilan serta kompeten dalam menganalisa gangguan dan pengujian motor listrik.

Prasyarat

Untuk dapat mengikuti modul ini peserta harus sudah memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam :

- Rangkaian listrik
- Pengukuran listrik
- Kerja bangku listrik I

Hasil Belajar

Setelah tuntas mempelajari modul ini, peserta akan mempunyai kompetensi tentang :

1. Menganalisa gangguan kelistrikan pada stator motor
2. Menganalisa gangguan kelistrikan pada rotor motor 3 fasa
3. Menganalisa gangguan mekanik motor
4. Menguji sistem mekanik motor
5. Menguji sistem kelistrikan motor
6. Menentukan operasi motor sesuai standar

Penilaian

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan peserta mendalami modul ini dilaksanakan evaluasi secara kontinu selama proses pembelajaran berlangsung. Aspek yang dinilai adalah aspek pengetahuan melalui tes tertulis dan wawancara, dan aspek keterampilan dievaluasi melalui pengamatan langsung terhadap proses, hasil dan sikap kerja.

Kerangka Isi

1. Prinsip Kerja Motor-motor Listrik
 - Jenis dan klasifikasi motor-motor listrik
 - Prinsip kerja motor-motor listrik
 - Torsi dan Daya output
 - Karakteristik motor-motor listrik
 - Starting motor-motor listrik
 - Pemakaian motor listrik
2. Fungsi Bagian-Bagian Motor
 - Fungsi bagian mekanik
 - Fungsi bagian kelistrikan
3. Analisa Gangguan Kelistrikan
 - Analisa gangguan kelistrikan stator
 - Analisa gangguan kelistrikan rotor
 - Analisa gangguan perangkat starting dan sumber tegangan
4. Analisa Gangguan Mekanik Motor
 - Analisa gangguan bantalan
 - Analisa gangguan pendingin
 - Analisa gangguan kopling
 - Analisa gangguan dudukan
5. Pengujian motor listrik
 - Pengujian kelistrikan motor
 - Pengujian mekanik motor
6. Perbaikan motor listrik
 - Kumparan stator motor induksi
 - Polaritas kumparan
 - Kumparan jangkar motor DC

Topik 1

Prinsip Kerja Motor Listrik

Informasi

Pada topik ini anda akan belajar tentang prinsip berputarnya sebuah motor serta karakteristiknya yang meliputi motor-motor arus searah dan motor arus bolak-balik, termasuk juga mempelajari timbulnya torsi, starting motor dan pemakaian motor-motor listrik.

Tujuan

Setelah mempelajari topik ini diharapkan anda mampu :

1. Menjelaskan jenis-jenis motor.
2. Menjelaskan prinsip kerja motor arus searah dan motor induksi.
- 3: Menghitung torsi dan daya output motor.
4. Menjelaskan karakteristik dan pemakaian motor.
5. Menjelaskan starting motor.

Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari unit ini anda sudah harus memiliki kemampuan tentang :

1. Rangkaian listrik
2. Kerja bangku listrik
3. Karakteristik motor listrik

Materi Pelajaran

1. Jenis-jenis motor listrik

Motor listrik berdasarkan jenis sumber tegangannya dibagi dalam :

1.1 Motor arus searah

- motor shunt
- motor seri
- motor kompon

1.2 Motor-motor arus bolak-balik

1.2.1 Motor tiga fasa

- motor induksi (asynkron)
 - motor rotor sangkar
 - motor rotor lilit
- motor synkron

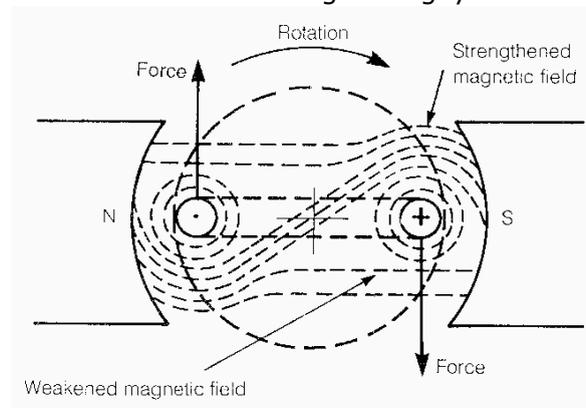
1.2.2 Motor satu fasa

- motor induksi satu fasa
 - motor split phase
 - motor kapasitor
 - motor shaded pole
- motor non-induksi satu fasa
 - motor universal
 - motor seri AC

2. Prinsip kerja motor listrik

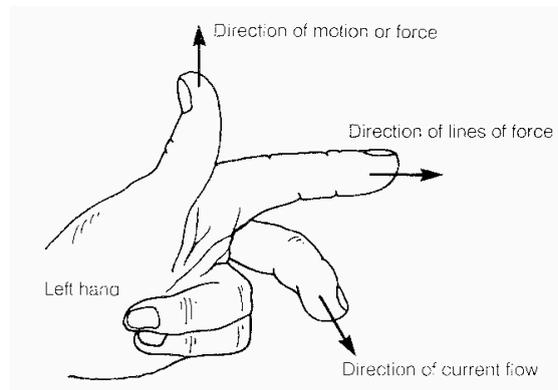
Motor listrik adalah mesin yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Prinsip kerjanya berdasarkan hukum gaya Lorentz dan kaidah tangan kiri Fleming, yang menyatakan bahwa :

Apabila sebatang konduktor yang dialiri arus listrik ditempatkan didalam medan magnet maka konduktor tersebut akan mengalami gaya.



Gambar 1.1 Efek motor yang dihasilkan oleh arus listrik

Arah dari gaya yang dialami oleh konduktor tersebut ditunjukkan oleh kaidah tangan kiri Fleming.



Gambar 1.2 Kaidah tangan kiri Fleming

Gaya tersebut dialami oleh setiap batang konduktor pada rotor, sehingga menghasilkan putaran dengan torsi yang cukup untuk memutar beban yang dikopel dengan motor. Kecepatan putaran dan besarnya torsi adalah yang menentukan sesuatu motor itu sesuai untuk suatu pekerjaan.

2.1. Torsi

Besarnya gaya yang dihasilkan pada konduktor yang dialiri listrik arus dan berada dalam medan magnet dinyatakan dengan persamaan:

$$F = B.I.l$$

F = gaya yang dialami oleh konduktor (Newton)
 B = kerapatan fluksi magnet (Wb / m^2)
 l = panjang konduktor (m)
 I = kuat arus yang mengalir pada konduktor (A)

Dalam prakteknya, rotor terdiri dari sejumlah konduktor (Z) dan juga mempunyai beberapa cabang lilitan (a), sehingga persamaan menjadi:

$$F = B.I.l.Z / a$$

Karena Torsi : $T = F.r$, dimana r adalah radius perputaran, maka :

$$T = B.I.l.Z.r / a$$

Selanjutnya, karena satu keliling putaran adalah $2\pi r$, dan induksi magnet yang dihasilkan oleh tiap kutub, maka persamaan dapat dinyatakan sebagai :

$$T = P.\Phi.I.Z / 2\pi a. Nm$$

Karena pada sebuah motor, nilai-nilai P,Z, 2π dan a konstan, maka;

$$T = c. \Phi.I Nm$$

Dari persamaan diatas, karena nilai $\Phi = I.N$, maka dapat dinyatakan bahwa torsi berbanding lurus dengan kuat arus dan jumlah konduktor .

Contoh :

Motor 4 kutub, 30 lilitan dengan jumlah kawat tiap lilitannya 20. Jika fluksi per kutub 0,02 Wb dan arus yang mengalir 19 A. Hitung torsi yang dihasilkan. Cabang jangkar (a) = 4

$$T = P.\Phi.I.Z / 2\pi a = 4 \times 0,02 \times 19 \times 30 \times 20 / 2 \times 3,14 \times 4 = \mathbf{36,3 \text{ Nm}}$$

2.2. Gaya gerak listrik (ggl) lawan

Apabila rotor dari motor listrik berputar, maka pada saat itu prinsip generator berlaku sehingga pada rotor akan dibangkitkan gaya gerak listrik yang arahnya menentang ggl yang ada sehingga disebut gaya gerak listrik (ggl) lawan yang besarnya dinyatakan dengan persamaan:

$$E_b = P.\Phi.n.Z / a.60$$

Ggl lawan ini membatasi arus rotor sehingga tidak menjadi sangat besar. Dari persamaan diatas nilai-nilai P,Z,a dan 60 pada motor merupakan nilai-nilai yang tetap/konstan (c), sehingga :

$$E_b = c.n.\Phi \quad \text{atau} \quad n = E_b / c.\Phi$$

2.3. Daya output motor

Daya output yang diperlukan untuk menghasilkan torsi untuk satu putaran adalah:

$$P = \omega.T$$

$$\omega = 2\pi f, \quad \mathbf{f} = \text{putaran /detik} \quad \text{atau} \quad \mathbf{n} = \text{putaran/menit}$$

maka
$$P = \omega.T = 2\pi f.T \quad \text{atau}$$



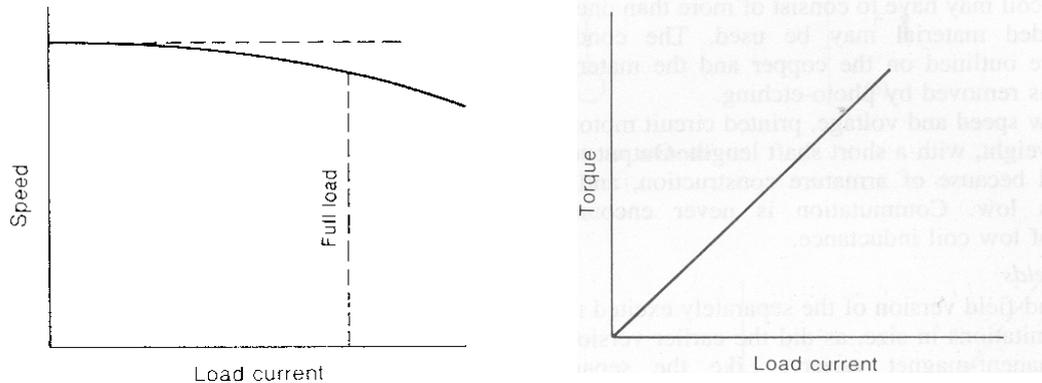
3. Motor DC dan karakteristiknya

Motor DC mempunyai dua jenis system penguat magnitnya yaitu:

- Penguat terpisah dan
- Penguat sendiri

3.1. Motor DC dengan penguat terpisah

Motor DC dengan jenis ini, penguat magnitnya mendapat arus dari sumber tersendiri dan terpisah dengan sumber arus ke rotor. Sehingga arus yang diberikan untuk jangkar dengan arus yang diberikan untuk penguat magnit tidak terikat satu sama lain secara kelistrikan. Karakteristik motor dengan penguat terpisah ditunjukkan pada gambar berikut .



Gambar 1.3 Kurva karakteristik motor DC penguat terpisah

3.2 Motor DC dengan penguat sendiri

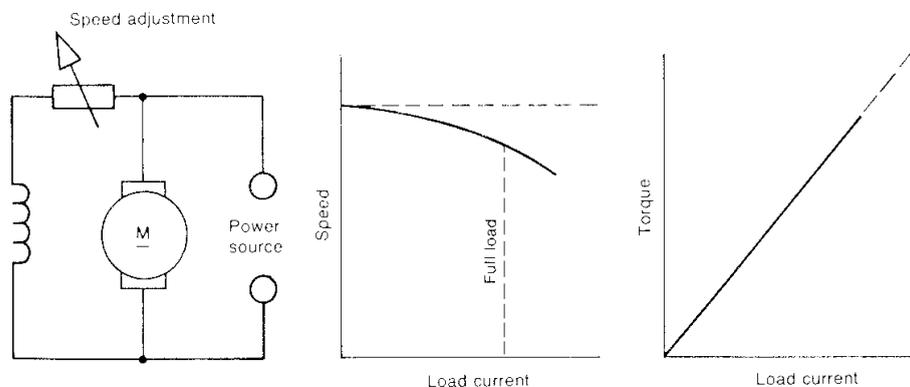
Motor jenis ini, penguat magnitnya mendapat arus dari sumber yang sama dengan arus yang diberikan pada jangkar. Jadi medan magnitnya tersambung paralel atau seri dengan jangkar.

3.2.1. Motor shunt

Belitan medan motor shunt tersambung paralel dengan jangkar, sehingga apabila tegangan sumber konstan, maka kuat medan magnit motor ini konstan.

Motor shunt pada umumnya berdaya kecil. Motor shunt dengan daya besar penggunaannya tidak banyak, tetapi tetap ada, karena motor shunt mempunyai putaran yang hampir konstan.

Pada keadaan operasi normal pada umumnya kecepatan motor diatur dengan shunt regulator, dan cara mengatur putaran atau membalik putaran serta karakteristiknya ditunjukkan pada gambar berikut.



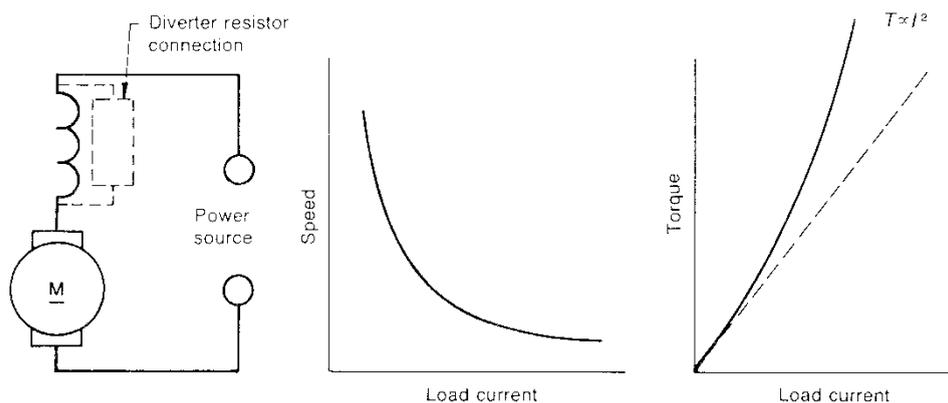
Gambar 1.4 Karakteristik motor shunt

Sesuai dengan karakteristiknya, motor shunt baik dipakai untuk pekerjaan yang memerlukan kecepatan putaran hampir konstan seperti conveyer, lift dan sebagainya.

3.2.2. Motor seri

Pada motor ini, jangkar dan kumparan medan magnitnya dihubungkan dalam rangkaian seri dengan sumber tegangan.

Rangkaian dan karakteristiknya ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 1.5 Karakteristik motor seri

Motor seri mempunyai perubahan kecepatan yang cukup besar sejalan dengan pertambahan bebannya. Pada beban besar, arus jangkar dan arus medan magnit naik sehingga mengurangi kecepatan motor, sehingga pada beban penuh kecepatan motor seri rendah.

Sebaliknya bila beban dikurangi, arus jangkar dan arus medan magnit berkurang, sehingga kecepatan putaran tinggi.

Pada motor seri ukuran besar, jangan menjalankan motor seri tanpa dibebani, karena putarannya akan tinggi sekali dan dapat menyebabkan kerusakan pada motor. Jadi motor seri harus selalu tersambung pada beban tetap tertentu untuk menghindarkan dari hilang sama sekalnya beban mekanik motor.

Karena $I_s = I_a$ atau $\Phi = I$, maka torsi pada motor seri $T \propto \Phi \cdot I$ atau $T \propto I^2$.

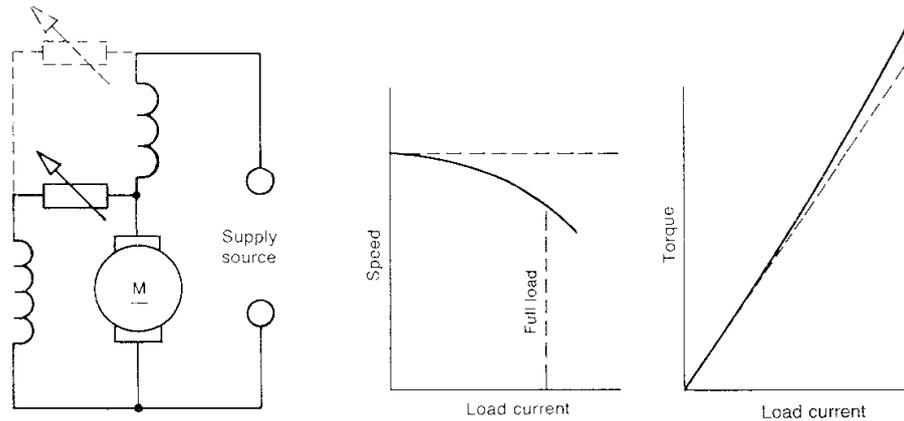
Dengan sifat-sifatnya seperti ditunjukkan pada gambar diatas, motor seri baik dipakai untuk kereta listrik, crane, elevator, motor starter mobil dan sebagainya.

3.2.3. Motor Kompon

Motor kompon merupakan gabungan sifat dari motor shunt dan motor seri. Ada dua jenis motor kompon yaitu :

- Motor kompon kumulatif
- Motor kompon diferensial

Jenis yang banyak dipakai adalah motor kompon kumulatif. Gambar rangkaian dan karakteristiknya ditunjukkan pada gambar berikut.



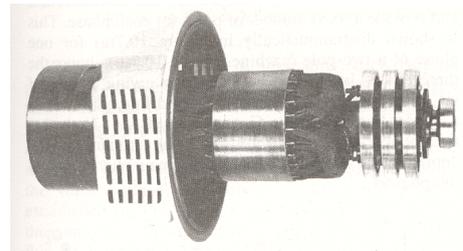
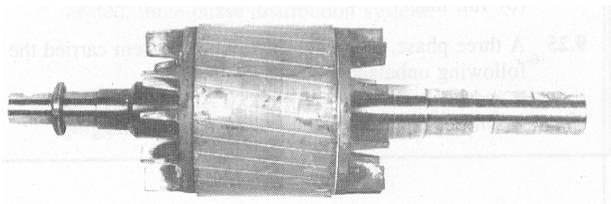
Gambar 1.6 Karakteristik motor kompon

4. Motor Induksi tiga fasa

Motor yang paling banyak dipakai di industri adalah jenis motor induksi.

Motor induksi terdiri dari stator dengan tiga kumparan yang ditempatkan secara simetris pada alur-alurnya.

Disebut motor induksi karena arus yang mengalir pada rotor adalah arus induksi sebagai akibat dari timbulnya ggl induksi pada konduktor-konduktor pada rotor yang disebabkan medan putar stator. Ada dua jenis motor induksi tiga fasa yang banyak dipakai di industri yaitu jenis rotor sangkar (squirrel cage) dan rotor lilit (wound rotor) yang sering disebut motor slip ring. Bentuk rotornya seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini.

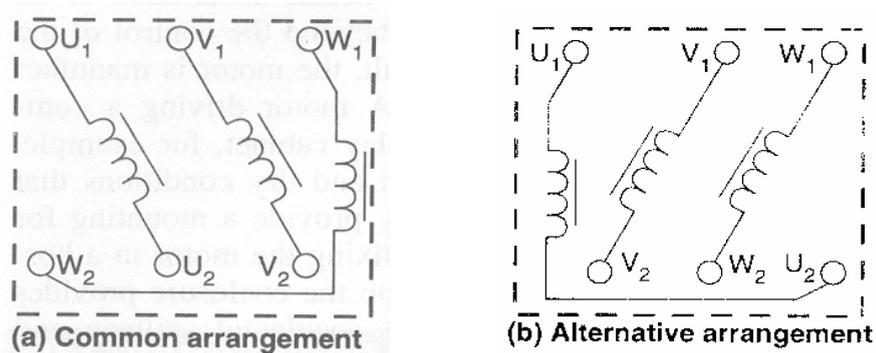


Gambar 1.7 Rotor motor induksi

Susunan terminal motor tiga fasa

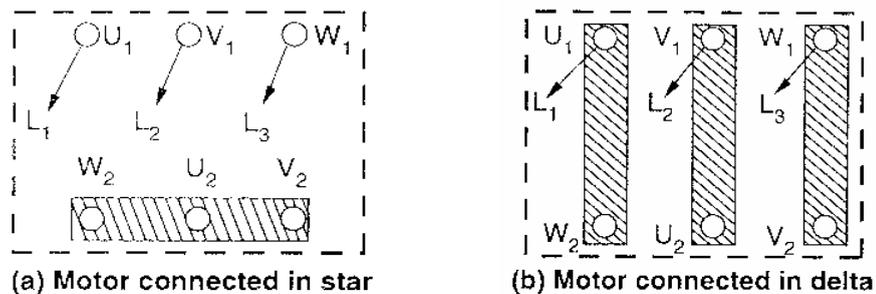
Kebanyakan motor tiga fasa mempunyai enam ujung kumparan yang dikeluarkan dan disambung pada blok terminal. Hanya untuk sebahagian kecil motor yang khusus dijalankan dalam sambungan bintang saja atau sambungan segitiga saja yang ujung kumparannya ada tiga yang dikeluarkan dan disambung pada blok terminal.

Sambungan kumparan motor berdasarkan standar ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 1.8 Sambungan kumparan pada blok terminal

Untuk menyederhanakan susunan sambungan bagi seseorang yang akan menginstal atau menyambung kembali setelah melaksanakan pemeliharaan/perbaikan motor, menyambungkan terminal-terminal motor untuk sambungan bintang maupun segitiga, ujung-ujung kumparan motor disambung seperti gambar 1.10 berikut ini:

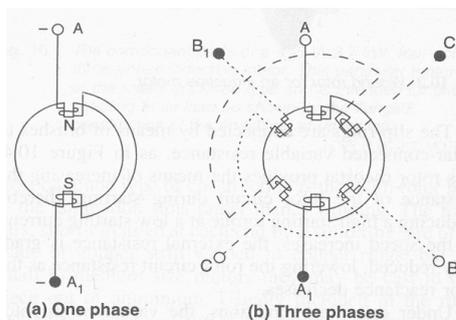


Gambar 1.9 Sambungan terminal-terminal

Prinsip kerja motor induksi

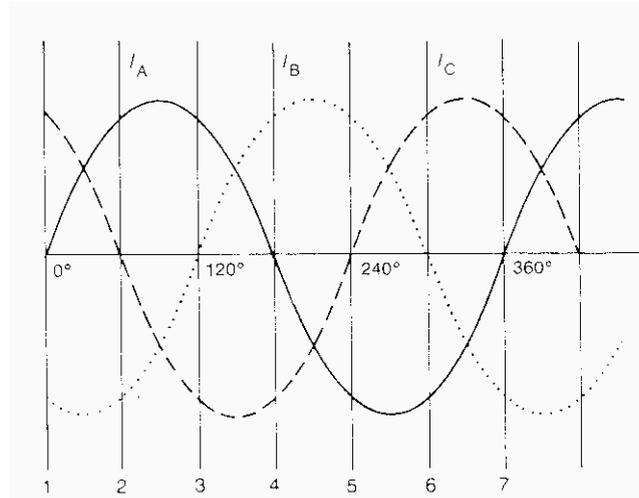
Medan putar

Kerja motor induksi tiga fasa tergantung pada medan magnet putar yang dihasilkan oleh kumparan stator. Tiga kumparan terpisah ditempatkan pada stator dengan perbedaan fasa 120° L satu sama lainnya dan menghasilkan sejumlah kutub yang tetap untuk tiap fasanya. Hal ini secara diagram ditunjukkan pada gambar 1.10 berikut ini:



Gambar 1.10 Polaritas dan sambungan 2 kutub pada motor tiga fasa

Dari gambar 1.10 b diatas, apabila ujung-ujung kumparan A_1, B_1 dan C_1 disambung jadi satu membentuk titik bintang, kemudian ujung-ujung kumparan A, B dan C dihubungkan pada sumber tegangan tiga fasa, maka pada kumparan akan mengalir arus I_A, I_B dan I_C yang juga bergeser 120° satu sama lainnya. Fluksi tersebut berputar pada kecepatan sinkron.



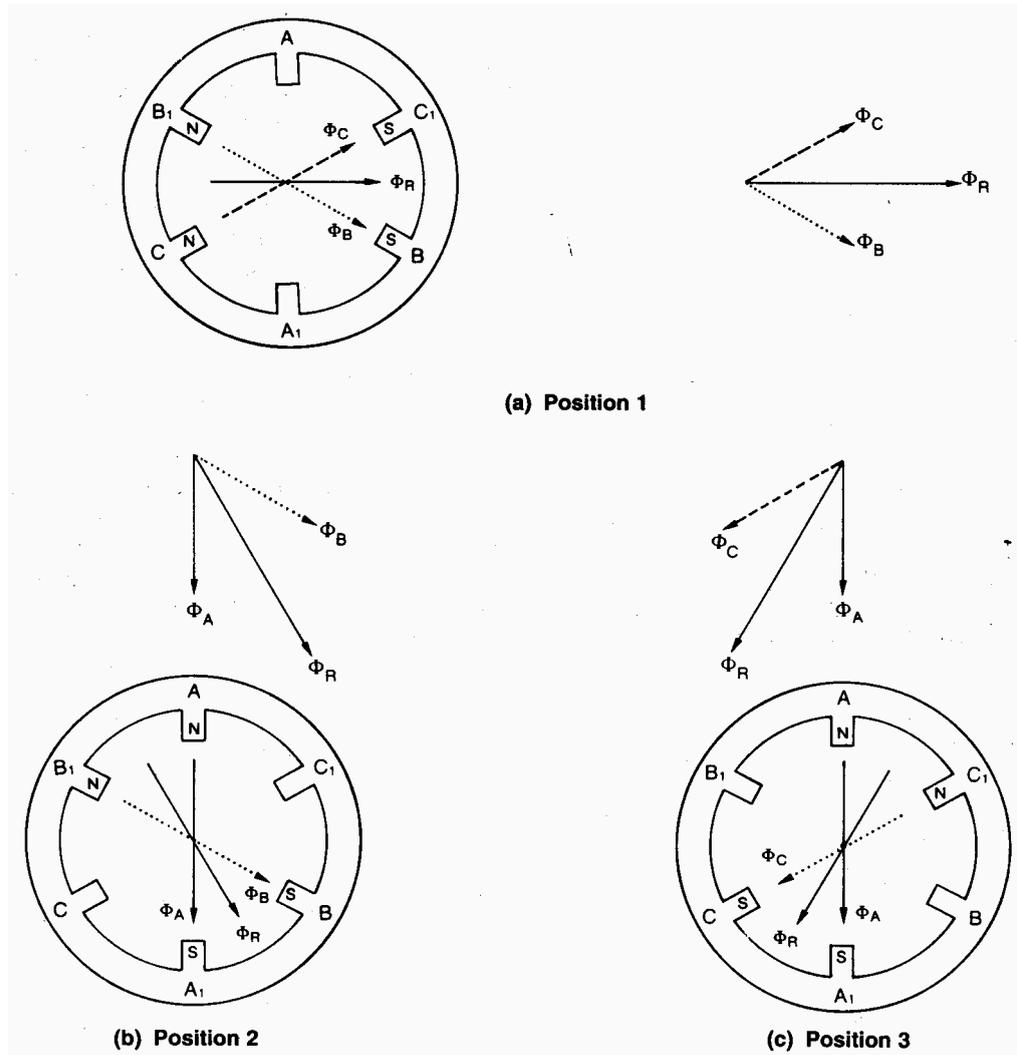
Gambar 1.11 Diagram bentuk gelombang tiga fasa yang berbeda 120°

Pada posisi 1, arus I_A nol, tidak ada fluksi yang dihasilkan oleh kumparan $A-A_1$. Arus I_B negatip, sehingga akan menghasilkan kutub selatan (S) pada B dan kutub utara (U) pada B_1 . Arus I_C positif dan akan menghasilkan kutub utara pada C dan kutub selatan pada C_1 .

Karena arus I_B dan I_C sama besarnya, maka akan menimbulkan kuat medan magnet yang sama juga.

Arah medan magnet ini ditunjukkan pada gambar 1.12a, yaitu $\Phi_R = \Phi_B + \Phi_C$

Pada posisi 2 dalam gambar 1.11, I_A positif, I_B masih negatip sedangkan I_C nol. Keadaan ini akan menghasilkan kutub magnet utara pada A, kutub selatan pada B, dan C tidak ada. Ini ditunjukkan pada gambar 1.12 b, bersama dengan penjumlahan vektornya $\Phi_R = \Phi_A + \Phi_B$, dimana arah Φ_R telah bergeser dari kedudukan Φ_R pada posisi 1.



Gambar 1.12 Resultan Fluksi yang dihasilkan pada stator

Bila ini kita analisa sampai posisi 7 (360° L), maka akan kita dapatkan Φ_R yang bergeser berputar dari posisi 1 sampai posisi 7 atau dengan kata lain pada stator timbul medan putar. Besarnya medan putar ini sama setiap saat dan kecepatan putaran medan magnet ini sinkron yaitu:

$$n_s = 120.f/P$$

Dimana : n_s = jumlah putaran per menit
 f = frekuensi dalam Hz.
 P = jumlah kutub

Putaran rotor

Seperti dijelaskan diatas, bila stator motor tiga fasa diberi tegangan, maka pada stator akan mengalir arus yang akan menghasilkan medan putar. Karena rotor berada dalam rongga stator, maka medan magnet putar stator tersebut akan memotong batang-batang penghantar pada rotor, sehingga akan membangkitkan gaya gerak

listrik (ggI) induksi pada kumparan rotor. Selanjutnya karena ujung-ujung batang penghantar rotor dihubungkan singkat maka pada kumparan rotor akan mengalir arus induksi.

Sekarang penghantar dialiri arus listrik berada didalam medan magnet akan mengalami gaya. Gaya ini terjadi pada setiap batang penghantar rotor, dan bila cukup besar untuk melawan bobot rotor dan beban, maka gaya tersebut akan memutar rotor searah medan putar stator.

Karena bobot rotor dan beban serta dalam proses timbulnya gaya, medan putar timbul terlebih dahulu baru setelah itu timbul gerakan perputaran rotor. Jadi dalam hal ini ada ketertinggalan putaran rotor dari putaran medan sinkron stator. Selisih putaran rotor dengan putaran medan sinkron stator disebut slip.

$$\text{Slip} = \text{Putaran medan sinkron } (n_s) - \text{putaran rotor } (n_r)$$

$$\% \text{ slip} = \{(n_s - n_r) / n_s\} \times 100$$

Frekuensi rotor

Ketika rotor masih dalam keadaan diam dan stator disuplai dengan tegangan pada frekuensi 50 Hz, tiap batang konduktor rotor dipotong oleh fluksi stator sebanyak 50 kali dalam satu detik, sehingga pada saat itu pada rotor terbangkit tegangan induksi dengan frekuensi 50 Hz juga. Jadi pada saat rotor masih dalam keadaan diam frekuensi tegangan rotor sama dengan frekuensi suplai (stator).

Saat kecepatan putaran rotor naik menjadi 1/2 kali kecepatan sinkron, frekuensi rotor juga akan menjadi 1/2 kali frekuensi statornya (25 Hz).

Selanjutnya apabila rotor telah berputar mencapai kecepatan sinkron, frekuensi rotor akan menjadi nol. Jadi frekuensi rotor tergantung pada perbedaan/selisih putaran fluksi stator dengan putaran rotor (slip), sehingga frekuensi rotor dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$f_r = (s.f) / 100$$

f_r = frekuensi rotor dalam Hz

s = persentase slip

f = frekuensi suplai dalam Hz

Karakteristik motor induksi

Motor rotor sangkar

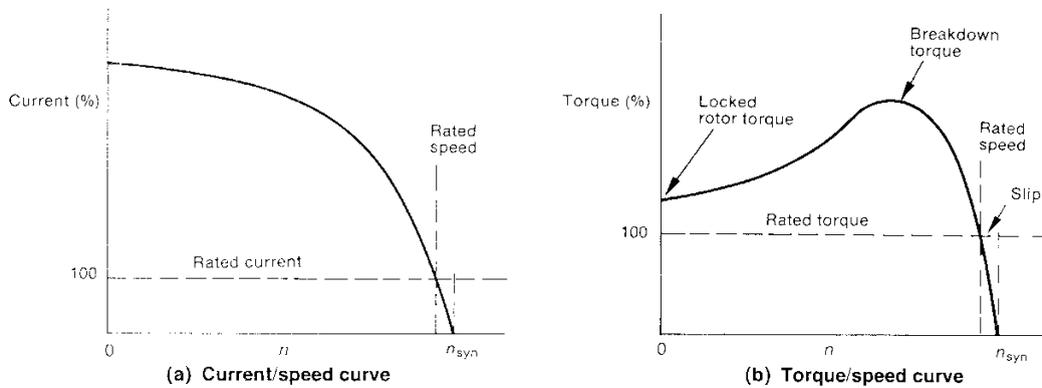
Bila daya pertama kali diberikan pada motor dalam keadaan diam, stator beraksi sebagai lilitan primer transformator dengan menghasilkan fluksi magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron. Rotor yang menjadi kumparan sekunder yang dihubungkan singkat, akan mengalir arus sirkulasi yang tinggi dan sebagai akibatnya arus start pada stator juga tinggi.

Setelah rotor berputar searah dengan putaran medan stator, selisih putaran antara rotor dengan medan putar stator menjadi kecil, menyebabkan arus sirkulasi rotor turun dan arus stator juga berkurang.

Hubungan antara arus stator dan kecepatan putaran rotor ditunjukkan pada gambar 1.13 a. Arus sesaat pada rotor dipengaruhi oleh frekuensi suplai, tahanan dan

induktansi rotor adalah impedansi rotor yang menjadi factor yang membatasi besarnya arus rotor.

Karena pada motor, frekuensi rotor akan berubah saat kecepatan motor berubah, maka sebagai konsekuensinya torsi yang dihasilkan dapat berubah. Hubungan antara torsi dengan kecepatan putaran rotor ditunjukkan pada gambar 1.13 b.



Gambar 1.13 Karakteristik motor induksi rotor sangkar

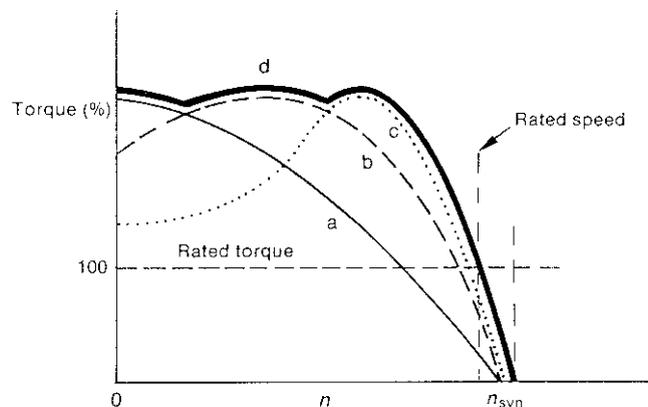
Motor rotor lilit

Ada tiga pengaruh nilai tahanan pada rangkaian rotor motor induksi yaitu:

1. Mengurangi arus rotor, dan sebagai akibatnya arus stator juga menjadi berkurang
2. Torsi start dapat naik karena arus rotor dan medan magnet stator mendekati sefasa
3. Slip speed naik

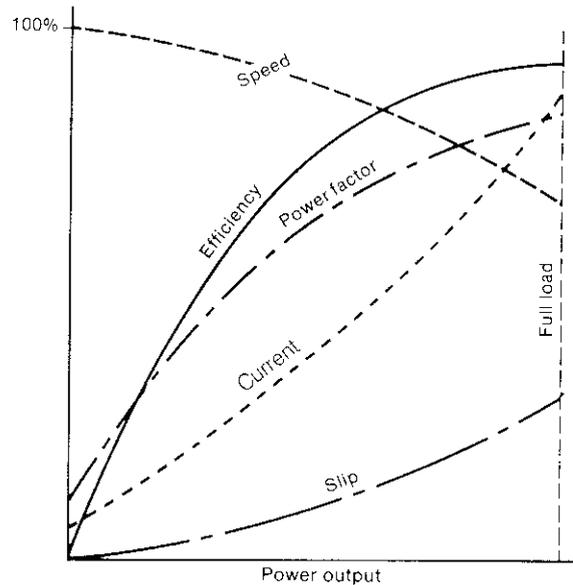
Dengan merubah tahanan rotor melalui tahanan asut dari rangkaian luar pada motor slip-ring dengan rotor lilit maka torsi yang dihasilkan dapat diatur .

Karakteristik torsi-putaran dari motor slip-ring dengan tiga tahapan pengaturan tahanan rotor ditunjukkan pada gambar 1,14 sebagai berikut:



Gambar 1.14 Karakteristik motor rotor lilit

Dan parameter untuk motor induksi secara umum dan komprehensif diperlihatkan pada gambar 1.15.



Gambar 1.15 Karakteristik motor induksi tiga fasa melalui pengaturan beban

Motor satu fasa

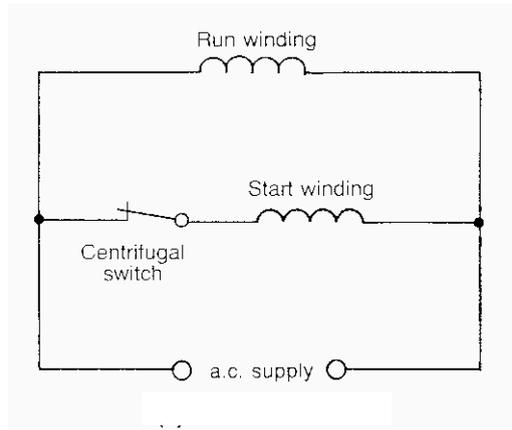
Motor induksi satu fasa banyak dipakai pada peralatan rumah tangga dan peralatan listrik portable. Sedangkan penggunaannya di industri sedikit dibandingkan dengan pemakaian motor induksi tiga fasa.

Motor induksi satu fasa pada umumnya terdiri dari dua kelompok kumparan yaitu kumparan utama atau run dan kumparan bantu atau start. Kumparan-kumparan tersebut ditempatkan berbeda fasa 90° satu sama lainnya.

Motor Split-phase

Motor split-phase yang standar mempunyai dua lilitan (start dan run) yang dihubungkan parallel dengan sumber pada saat start dan hanya kumparan run saja yang bekerja pada saat motor berjalan normal.

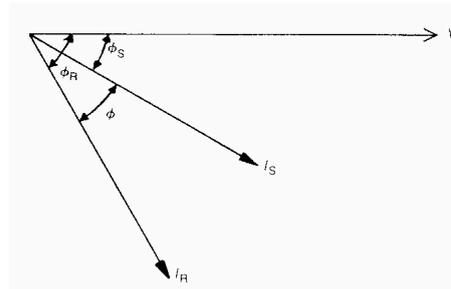
Rangkaian motor split-phase ditunjukkan pada gambar 1.16.



Gambar 1.16 Rangkaian motor split-phase

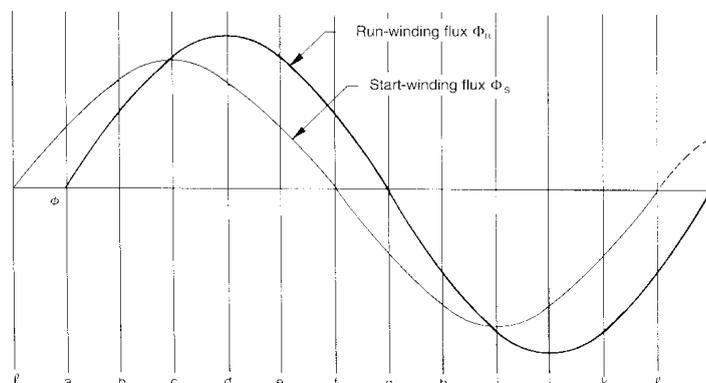
Kumparan utama biasanya terdiri dari jumlah lilit lebih banyak dengan penampang kawat lebih besar, sehingga induktansinya juga lebih besar dan tahanannya kecil. Kumparan start terdiri dari kawat dengan jumlah lilit lebih sedikit dan penampang kawat yang lebih kecil, sehingga induktansinya juga lebih kecil dengan tahanan lebih besar.

Dari perbedaan dua kumparan tersebut akan dihasilkan dua arus yang berbeda fasa yang diperlukan untuk menghasilkan medan putar. Hubungan fasa antara kumparan start dan kumparan run ditunjukkan pada gambar 1.17.



Gambar 1.17 Hubungan fasa antara kumparan start dan run pada motor split-phase

Dan bentuk gelombang fluksi yang dihasilkan oleh masing-masing kumparan start dan kumparan run ditunjukkan pada gambar 1.18 berikut ini.

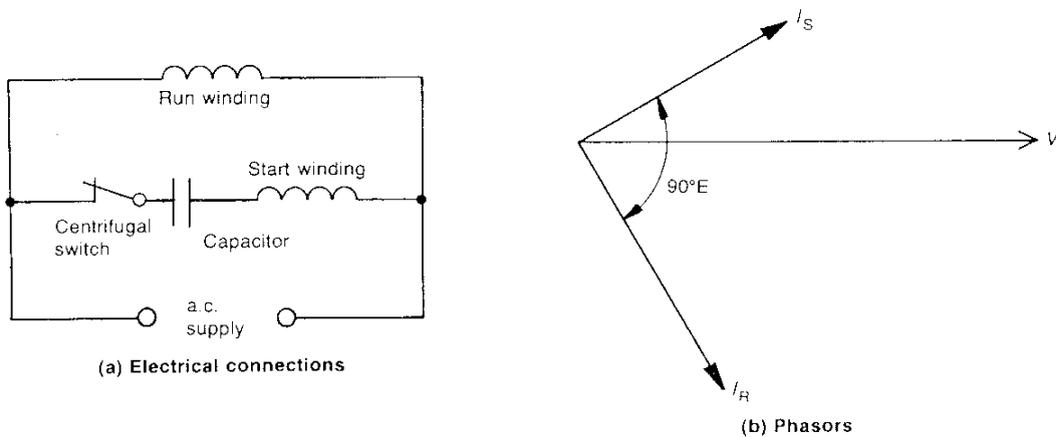


Gambar 1.18 Bentuk gelombang fluksi

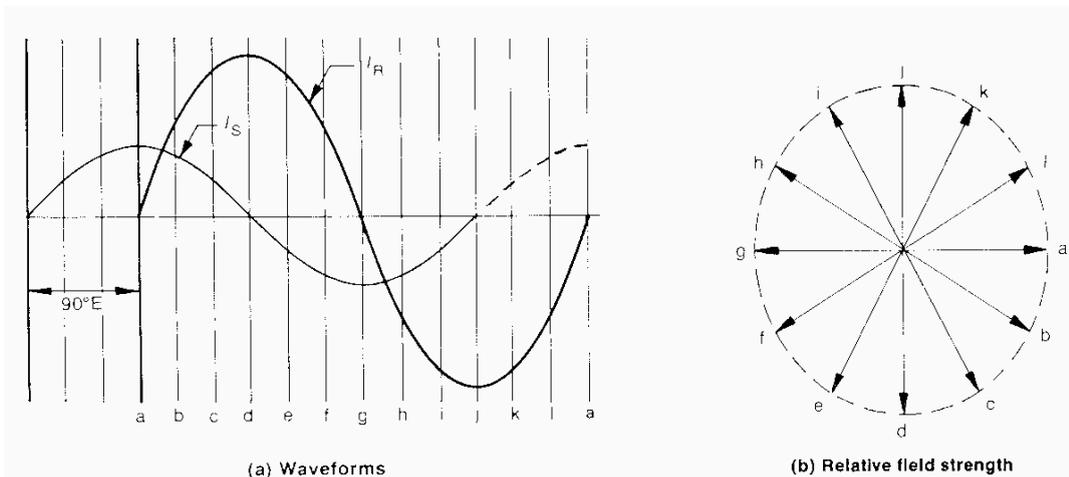
Motor kapasitor

Beda fasa antara arus kumparan start dan run pada motor split-phase hanya $\pm 30^\circ$ L dari yang diharapkan yaitu mendekati 90° L. Untuk memperbaiki starting pada motor split-phase tersebut dapat ditambahkan kapasitor pada rangkaian motor. Sehingga motor kemudian disebut sebagai motor kapasitor.

Kapasitor tersebut disambungkan secara seri dengan kumparan startnya dan rangkaian kelistrikan motor kapasitor start berikut vector diagram antara arus kumparan start dan run ditunjukkan pada gambar 1.19 dan bentuk gelombang medan magnet putar motor kapasitor ditunjukkan pada gambar 1.20.



Gambar 1.19 Rangkaian motor kapasitor



Gambar 1.20 Medan putar pada motor kapasitor



Topik 2

Fungsi Bagian-Bagian Motor

Informasi

Pada topik ini anda akan belajar tentang fungsi dari bagian-bagian suatu motor listrik yang mencakup aspek-aspek: stator, rotor, bantalan, tutup (end plate), kumparan-kumparan, terminal dan peralatan pendingin motor. Pengetahuan ini akan membantu anda dalam pembahasan tentang analisa gangguan dan pengujian motor listrik.

Tujuan

Setelah mempelajari unit ini diharapkan anda mampu :

1. Menjelaskan fungsi stator motor.
2. Menjelaskan fungsi rotor motor.
- 3: Menjelaskan fungsi kumparan motor.
4. Menjelaskan fungsi bantalan motor.
5. Menjelaskan fungsi tutup dan bagian pendingin motor.

Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari unit ini anda sudah harus memiliki kemampuan tentang :

1. Rangkaian listrik
2. Kerja bangku listrik
3. Karakteristik motor listrik

Materi Pelajaran

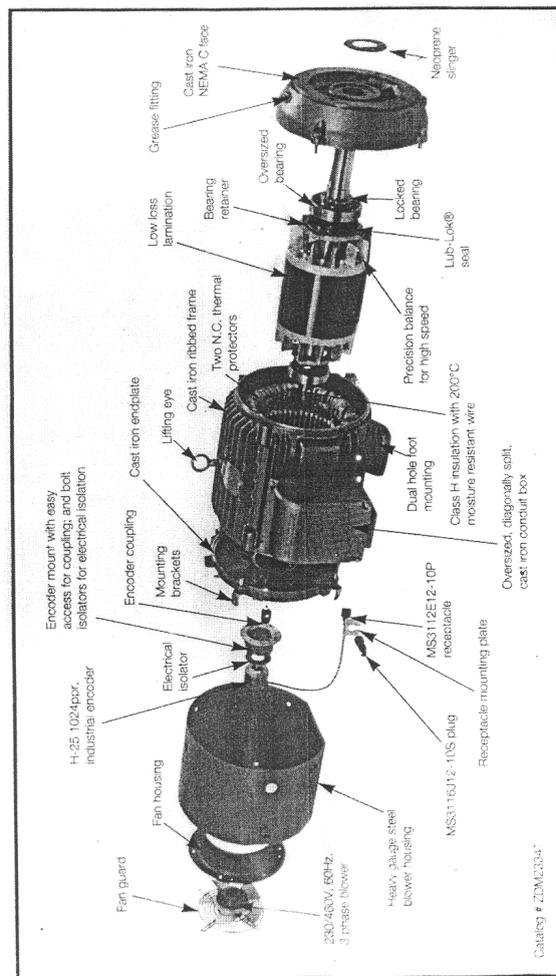
Fungsi Bagian-Bagian Motor

Seperti telah kita ketahui bahwa motor listrik adalah suatu mesin yang merubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran. Dimana motor terdiri dari 2 (dua) bagian utama, yaitu stator bagian yang diam dan rotor bagian yang berputar.

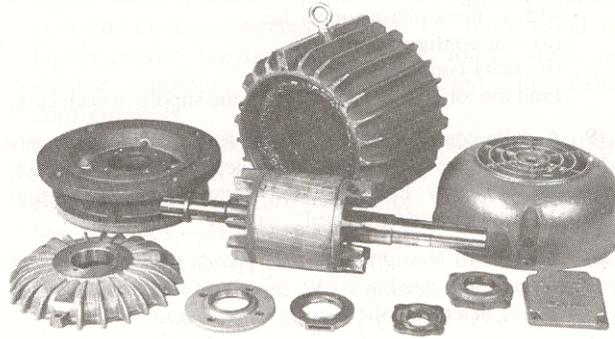
Fungsi bagian-bagian motor listrik sangat penting untuk diketahui yang akan dibahas pada unit ini sebagai pendukung bahan kajian pada unit-unit berikutnya yang ada pada modul ini. Diantara bagian-bagian motor yang akan dibahas adalah seperti diperlihatkan pada gambar 1.1 adalah bukaan suatu motor listrik.

Gambar 1.1 memperlihatkan bukaan suatu motor yaitu motor induksi 3 fasa yang dilengkapi dengan pendingin udara paksa yang digerakkan oleh suatu motor yang ukurannya jauh lebih kecil dari motor utama.

Fungsi dari masing-masing bagian motor akan diuraikan pada paparan berikut di bawah ini.



Gambar 2.1A : Bukaan motor

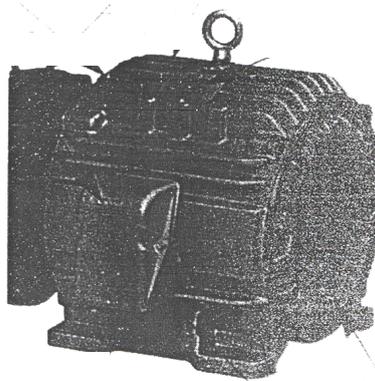


Gambar 2.1B : Bukaan motor

2.1. Stator

Stator bagian, yang diam seperti terlihat pada gambar 2.2. berfungsi sebagai :

- Dudukan kumparan jangkar untuk motor-motor AC dan dudukan kumparan kutub untuk motor-motor DC.
- Dudukan kedua tutup (end plate) motor
- Dudukan terminal yang menghubungkan jaringan kumparan stator ke sumber tegangan.
- Dudukan sirip-sirip pendingin motor yang berfungsi melepas energi panas yang timbul pada motor.



Gambar 2.2 Stator motor

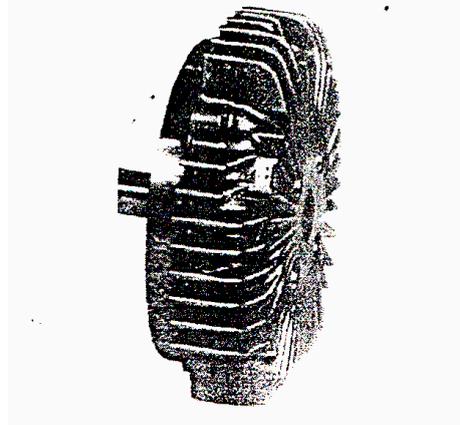
2.2. Tutup (End Plate) Motor

Pada setiap motor mempunyai 2 (dua) buah tutup (end plate), masing-masing pada kedua sisinya, yang berfungsi sebagai :

- Dudukan bantalan poros motor
- Titik senter posisi antara rotor/poros dengan rumah stator

- Pelindung bagian dalam motor terhadap cuaca.

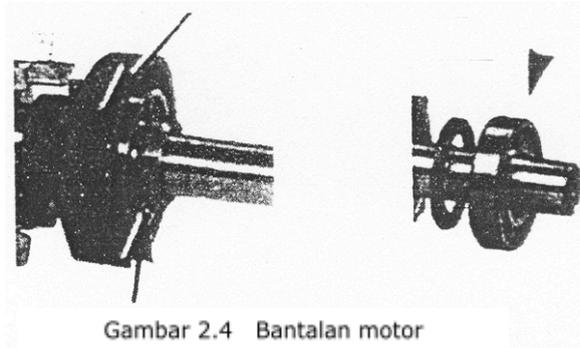
Akurasi dudukan tutup motor terhadap bantalan dan rumah stator sangat menentukan keandalan gerakan poros suatu motor. Tutup motor (end plate) dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tutup (end plate) motor

2.3. Bantalan

Bantalan (bearing) pada motor listrik yang diperlihatkan pada gambar 2.4, berfungsi sebagai :



Gambar 2.4 Bantalan motor

- Memperlancar gerak putar poros
- Mengurangi gesekan putaran, maka setiap bantalan harus selalu dilengkapi dengan pelumas
- Penstabil posisi poros terhadap gaya horizontal dan gaya vertikal poros motor

Bantalan motor terdiri dari beberapa type diantaranya :

- bantalan peluru (ball bearing)
- bantalan roller (roller bearing)
- bantalan bos

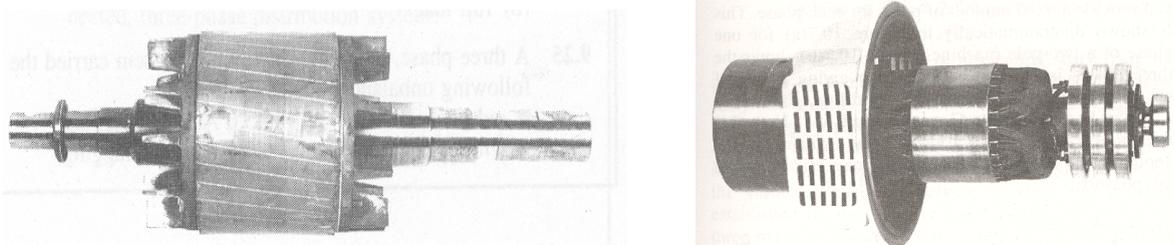
4. Rotor

Rotor pada motor yang terbuat dari laminasi baja silikon yang mempunyai alur-alur sebagai penempatan kumparan rotor berada tepat di dalam stator yang ditempatkan pada poros. Berdasarkan jenis motor yang ada, dikenal beberapa jenis rotor, yaitu :

- Rotor sangkar, bentuknya sederhana untuk motor induksi
- Rotor lilit untuk motor induksi
- Rotor motor DC yang dilengkapi dengan lamel-lamel sebagai terminal kumparan jangkar

Kumparan atau batang-batang kawat yang ditempatkan pada alur rotor berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi gerak putar dengan berinteraksi dengan kumparan stator.

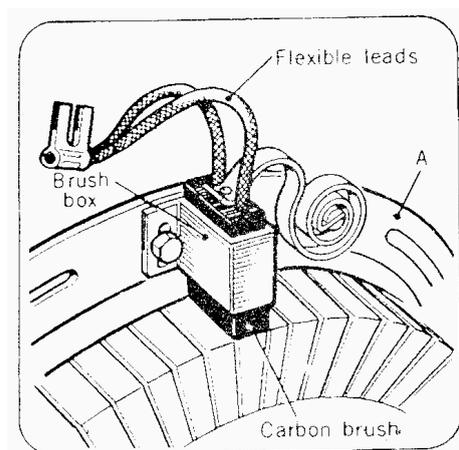
Pada gambar 2.5 diperlihatkan suatu rotor dari sebuah motor



Gambar 2.5. Rotor sangkar dan Rotor lilit

5. Sikat (Brosel)

Sikat pada motor seperti terlihat pada gambar 2.6. berfungsi sebagai :



- Jaringan antara kumparan jangkar dengan kumparan medan untuk motor-motor DC dan universal.
- Jaringan antara kumparan rotor dengan tahanan pengasut untuk motor induksi rotor lilit.

- Jaringan antara kumparan rotor (medan) dengan sumber tegangan penguat untuk motor sinkron.

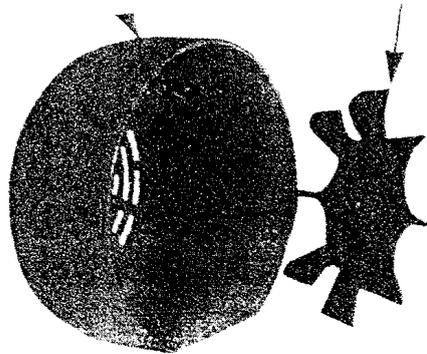
6. Bagian Pendingin

Kelengkapan pendingin suatu motor tergantung kepada kapasitasnya, makin besar kapasitasnya maka sistem pendinginnya semakin kompleks (lihat gambar 1.1). Secara sederhana bagian pendingin terdiri dari :

- Kipas
- Tutup kipas
- Sirip pendingin .

Kipas yang ditempatkan pada poros berputar sesuai kecepatan poros bersama tutup kipas mengekspansikan udara paksa ke sirip-sirip pendingin yang berada pada badan stator untuk melepaskan energi panas yang timbul pada motor ke udara bebas.

Kipas dan tutupnya dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Kipas dan tutupnya

Evaluasi

1. Sebutkan fungsi stator pada motor listrik

2. Sebutkan jenis-jenis rotor

3. Jelaskan fungsi bantalan pada motor

4. Jelaskan fungsi sikat pada motor

5. Jelaskan fungsi end plate motor

Topik 3

Analisa Gangguan Kelistrikan Motor

Informasi

Pada topik 3 anda akan belajar tentang analisa gangguan kelistrikan motor yang mencakup aspek-aspek: kelistrikan stator, kelistrikan rotor, perangkat starting serta sumber tegangan motor.

Pengetahuan ini akan membantu anda dalam pembahasan unit bahasan berikutnya dan anda berkompentensi menganalisa terhadap gangguan yang terjadi terhadap motor listrik.

Tujuan

Setelah mempelajari unit ini diharapkan anda mampu :

1. Menganalisa gangguan kelistrikan stator motor.
2. Menganalisa gangguan kelistrikan rotor motor.
3. Menganalisa gangguan perangkat starting dan sumber tegangan motor,

Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari unit ini anda sudah harus memiliki kemampuan tentang :

1. Rangkaian listrik
2. Penggunaan alat ukur listrik
3. Karakteristik motor listrik

Materi Pelajaran

Analisa Gangguan Kelistrikan Motor

Motor listrik sebagai penggerak putaran pada mesin-mesin produksi mempunyai peranan vital pada industri-industri. Dimana dewasa ini sistem kontrol dan proteksi motor-motor listrik selalu dikembangkan dan sekarang ini demikian canggih. Walaupun demikian gangguan kinerja motor listrik kerap terjadi karena kelistrikan oleh beberapa hal, antara lain:

- Alat proteksi tidak berfungsi sebagaimana mestinya.
- Sistem pemeliharaan motor tidak dijalankan konsekuen.
- Gangguan mekanik merambat kemasalah kelistrikan.
- Pengadaan awal motor tidak sesuai mutu yang terstandar.
- Pengoperasian motor tidak sesuai prosedur.

Demikian pentingnya fungsi motor listrik dalam proses roda produksi di industri, dalam setiap terjadi gangguan padanya, harus dengan cepat dan tepat gangguan tersebut dianalisa sebagai bahan penanggulangan dan pemeliharaannya.

Berikut ini akan diuraikan bagaimana cara menganalisa gangguan terhadap motor listrik.

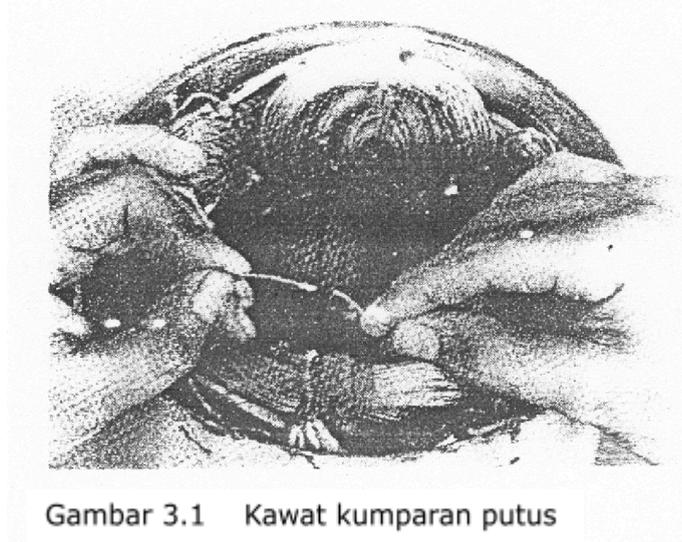
3.1 . Analisa gangguan Kelistrikan Stator

Pada stator motor seperti terlihat pada gambar 1.2 di atas, dimana ditempatkan kumparan jangkar untuk motor induksi dan kumparan medan magnet untuk motor DC. Gangguan yang mungkin terjadi terhadap kumparan stator, antara lain:

Untuk Motor Induksi:

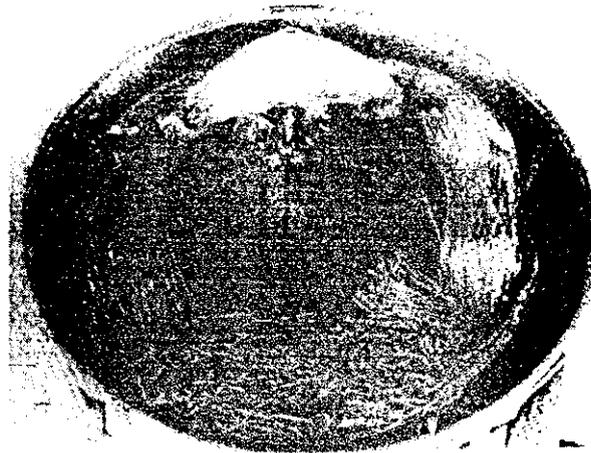
- Tahanan isolasi kumparan menurun, dimana besar tahanan isolasi minimum 2 k Ω /V. Tahanan isolasi menurun disebabkan antara lain:
 - Kumparan pernah mengalami kenaikan temperatur berlebih hingga menurunkan kualitas tahanan isolasinya.
 - Kualitas isolasinya menurun karena faktor usia/waktu.
- Hubung singkat antara kumparan dengan bodi. Kemungkinan penyebabnya, antara lain :
 - Isolasi kumparan terlepas dari kawatnya akibat temperatur kumparan melampaui nominalnya.
 - Isolasi kumparan terluka akibat sentuhan mekanik.
 - Kualitas kumparan menurun atau di bawah standar.
- Tahanan kawat kumparan antara fasa tidak sama, kemungkinan penyebabnya antara lain:

- Salah satu grup kumparan pernah mengalami panas berlebih sehingga struktur logamnya berubah, mengakibatkan tahanannya bertambah besar, tetapi tidak sampai merusak bahan isolasinya.
- Hubung singkat antara lilitan kumparan, sehingga jumlah lilitan aktif berkurang, akibatnya arus yang mengalir akan naik dari nominalnya.
- Kawat kumparan putus, umumnya terjadi karena menerima arus yang terlampau besar atau terjadi hubung singkat dalam kumparan itu sendiri. Seperti ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kawat kumparan putus

Kumparan terbakar karena motor mengkonsumsi arus terlalu besar karena beban berlebih atau gangguan mekanik, dimana alat proteksi motor tidak berfungsi sempurna. Seperti terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kawat kumparan terbakar

Untuk motor DC dan universal, konstruksi kumparan statornya lebih sederhana dibanding kumparan stator motor induksi, dimana pada motor DC pada stator ditempatkan kumparan medan magnet. Gangguan yang dialaminya hampir sama seperti pada kumparan stator motor induksi, adapun gangguan yang mungkin terjadi padanya adalah :

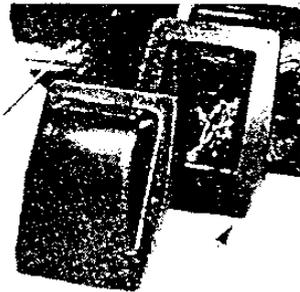
- Hubung singkat kumparan dengan bodi.
- Jumlah kumparan aktif menurun karena ada hubung singkat antar lilit kumparan.
- Tahanan kumparan lebih besar dari nominalnya, hal ini akibat kumparan pernah mengalami panas berlebihan.

Tetapi secara umum kumparan medan magnet jarang mengalami gangguan, untuk motor DC yang sering mengalami gangguan adalah kumparan jangkarnya.

Selain kumparan, bagian kelistrikan stator lainnya adalah terminal yang berfungsi sebagai penghubung motor ke sumber tegangan. Seperti terlihat pada gambar 3.3. dimana ujung-ujung kumparan diikatkan pada terminal tersebut.

Gangguan yang mungkin terjadi Pada terminal motor adalah :

- Ikatan sambungan kabel pada terminal longgar dapat menyebabkan terjadinya percikan api akibat hubungan kontak yang tidak sempurna, yang mengakibatkan tegangan dan arus antar fasa tidak seimbang.
- Baut sambungan terminal hubung singkat dengan bodi.
- Kabel sambungan kumparan ke terminal putus atau hubung singkat dengan bodi



Gambar 3.3 Terminal motor

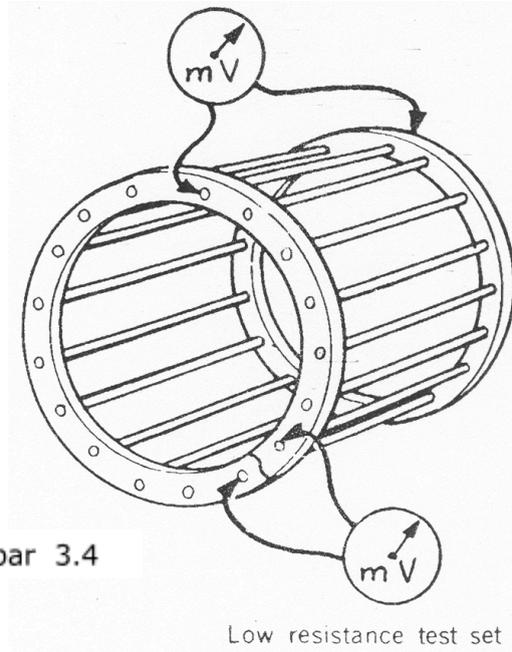
3.2. Analisis gangguan Kelistrikan Rotor

Pada bahasan tentang kelistrikan rotor sesuai dengan jenis motornya dibedakan atas rotor sangkar, rotor lilit dan rotor motor DC:

Rotor Sangkar

Rotor sangkar seperti terlihat Pada gambar 2.5 adalah bentuk rotor suatu motor yang konstruksinya paling sederhana, kokoh dan jarang sekali mengalami gangguan. Kumparan rotor sangkar terdiri batang kawat tidak berisolasi dan ujungnya disatukan satu sama lainnya dengan baut pengikat .

Gangguan yang dialami kumparan rotor sangkar adalah ikatan baut sambungan ujung-ujung kumparan longgar atau terlepas seperti terlihat pada gambar 3.4. Efek dari gangguan ikatan sambungan kumparan yang longgar seperti pada gambar 3.4 tersebut akan berakibat memberi umpan balik ke kelistrikan kumparan stator.



Gambar 3.4

Low resistance test set

Dimana gangguan kumparan rotor sangkar akan mempengaruhi kerja motor, berupa:

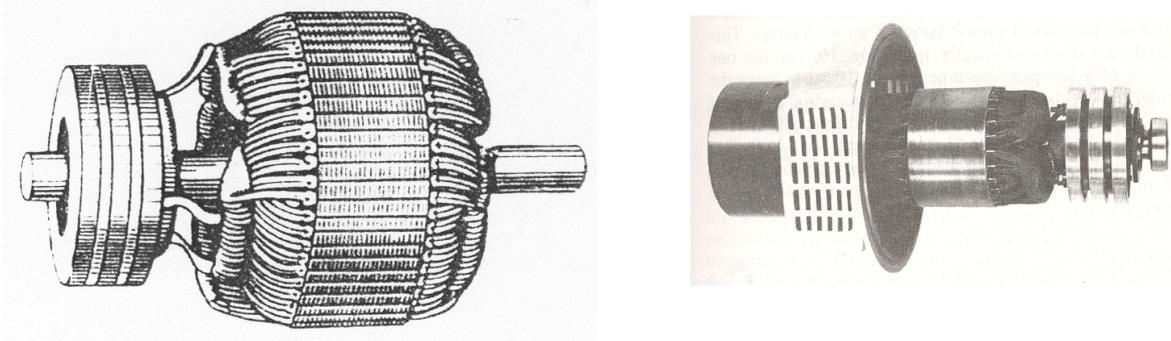
- Arus fasa tidak seimbang
- Motor tidak berputar normal atau tidak berputar sama sekali
- Motor menjadi panas dan mengeluarkan suara berisik

Rotor Lilit

Rotor lilit mempunyai kumparan , dimana ujung-ujung kumparan fasanya disatukan menjadi titik bintang dan ujung-ujung lainnya disambungkan ke slip ring (cincin seret) seperti terlihat pada gambar 3.5.

Gangguan kelistrikan yang dialami rotor lilit hampir sama dengan gangguan yang terjadi pada stator seperti telah diuraikan diatas, perbedaannya adalah rotor berputar sedangkan statordiam, sehingga ada sedikit perbedaan permasalahan kelistrikan yang dihadapi.

Adapun gangguan kelistrikan yang mungkin dihadapi rotor lilit adalah:

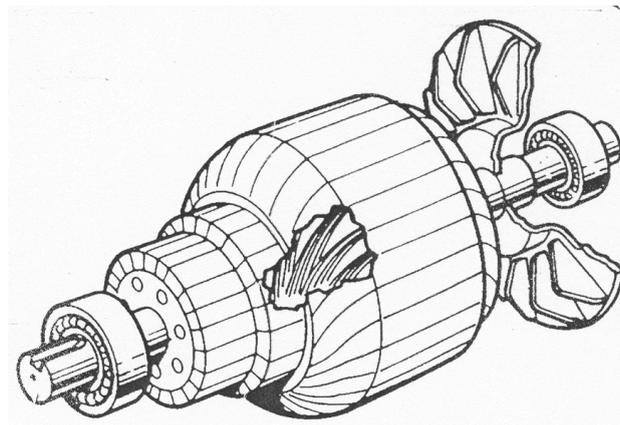


Gambar 3.5 Rotor lilit

- Tahanan isolasi kumparan menurun, sehingga arus bocor kumparan bertambah besar.
- Hubung singkat kumparan dengan bodi.
- Jumlah kumparan aktif menurun karena ada hubung singkat antar lilit kumparan.
- Tahanan kumparan lebih besar dari nominalnya, hal ini akibat kumparan pernah mengalami panas berlebih.
- Sambungan titik bintang kumparan longgar atau terlepas
- Kabel sambungan kumparan dengan slip ring longgar atau terlepas
- Hubung singkat antar slip ring
- Terjadi pengotoran dipermukaan slip ring oleh serbuk sikat arang sehingga menimbulkan percikan api.

2.3. Rotor Motor DC/Universal

Sebagaimana diketahui pada rotor motor DC ditempatkan kumparan jangkar yang dilengkapi dengan lamel-lamel sebagai terminal kumparan-kumparan jangkar. seperti terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Rotor motor DC

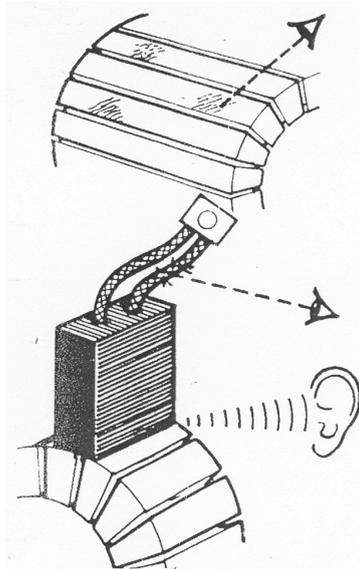
Adapun gangguan kelistrikan yang mungkin dihadapi rotor motor DC adalah :

Kumparan jangkar

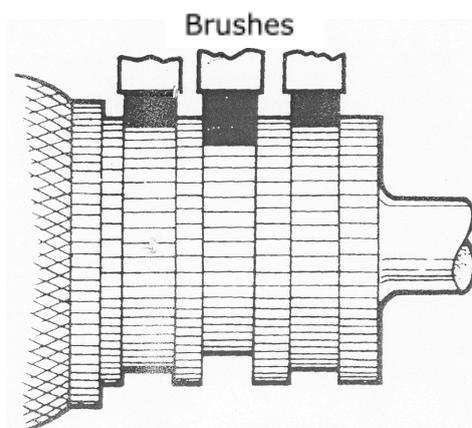
- Kumparan jangkar hubung singkat akan menimbulkan percikan api diantara dua segmen kumparannya.
- Kumparan jangkar terbuka akan menimbulkan percikan api diantara dua segmen, sebelum segmen kumparan yang terbuka.
- Tahanan isolasi kumparan menurun.
- Hubung singkat kumparan dengan bodi.
- Sambungan ujung-ujung kumparan pada komutator longgar lalu terlepas.

Kommutator

- Terjadi pengotoran dipermukaan kommutator oleh serbuk sikat arang sehingga menimbulkan percikan api, karena terjadi hubung singkat antar lamel oleh serbuk tersebut. Seperti terlihat pada gambar 3.7
- Permukaan komutator tidak merata akibat terlampau sering menerima percikan api. Biasanya terjadi karena motor menerima beban lebih, pengaruh sikat atau posisi mekanik rotor tidak tepat.



Gambar 3.7 Pengotoran permukaan komutator

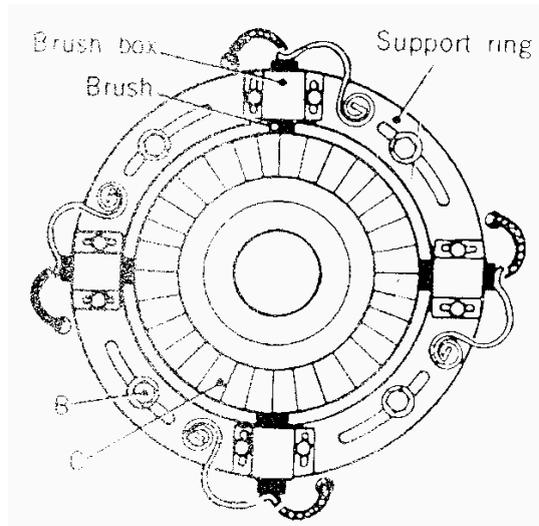


Gambar 3.8 Pengikisan permukaan komutator

- Permukaan kommutator terkikis karena waktu atau pemilihan sikat pasangannya tidak tepat karena terlampau keras. Proses ini akan menyebabkan muka penyekan lamel kommutator. Pengikisan kommutator dapat dilihat pada gambar 3.8

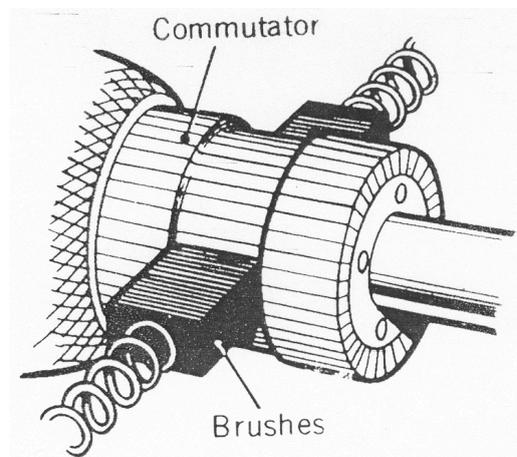
Sikat / brushes

Hampir semua motor-motor listrik mempunyai sikat (borstel), seperti motor DC, motor universal, motor slip ring (rotor lilit) dan motor sinkron seperti telah di utarakan pada topik sebelumnya kecuali motor induksi rotor sangkar. Karena sikat berfungsi sebagai penghantar antara bagian yang diam dengan bagian yang bergerak seperti terlihat pada gambar 3.9, maka pada motor-motor tersebut di atas, yang paling sering timbul gangguan adalah pada sikatnya.



Gambar 3.9 Posisi sikat pada rotor

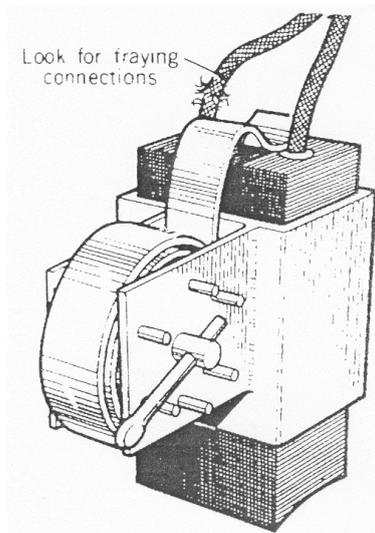
Kinerja sikat pada suatu motor sangat terkait dengan komutator seperti telah dijelaskan di atas, dimana kondisi sikat tidak baik secara langsung akan mempengaruhi kondisi komutator, demikian sebaliknya.



Gambar 3.10 Posisi sikat terhadap komutator

Adapun gangguan yang dihadapi motor karena sikatnya tidak berfungsi dengan baik adalah :

- Kabel penghubung sikat tidak terikat kencang (longgar) pada terminalnya, sehingga mengalirnya arus terganggu
- Permukaan sikat tidak sama bentuk lengkungnya dengan lengkung permukaan komutator, sehingga ada permukaan kosong antara sikat dan komutator, akibatnya timbul percikan bunga api pada permukaannya. Posisi sikat terhadap komutator yang ideal seperti terlihat pada gambar 3.7 dan 3.10.



Gambar 3.11 Pegas penekan sikat

- Pegas penekan sikat seperti ditunjukkan pada gambar 3.11 tekanannya melemah, tidak cukup kuat menekan sikat pada permukaan komutator, sehingga akan timbul percikan bunga api pada permukaan sikat.

Selain gangguan terhadap sikat tersebut di atas, gangguan sikat juga dapat dipengaruhi oleh gangguan mekanik, seperti dudukan rotor tidak tepat, akibat getaran rotor dan lain sebagainya.

3. Analisa Gangguan Starting dan Sumber Tegangan Motor

Tidak kalah pentingnya, motor tidak dapat beroperasi karena ada gangguan pada peralatan startingnya dan ada sumber tegangan yang menggerakkan motor.

3.1. Gangguan Starting

Motor-motor ukuran kecil seperti mesin power tool dapat dioperasikan langsung ke sumber tegangan (DOL) tidak memerlukan peralatan starting. Untuk motor ukuran

besar atau karena sifat bebannya, membutuhkan peralatan starting untuk mengoperasikannya.

Dalam menjalankan motor sangat bergantung kepada karakteristik dan sifat bebannya.

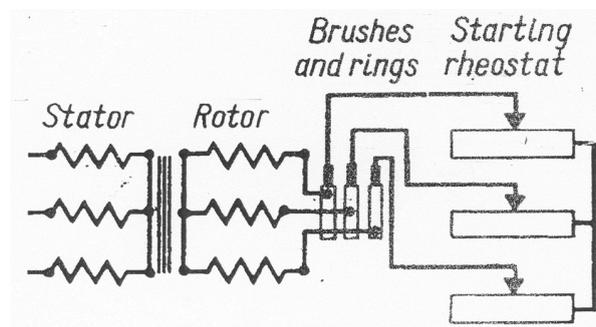
Maka sangat banyak variasi jenis peralatan starting motor, antara lain:

- Peralatan starting Y / Δ .
- Peralatan starting primary resistance
- Peralatan starting scndary resistance, dan lain sebagainya.

Dalam menganalisa gangguan peralatan starting suatu motor, sangat bergantung kepada sistem rangkaian kontrolnya, dimana digunakan motor tersebut.

Jadi untuk menganalisanya diperlukan gambar rangkaian kontrol starting dan manual book (buku petunjuk) motor.

Secara sederhana berikut ini akan dianalisa gangguan starting secondary resistance motor lilit seperti terlihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Secondary resistance starter

Gangguan starting yang mungkin terjadi pada motor seperti terlihat pada gambar 2.12 adalah :

- Sambungan kabel penghubung pada terminal rotor dan pada terminal rheostat tidak terikat dengan baik atau terlepas.
- Kontak point step pada rheostat tidak kontak dengan baik atau bila asutan rheostat dengan sikat mungkin tidak terhubung dengan baik.
- Titik bintang rheostat tidak tersambung dengan baik atau terlepas.
- Salah satu tahanan rheostat putus atau terbakar.
- Sistem kontrol rheostat tidak bekerja (apabila sistem dikontrol otomatis)

3.1. Gangguan Sumber Tegangan Motor

Sering terjadi motor listrik terganggu kerjanya akibat penyuplaian tegangan dari sumbernya terganggu, seperti :

- Drop tetangan sumber terlalu besar, dimana tegangan drop maksimum yang diperbolehkan secara umum adalah 10 % (tergantung kepada spesifikasi motor dari pabrik pembuat dan keinginan sistem jaringan dimana motor terpasang).
- Untuk sumber tiga fasa, salah satu fasanya terganggu.
- Ada pengkabelan pada sumber tegangan tidak tersambung dengan baik.
- Peralatan seperti saklar, MCB dan alat proteksi pada sumber tegangan, kontak pointnya tidak sempurna.

Untuk memastikan bahwa sumber tegangan siap menyuplai tegangan kepada motor, lakukan pengukuran tegangan seperti pada gambar 3.13. Pastikan pada saat pengukuran, penyetelan alat ukur telah tepat dan faktor keselamatan kerja, karena anda bekerja di daerah bertegangan.



Gambar 3.13 Mengukur sumber tegangan

Apabila tegangan diukur sesuai dengan ketentuan, tetapi saat motor diberi tegangan, terjadi drop tegangan yang besar, berarti ada sambungan yang longgar.

Evaluasi

1. Apa sajakah penyebab gangguan yang terjadi pada kumparan stator motor

2. Sebutkan gangguan yang mungkin ter;adi pada terminal motor

3. Jelaskan 4 penyebab gangguan terhadap kumparan rotor lilit

4. Jelaskan penyebab gangguan terhadap kommutator motor DC

5. Jelaskan penyebab gangguan terhadap sikat arang

6. Apa akibatnya terhadap komutator apabila sikat arang yang dipasang terlampau keras atau terlampau lunak

7. Hal-hal apa yang menyebabkan kumparan jangkar motor DC mengalami gangguan

8. Saat diukur tegangan sumber seperti pada gambar 2.13 bahwa voltmeter menunjukkan tegangan cukup tersedia, tetapi setelah dihubungkan ke motor ternyata motor tidak mau beroperasi, jelaskan penyebabnya gangguan tersebut.

9. Jelaskan penyebab terjadi bunga api pada permukaan sikat arang

10. Apa yang mungkin terjadi apa bila pada starter motor slip ring, titik bintang starting rheostatnya tidak tersambung kokoh .

Topik 4

Analisa Gangguan Mekanik Motor

Informasi

Pada topik ini anda akan belajar tentang analisa gangguan mekanik motor yang mencakup aspek-aspek, bantalan, kopling, sistem pendingin dan dudukan motor. Pengetahuan ini akan membantu anda dalam pembahasan topik berikutnya dan anda akan kompeten dalam menganalisa gangguan yang terjadi terhadap motor listrik.

Tujuan

Setelah mempelajari topik ini diharapkan anda mampu :

1. Menganalisa gangguan terhadap bantalan motor.
2. Menganalisa gangguan terhadap kopling motor. .
3. Menganalisa gangguan terhadap pendingin motor.
4. Menganalisa gangguan terhadap dudukan motor.

Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari unit ini anda sudah harus memiliki kemampuan tentang :

1. Kerja bangku listrik
2. Penggunaan alat ukur mekanik
3. Karakteristik motor listrik

Materi Pelajaran

Analisa Gangguan Mekanik Motor

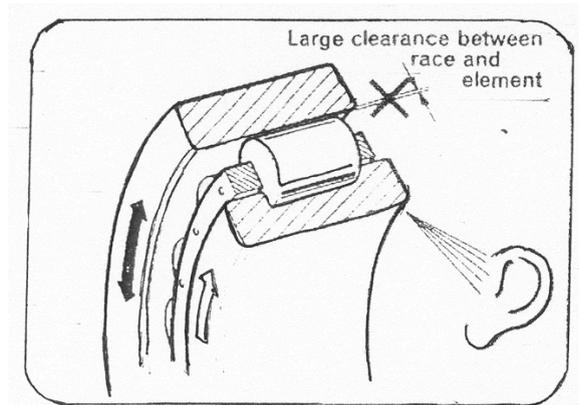
Selain masalah kelistrikan, gangguan yang dihadapi motor listrik adalah gangguan terhadap bagian-bagian mekaniknya. Gangguan mekanik tersebut dapat berupa gangguan terhadap bagian-bagian motor, seperti pada kopling, pendingin, end plate (tutup motor), poros rotor dan pada bantalan motor.

Mekanik motor tidak berfungsi dengan baik akibat gangguan, secara verbal dapat dideteksi melalui indra kita, seperti motor mengeluarkan suara tidak normal (pendengaran), mengeluarkan aroma bau tidak seperti biasanya (penciuman), temperatur motor meningkat (sentuhan). Gangguan mekanik terhadap motor apabila berlangsung lama akan dapat merambat ke kelistrikan motor. Berikut ini akan diuraikan gangguan motor akibat bagian-bagian mekaniknya tidak berfungsi sempurna atau mengalami kerusakan.

1 . Analisa Gangguan Bantalan

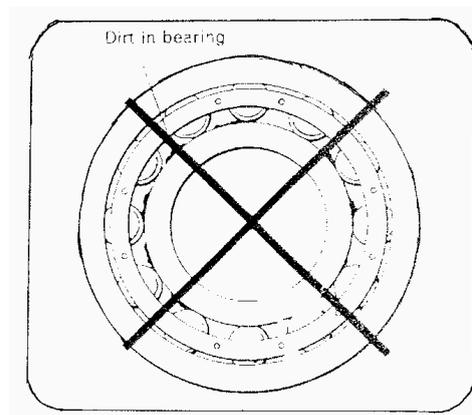
Bantalan seperti pada gambar 1.4 di atas berfungsi sebagai peluncur gerak putar poros, mengurangi gesekan dan penstabil posisi rotor terhadap gaya horizontal dan vertikal, dapat mengalami gangguan berupa :

- Pelumasan terhadap bantalan tidak tepat, karena kekentalan pelumasnya tidak tepat, pelumasan kurang, pelumasan tercemar. Akibatnya gesekan meningkat, getaran meningkat, temperatur meningkat, yang berakibat beban motor bertambah.
- Diameter peluru (ball atau roller) bantalan menjadi kecil karena gesekan seiring proses waktu, akan mengakibatkan gesekan, temperatur dan getaran motor bertambah, lihat gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diameter peluru mengecil

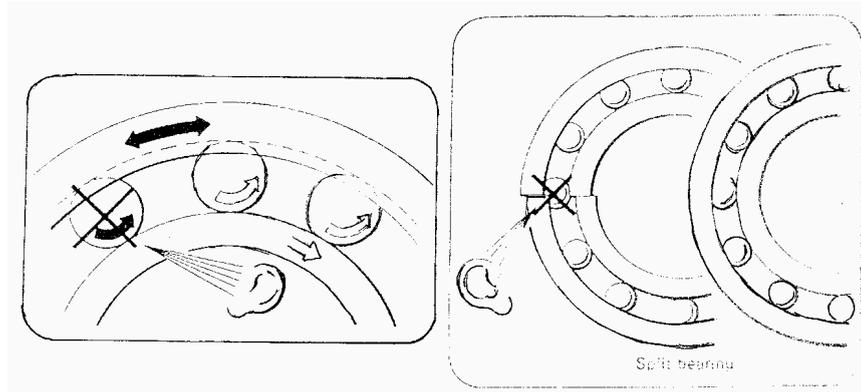
Apabila proses ini berlangsung lama seperti pada gambar 4.1 dapat mengakibatkan peluru bantalan lepas dari rumahnya, dan pada kondisi ini motor tidak dapat berputar sama sekali. Karena tidak dilindungi dengan baik, bantalan tercemar kotoran sehingga menghambat putaran motor seperti terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Bantalan/bearing kotor

Kejadian seperti pada gambar 4.2 dimana kondisi motor tidak boleh dioperasikan sama sekali, karena akan berakibat fatal terhadap motor.

Bantalan tidak berfungsi lagi karena peluru (ball atau roller) macet tidak mau berputar dan kemungkinan rivet peluru bantalan tidak berfungsi, seperti terlihat Pada gambar 4.3. Kalau sudah pada kondisi demikian motor tidak boleh dioperasikan, dan bantalannya harus diganti.



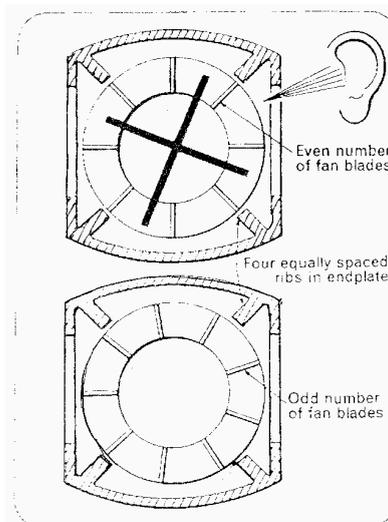
Gambar 4.3 Bearing yang harus diganti

2. Gangguan pada Bagian Pendingin

Seperti telah dijelaskan pada topik 1 di atas bahwa pendingin berfungsi untuk melepaskan energi panas yang timbul pada motor ke udara bebas. Apabila system pendingin tidak berfungsi dengan baik, maka kinerja operasi motor akan terganggu. Adapun gangguan yang dialami motor akibat sistem pendinginnya tidak berfungsi dengan baik adalah :

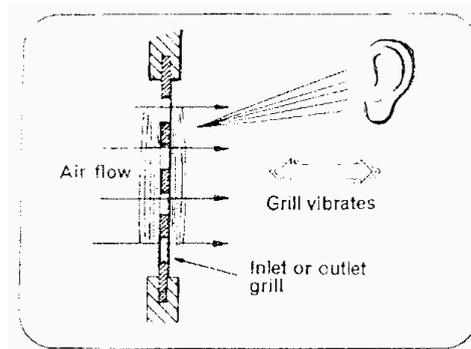
- Kipas pendingin berputar slip terhadap poros karena baut pengikat posisi kipas tidak terikat kencang. Maka terjadi gesekan antara kipas dengan poros yang menimbulkan panas dan udara yang diekspansikan ke sirip pendingin berkurang.
- Kipas- bersentuhan dengan tutupnya, maka saat berputar, terjadi gesekan antara kipas dengan tutupnya, yang mengakibatkan kipas terkikis dan menimbulkan panas. Hal ini terjadi karena baut pengikat tutup longgar atau posisi tutup tidak tepat pada tempatnya.

Pada gambar 4.4 dapat dilihat kipas pendingin yang mengalami gangguan

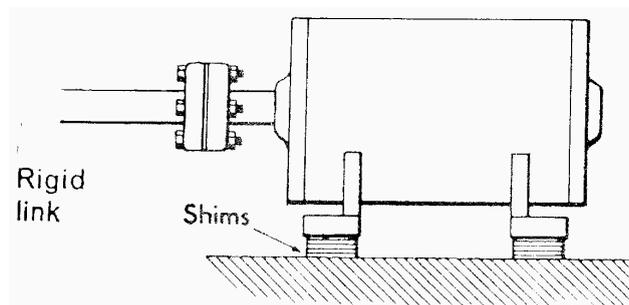


Gambar 4.4 Gangguan pada kipas pendingin

Sirip pendingin tercemar kotoran, maka udara yang diekspansikan ke luar badan motor terhambat. Untuk motor kapasitas besar, sistem pendinginnya tidak cukup dengan kipas sendiri, maka harus dibantu oleh peralatan pendingin, contohnya seperti motor pada gambar 1.1, dimana sistem pendinginnya digerakkan dengan motor terpisah. Gangguan sistem pendinginnya lebih kompleks, seperti motor penggerakannya tidak berfungsi atau saluran sirkulasi fluida atau sirkulasi udara seperti pada gambar 3.5 terhalang atau tersumbat.



Gambar 4.5 Saluran udara pendingin



Gambar 4.6 Motor terkopel langsung pada beban

3. Kopling

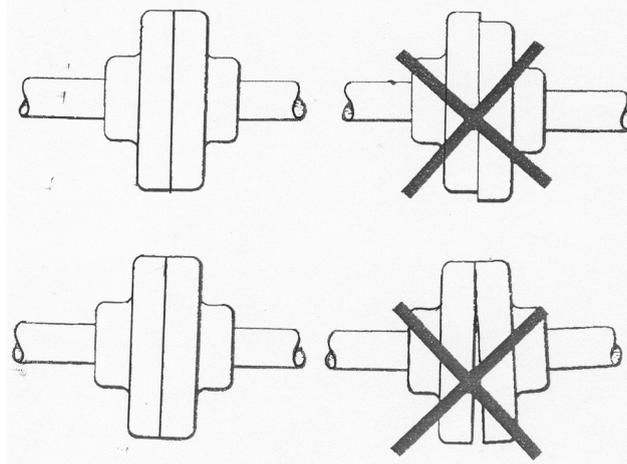
Motor yang berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi energi mekanik, dalam keadaan terpasang, motor selalu terkopel dengan bebannya, dapat dibagi dalam bentuk:

- Terkopel melalui transmisi belt/rantai
- Terkopel melalui transmisi roda gigi
- Terkopel langsung

Dalam bahasan ini yang dibicarakan adalah yang terkopel langsung, dimana sumbu poros motor satu garis dengan sumbu poros beban, seperti terlihat pada gambar 4.6. Pasangan kopling dari gambar 3.6 harus terpasang tegak lurus terhadap poros motor maupun terhadap poros beban, dan titik pusat (centre) pasangan kopling harus berada dalam satu garis dengan sumbu poros motor dan beban. Apabila hal tersebut

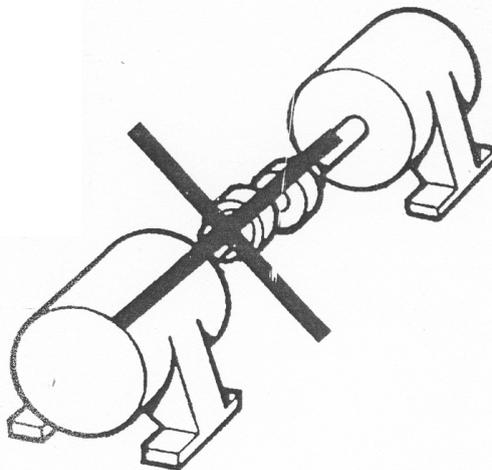
tidak terpenuhi akan mengganggu gerak putar poros, gangguan yang terjadi pada kopling motor antara lain:

- Posisi pemasangan kopling tidak tepat satu sama lainnya secara vertikal, seperti terlihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Posisi kopling tidak tepat secara vertical

- Posisi pemasangan kopling tidak tepat satu sama lainnya secara horizontal, seperti terlihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Posisi kopling tidak tepat secara horizontal

Disamping kondisi tersebut di atas, posisi kopling dapat bergeser karena :

- Baut pengikat pondasi motor atau beban longgar, sehingga posisinya berubah, akibatnya posisi koplingpun turut berubah.
- .Baut pengikat pasangan kopling tidak terikat kencang sehingga menimbulkan getaran pada pasangan kopling.

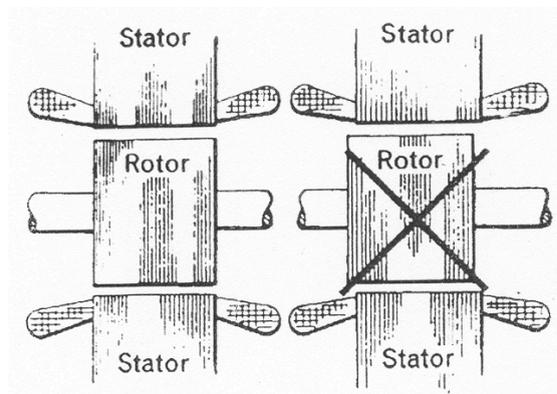
Akibat posisi kopleng tidak tepat akan memberi pengaruh kepada peningkatan beban motor karena gesekan meningkat dan memberi efek bantalan cepat rusak.

4. Analisa Gangguan Kedudukan Motor

Dalam kondisi normal, kondisi dan posisi bagian-bagian motor berada dalam keadaan baik dan tepat pada posisinya masing-masing. Apabila bagian-bagian motor tidak tepat posisi, mungkin karena terjadi pergeseran posisi atau tidak tepat posisi saat proses bongkar pasang, operasi motor akan terganggu.

Adapun gangguan posisi kedudukan motor tidak tepat adalah :

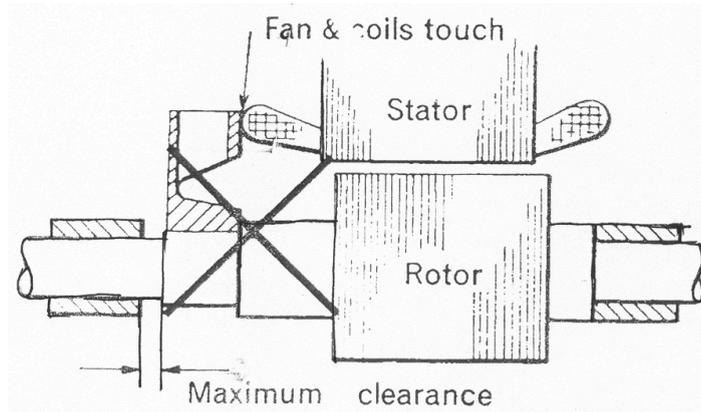
- Dudukan rotor tidak tepat berada pada titik pusat magnetnya, seperti terlihat pada gambar 4.9. Dapat mengakibatkan gesekan poros dengan bantalan naik dan kinerja interaksi kumparan stator dan rotor berkurang



Gambar 4.9 Posisi rotor tidak tepat pada pusat magnet

- Apabila rotor bergeser lebih jauh lagi dari posisi seperti pada gambar 4.9, akan terjadi seperti yang terlihat pada gambar 3.10.

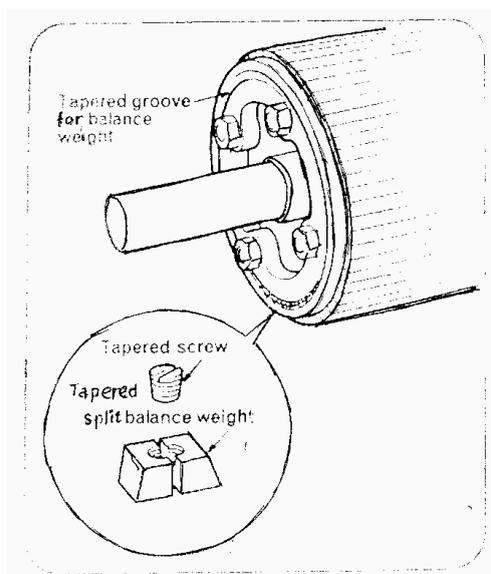
Fan & coils touch



Gambar 4.10 Posisi rotor menyentuh sisi kumparan stator

Dimana pada gambar 4.10, sisi kumparan stator telah disentuh oleh bagian mekanik rotor. Dalam kondisi demikian motor tidak boleh berputar sama sekali, karena akan merusak kumparan statornya.

- Rotor tidak seimbang (unbalance), karena weight balance (penyeimbang bobot) rotor seperti terlihat pada gambar 4.11 tidak tepat atau terlepas. Akibatnya saat motor berputar akan mengeluarkan getaran yang berlebihan. Hal ini dapat mempercepat kerusakan bantalan dan untuk motor DC dan universal akan terjadi percikan api pada komutator atau sikatnya.



Gambar 4.11 Penyeimbang bobot rotor

Posisi dudukan gandar motor pada pondasinya yang tidak tepat, atau ikatan baut pondasinya yang longgar atau kurang kencang, akan mengakibatkan saat motor beroperasi akan bergetar dan motor dapat bergeser posisinya dari seharusnya. Peristiwa ini akan membawa pengaruh kepada sistem pengkopelan motor terhadap beban.

Evaluasi

1. Jelaskan gangguan yang terjadi pada bantalan motor.

2. Jelaskan akibat yang terjadi bila peluru bantalan motor bertambah kecil.

3. Jelaskan gangguan yang terjadi pada sistem pendingin motor.

4. Jelaskan akibat dari gangguan kipas pendingin yang slip terhadap poros motor.



5. Sebutkan macam kopel motor temadap bebannya

6. Apa yang akan terjadi apabila mengoperasikan motor pada kondisi dimana posisi rotor/kipas menyentuh sisi kumparan stator ?

7. Apa yang akan terjadi bila kita meneruskan mengoperasikan motor dimana kondisi bearing tidak lancar/macet?

8. Apa akibatnya bila rotor tidak seimbang (unbalance) saat motor beroperasi dan apa efeknya terhadap kilistrikan motor DC/universal.

Topik 5

Pengujian Motor

Informasi

Pada topik 5 ini anda akan belajar tentang pengujian motor yang mencakup aspek aspek, pengujian mekanik dan pengujian kelistrikan motor. Pengetahuan ini akan membantu anda dalam pengujian motor listrik dan anda akan kompeten dalam pengujian motor listrik sesuai dengan Standar pengujian.

Tujuan

Setelah mempelajari topik ini diharapkan anda mampu :

1. Melakukan pengujian tahanan kumparan, isolasi dan pembumian motor.
2. Melakukan pengujian kuat arus motor.
3. Melakukan pengujian putaran motor.
4. Melakukan pengujian kelaikan mekanik motor.

Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari unit ini anda sudah harus memiliki kemampuan tentang :

1. Kerja bangku listrik
2. Penggunaan alat ukur listrik dan mekanik
3. Karakteristik motor listrik

Materi Pelajaran

Pengujian (Testing) Motor

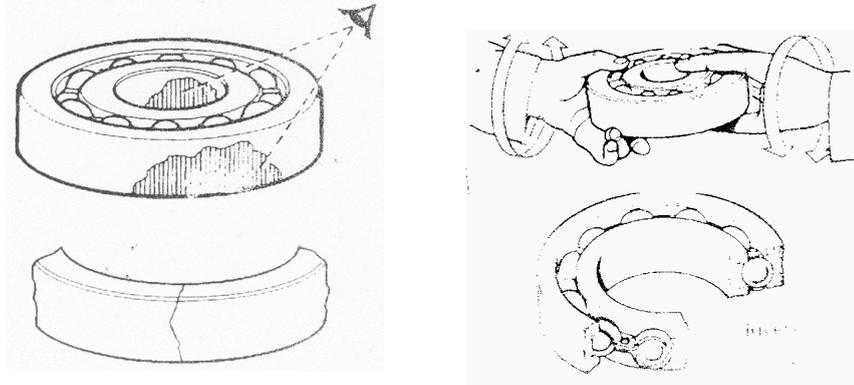
Pengujian motor sangat penting untuk menentukan apakah semua bagian-bagian motor berfungsi sempurna, baik secara mekanik, maupun secara listrik. Pengujian terhadap motor harus dilakukan secara terprogram yang kontinu, terutama saat bongkar pasang motor dilaksanakan.

1. Pengujian Mekanik Motor

Pengujian mekanik terhadap motor meliputi pengujian terhadap bagian-bagiannya, sehingga dapat dipastikan motor laik dioperasikan secara mekanik, seperti pengujian terhadap bantalan, sistem pendingin, kopling, dudukan dan putaran motor.

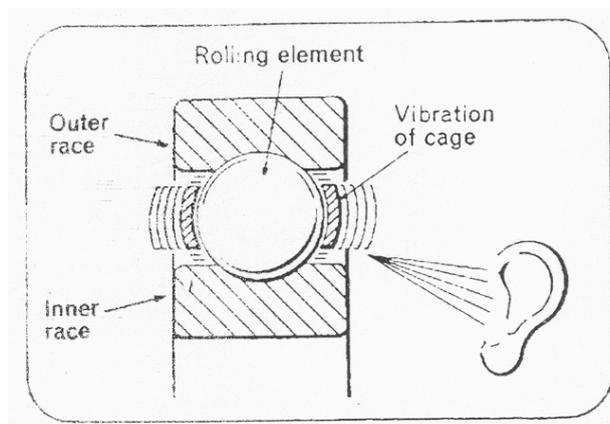
a. Pengujian Bantalan

Bantalan motor harus terpasang dalam keadaan terstandar mengingat fungsinya sangat penting seperti telah dijelaskan pada topik sebelumnya. Terutama saat pemasangan kembali, periksa kondisinya, apabila seperti pada gambar 4.2, bersihkan bantalan dari kotoran yang melekat padanya. Tetapi apabila kondisi bantalan telah seperti pada gambar 4.1 dan 4.3, maka bantalan harus diganti dengan yang baru. Terutama apabila kondisi bantalan seperti pada gambar 5.1, sama sekali harus diganti



Gambar 5.1 Bantalan/bearing yang telah rusak

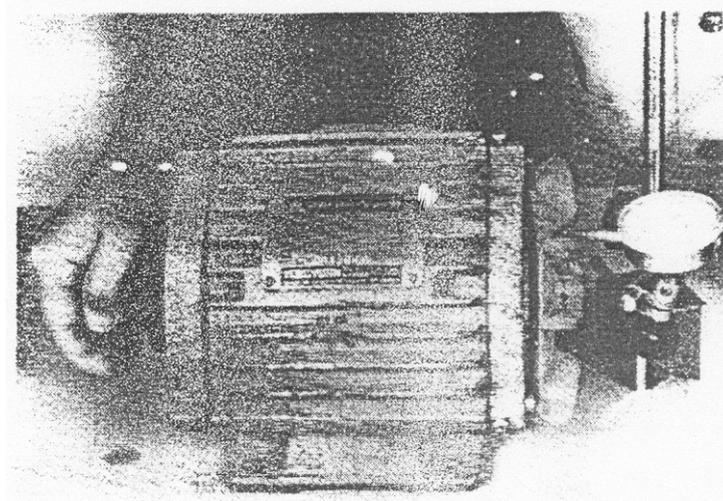
Hal terpenting lainnya adalah pastikan bahwa bantalan diberi pelumas dengan kekentalan dan volume yang tepat, dimana bantalan yang masih baik dapat diketahui melalui pengamatan / penglihatan seperti pada gambar 5.1 dan saat beroperasi akan mengeluarkan suara yang normal seperti terlihat pada gambar 5.2.



Gambar 5.2 Menguji bearing dengan pendengaran

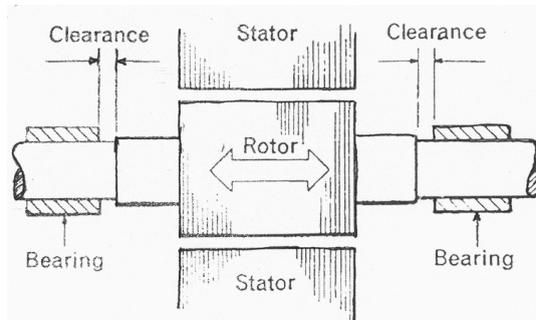
b. Pengujian Sistem Pendingin

Pendingin motor sebagai pelepas energi panas motor ke udara bebas, harus berfungsi. Pastikan bahwa baut pengikat kipas terikat kencang pada porosnya dan untuk memastikan bahwa kipas tegak lurus terhadap poros motor lakukan pengukuran dengan dial indikator seperti pada gambar 5.3.

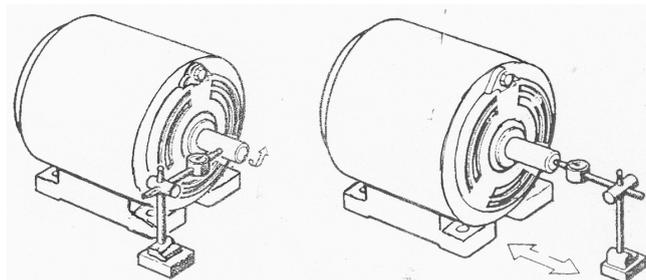


Gambar 5.3 Menguji posisi kipas pendingin

Kemudian uji posisi tutup kipas, pastikan tidak disentuh kipas saat berputar dan bautnya terikat kencang. Dimana saat beroperasi kipas bersama tutupnya akan mengembang udara bertekanan ke sirip-sirip pendingin pada badan motor, maka pastikan bahwa dia terhindar dari kotoran dan benda lainnya yang menghalangi hembusan udara pendingin.



Gambar 5.4 Posisi rotor yang tepat di dalam stator



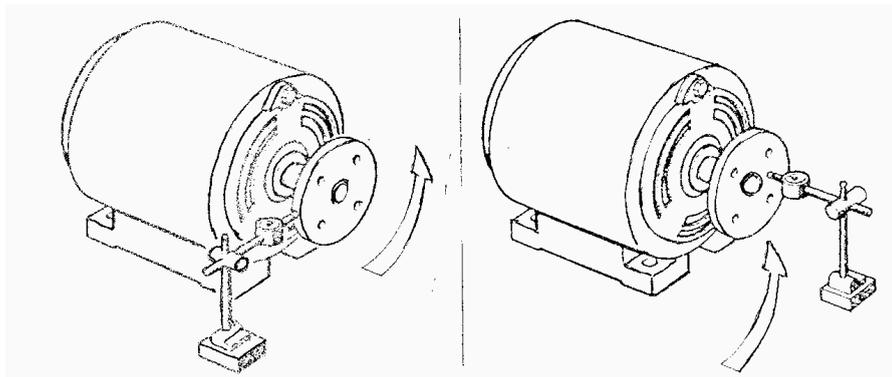
Gambar 5.5 Menguji posisi poros/rotor

c. Pengujian Dudukan Poros/Rotor

Posisi rotor/poros didalam stator yang tepat secara mekanik dan listrik seperti terlihat pada gambar 5.4. dan bandingkan dengan posisi rotor pada gambar 4.10 yang harus dihindari. Untuk memastikan posisi rotor tepat pada dudukannya seperti pada gambar 5.4, lakukan pengukuran seperti pada gambar 4.5. Apabila posisi rotor telah tepat, poros akan berputar ringan.

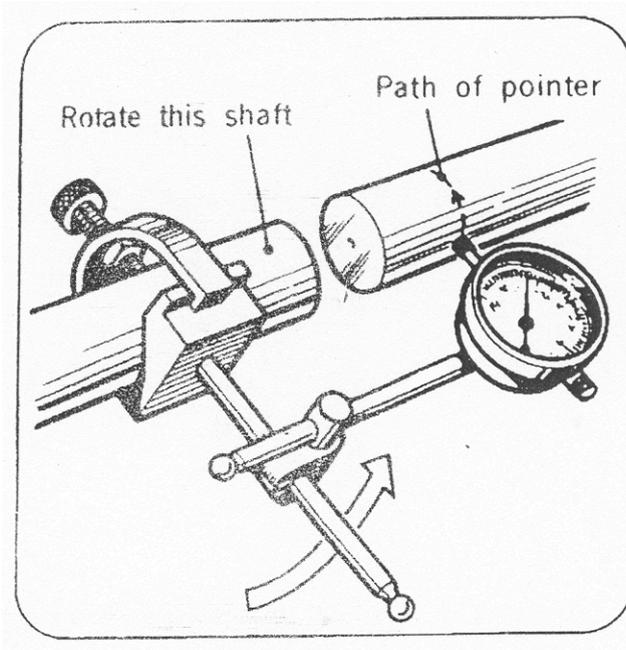
d. Menguji posisi kopling dan Transmisi

Kopling harus duduk tegak lurus pada poros. Untuk memastikan kopling tepat pada posisinya, lakukan pengujian seperti pada gambar 5.6



Gambar 5.6 Menguji posisi kopling

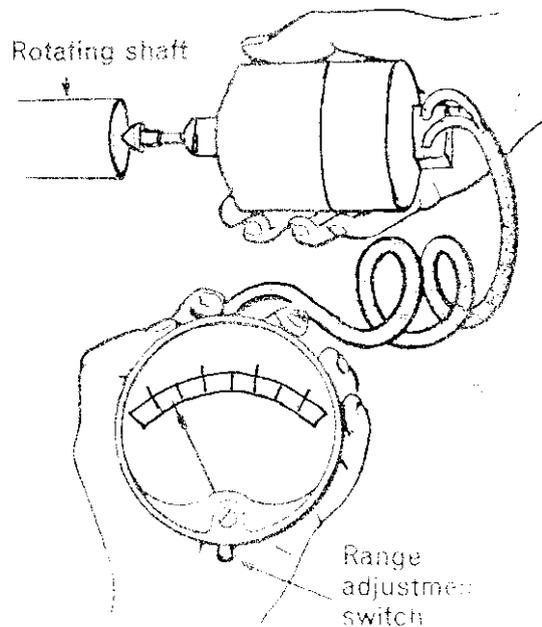
Untuk memastikan motor tepat posisi terhadap bebannya, baik secara vertical maupun secara horizontal, dimana sumbu poros motor harus dalam satu garis dengan sumbu poros beban, lakukan pengukuran seperti pada gambar 5.7, untuk menghindari posisi transmisi poros seperti pada gambar 4.7 dan 4.8.



Gambar 5.7 Menguji posisi poros terhadap beban

e. Pengujian Putaran Motor

Motor beroperasi normal, lakukan pengukuran seperti pada gambar 5.8. Jumlah putaran yang ditunjukkan tachometer harus sama dengan putaran nominal motor yang tertera pada pelat nama motor.

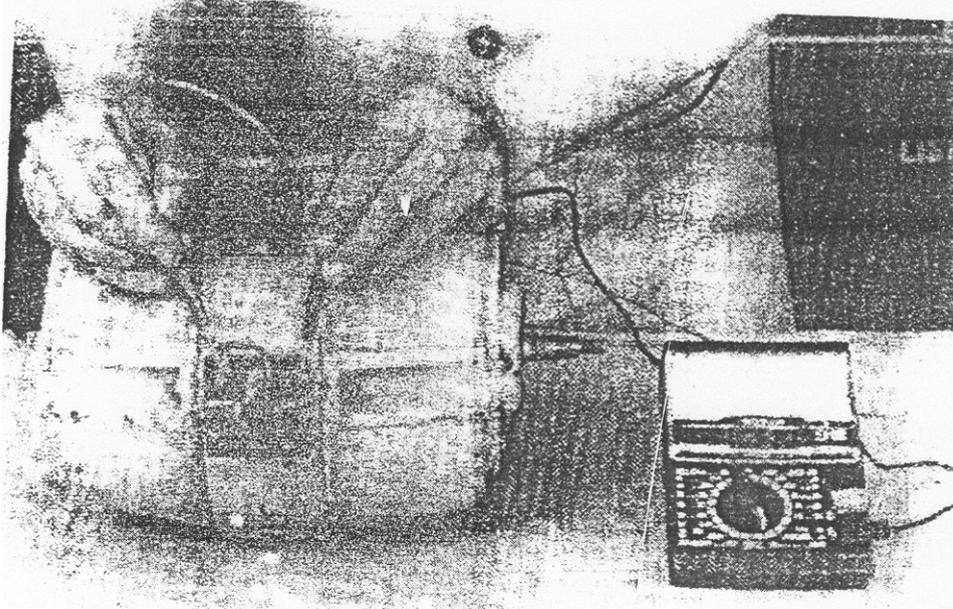


Gambar 5.8 Menguji putaran motor

2. Pengujian Kelistrikan Motor

a. Pengujian Tahanan Kumparan Jangkar

Pengujian tahanan kumparan jangkar (stator) dengan Ohmmeter seperti terlihat pada gambar 5.9.



Gambar 5.9 Mengukur tahanan kumparan jangkar

Bagian yang diukur pada gambar 5.9 adalah tahanan kumparan jangkar dan dicatat pada tabel 1

Tabel 1.

No.	Fasa		Tahanan
1	I	U1 – U2	-----
2	II	V1 – V2	-----
3	III	W1 – W2	-----
4	Fasa	Ground/bodi	-----

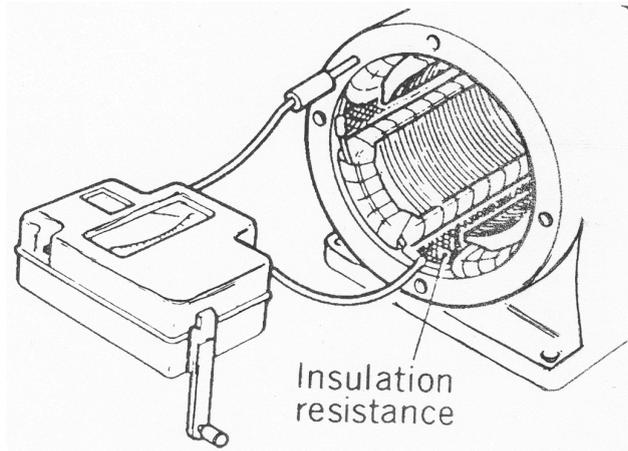
Nilai tahanan masing-masing fasa sama besar berarti baik dari segi pengukuran tahanan, demikian juga nilai tahanan antara fasa dengan bodi, ohmmeter menunjukkan tak terhingga.

Tetapi bila nilai tahanan kumparan fasa tidak sama besar berarti kondisi kumparan tidak baik (tidak seimbang). Hal ini kemungkinan jumlah lilit masing-masing kumparan tidak sama. Atau salah satu kumparan fasa pernah mengalami temperatur

berlebih, sehingga struktur logamnya berubah, akibatnya tahanan jenisnya pun berubah.

b. Pengujian Tahanan Isolasi Kumputan Jangkar

Pengujian tahanan isolasi dengan Megger seperti terlihat pada gambar 5.10 di bawah :



Gambar 5.10 Menguji tahanan isolasi

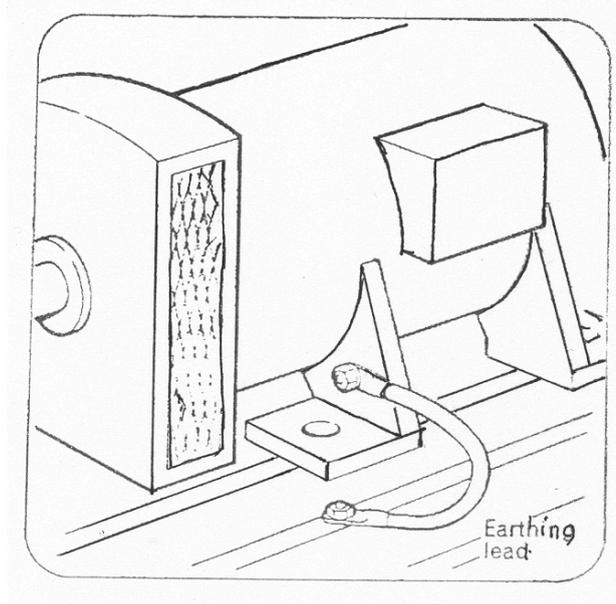
Bagian yang diukur pada gambar 4.10 adalah tahanan isolasi antara kumputan fasa dengan kumputan fasa. Dan antara kumputan fasa dengan tanah (bodi), hasil pengukuran oleh Megaohm meter di catat pada tabel II

Tabel II

No.	Titik pengujian	Tahanan isolasi (MΩ)
1	Fasa 1 – fasa 2 (U – V)	-----
2	Fasa 1 – fasa 3 (U – W)	-----
3	Fasa 2 – fasa 3 (V – W)	-----
4	Fasa 1 – ground/bodi	-----
5	Fasa 1 – ground/bodi	-----
6	Fasa 1 – ground/bodi	-----

Nilai tahan isolasi hasil penjelasan dari table II, bila nilainya diatas 1000 Ω/V x tegangan kerja motor (menurut PUIL), berarti tahanan isolasi motor baik. Tetapi apabila nilainya di bawah ketentuan, berarti tahanan isolasi motor jelek tidak memenuhi syarat. Dan apabila megger menunjuk angka 0 MΩ dari pengukuran

gambar 5.10 di atas, berarti ada bagian kumparan yang hubung singkat. Kemudian periksa kabel pbumian motor, terutama kekencangan ikatan sambungan kabel seperti terlihat pada gambar 5.11. Pbumian yang baik dimana tahanannya maksimum 0,8 Ω .

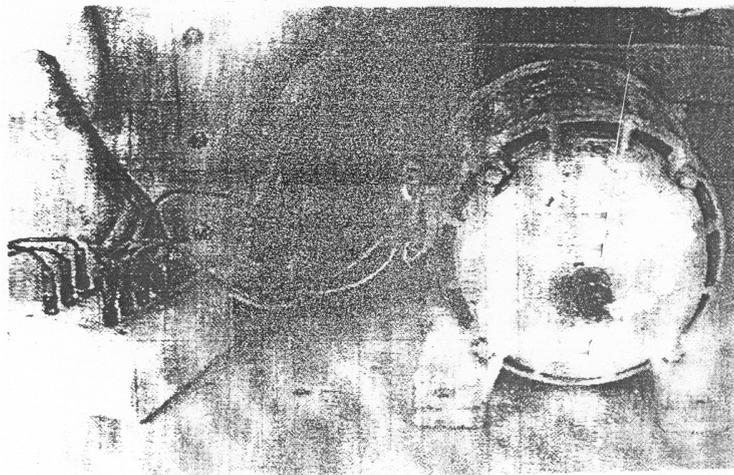


Gambar 5.11 Kabel pbumian motor

c. Pengujian Kuat Arus Motor

Dalam pengujian ini motor dihubungkan ke sumber tegangan. Oleh sebab itu untuk menghindari hal yang tidak diinginkan, yaitu kesalahan operasi motor, maka terlebih dahulu periksa tegangan kerja, sistem hubungan terminal motor dan ketersediaan tegangan sumber. Maka ukur ketersediaan tegangan sumber seperti diperlihatkan pada gambar 3.13 di atas.

Selanjutnya hubungkan rangkaian motor ke sumber tegangan dan operasikan motor serta ukur kuat arusnya dengan ampere meter tang seperti diperlihatkan pada gambar 5.12 dan setelah motor berputar, cermati putaran motor melalui indra penglihatan dan pendengaran.



Gambar 5.12 Menguji kuat arus motor

Ukurlah kuat arus masing-masing fasa dan catat hasil pada tabel III.

Tabel III

No.	Objek Pengukuran	Hasil Pengukuran (A)
1	Line 1	- - - - -
2	Line 2	- - - - -
3	Line 3	- - - - -

Tanda motor beroperasi dengan baik, maka kuat arus jaringan (line) dari table III masing-masing menunjukkan nilai sama besar. Apabila ada perbedaan berarti, beban masing-masing fasa motor tidak sama, artinya motor beroperasi tidak normal. Setelah secara pengujian mekanik dan pengujian listrik seperti tersebut diatas selesai, pengujian akhir adalah operasikan motor dan amati dengan seksama seperti terlihat pada gambar 5.13 untuk mendeteksi getaran suara yang dikeluarkan motor



Gambar 5.13 Pengujian getaran motor

Dari hasil pengujian motor pada gambar 5.13 di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa apabila hasil pengujian telah memenuhi syarat maka motor tersebut dapat di instalasi kembali ke pesawat kerja untuk di operasikan.

Tetapi apabila hasil pengujian belum memenuhi syarat, maka motor tersebut harus diperiksa untuk menemukan gangguan yang dialami motor dan diperbaiki sehingga mencapai standar kerjanya.

Evaluasi

1. Apa akibatnya terhadap bantalan apabila pelumasan yang dikenakan padanya terlalu kental atau terlalu encer

2. Apa akibatnya terhadap motor apabila posisi rotor/poros tidak tepat .

3. Apabila nilai pengukuran pada tabel I tidak sama, apakah penyebabnya?

4. Berapa tahanan isolasi minimum yang syaratkan motor 3 fasa hubung Y 380V.

5. Apakah artinya bila pengukuran fasa 1 –terhadap pembumian = 0 MΩ ?

6. Dari pengukuran sumber tegangan tiga fasa diperoleh hasil : LI - N = 205 V, L2 - N = 220 V, L3 - N = 230 V. Apakah boleh motor 3 fasa disambungkan ke sumber tegangan tersebut ? Beri komentar anda !

7. Hasil pengukuran arus line motor, bahwa kuat arus line 1 = 4,65 A. Apabila motor tersebut dalam keadaan baik, berapa seharusnya kuat arus line 2 dan 3.



Topik 6

Perbaikan Motor Listrik

Informasi

Pada topik 6 ini anda akan belajar tentang perbaikan motor yang mencakup aspek aspek, memperbaiki kerusakan mekanik motor dan kerusakan kelistrikan motor seperti melilit ulang. Pengetahuan ini akan membantu anda dalam memiliki kompetensi dan kompeten dalam perbaikan motor listrik motor listrik sesuai dengan Standar pengujian.

Tujuan

Setelah mempelajari unit ini diharapkan anda mampu :

1. bongkar pasang motor listrik
2. Menggambarkan bentuk kumparan motor listrik.
3. Melilit ulang motor listrik
4. Melakukan pengujian kelaikan jalan motor.

Kemampuan Awal

Sebelum mempelajari unit ini anda sudah harus memiliki kemampuan tentang :

1. Kerja bangku listrik
2. Penggunaan alat ukur listrik dan mekanik
3. Karakteristik motor listiik

Materi Pelajaran

KUMPARAN STATOR MOTOR INDUKSI

I. Langkah kumparan .

Setiap kumparan selalu mempunyai dua sisi kumparan . Sisi kumparan inilah yang di letakkan didalam alur . Selanjutnya jarak sisi kumparan satu dengan sisi kumparan lainnya pada setiap kumparan disebut langkah kumparan atau lebar kumparan (Y_s). Untuk menentuaan langkah kumparan ini dapat dipakai rumus sebagai berikut :

$$Y_s \leq S/P \geq 180^\circ L$$

Y_s = Langkah kumparan

S = Jumlah alur

P = Jumlah kutub

Dari rumus diatas dapat dikatakan bahwa :

1. Langkah kumparan dapat dibuat $180^\circ L$ atau disebut langkah penuh (full pitch)
yaitu: $Y_s = S/P$

2. Adakalanya dapat pula dibuat dengan langkah kurang dari $180^\circ L$ atau fractional pitch

yaitu : $Y_s < S/P$

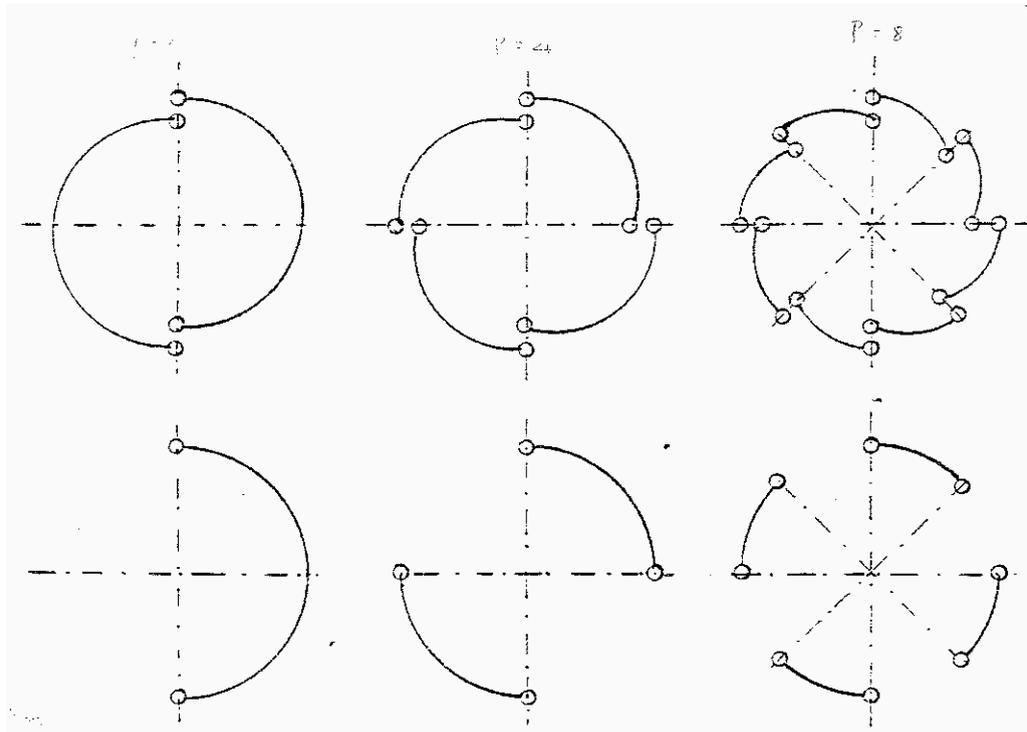
II. Model kumparan

Di lihat dari banyaknya, kumparan dibedakan :

1. Model kumparan penuh (disusun sebelah menyebelah).
2. Model kumparan 1/2 penuh (hanya sebelah).

Pada kumparan penuh jumlah kumparan group = jumlah kutub .

Pada kumparan 1/2 penuh dapat setengahnya dapat pula sama.



III. Polaritas kumparan

a. Model kumparan penuh.

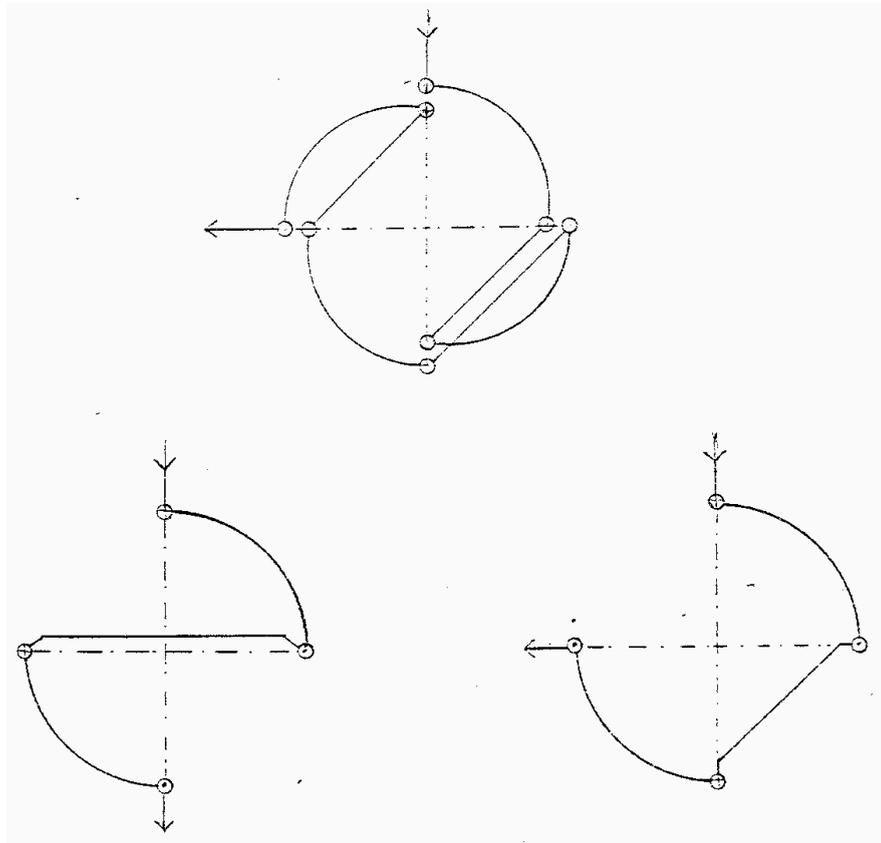
Cara penyambungan antar group: akhir dapat akhir.
awal rmendapat awal, dstnya.

b. Model kumparan 1/2 penuh.

Ada dua cara penyambungan yaitu :

1. akhir dapat akhir, awal rmendapat awal dst.
2. akhir mendapat awal, dst.

Dalam penyambungan ujung-ujung kumparan group ini , kita harus hati - hati karena apabila sambungan antar kumparan group ini terbalik , maka polaritas kumparan akan kacau. Hal ini tidak saja berpengaruh pada putarannya tetapi juga pada arus motor.



IV. Menentukan jumlah kumparan

Untuk model kumparan 1/2 penuh dimana jumlah sisi kumparan tiap - tiap alur sama dengan satu maka jumlah kumparan seluruhnya adalah setengah jumlah alur. Untuk model kumparan penuh jumlah sisi kumparan tiap alur bisa dibuat dua dapat pula satu. Untuk yang dua sisi kumparan tiap alur, maka jumlah kumparan seluruhnya sama dengan jumlah alur.

Untuk menentukan jumlah kumparan group dapat dipakai rumus :

Jumlah kumparan group = jumlah kutub x jumlah fasa x model
bila:

Ph = jumlah fasa.

P = jumlah kutub.

M = model kumparan.

1 untuk kumparan penuh dan

1/2 untuk kumparan 1/2 penuh.

g = jumlah kumparan group.

C = jumlah kumparan seluruhnya.

c/g = jumlah kumparan setiap group.

Maka dapat dituliskan :

$$g = Ph \times P \times M$$

Kumparan Motor Tiga Fasa

Motor 3 fasa hanya dapat dioperasikan dengan satu daya sistem 3 fasa " Seperti telah diketahui bahwa geseran fasa pada sistem 3 fasa adalah 120° L.

Motor 3 fasa mempunyai 3 belitan yang simetri dan masing - masing saling bergeseran letaknya sebesar 120° L.

Jadi untuk menempatkan kumparan fasa kedua pada alur stator maka harus digeserkan 120° L dari kumparan fasa pertama. Begitu pula untuk kumparan fasa ketiga harus digeser 120° L dari kumparan fasa kedua .

Setelah kita mendapatkan kumparan pada setiap fasanya maka untuk membedakan kumparan fasa satu dengan lainnya digunakan kode sebagai berikut :

Untuk kumparan fasa pertama : U1 – U2 atau U - X .

Untuk kumparan fasa kedua : V1 - V2 atau V - Y

Untuk kumparan fasa ketiga : W1 – W2 atau W - Z

Contoh :

Suatu motor induksi mempunyai data - data sebagai berikut :

Model kumparan : 1/2 penuh

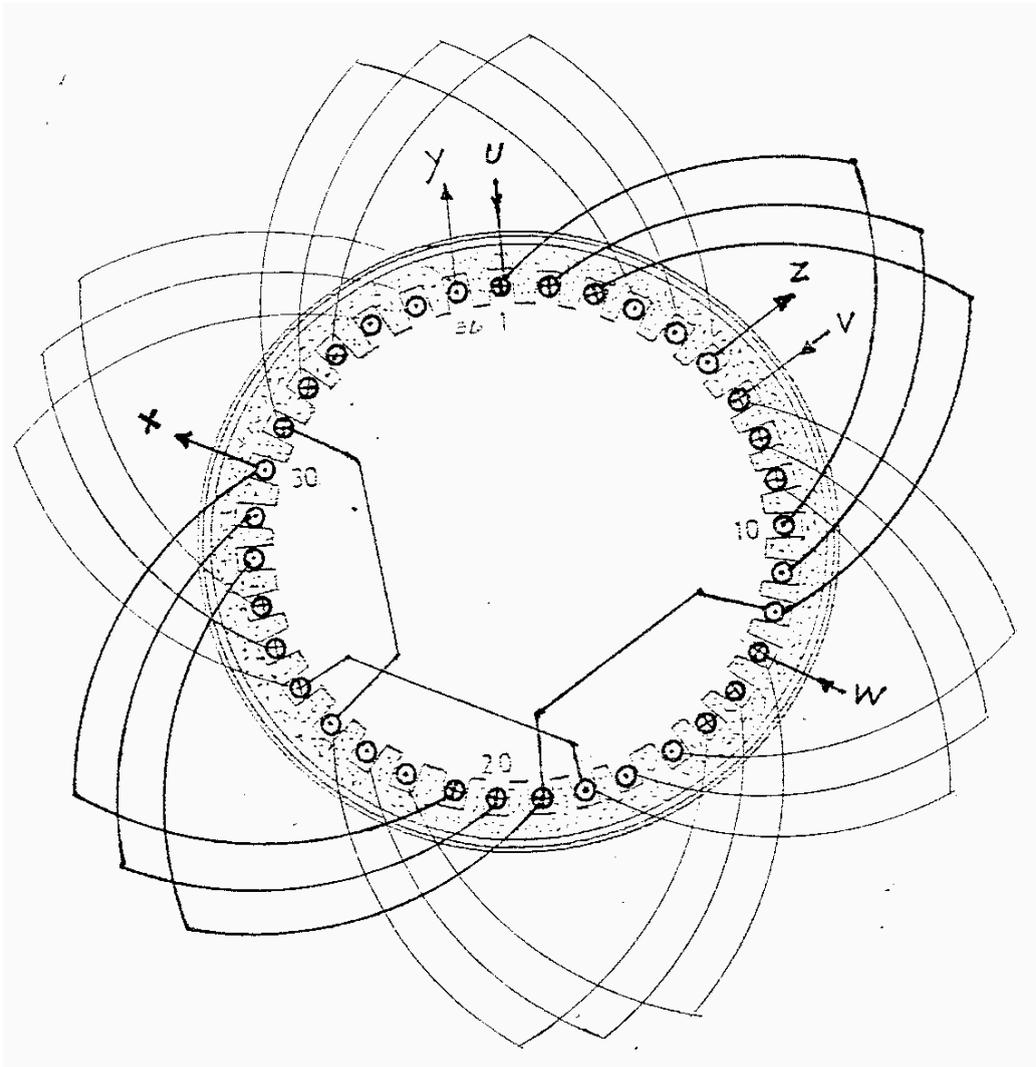
Jumlah kutub : 4

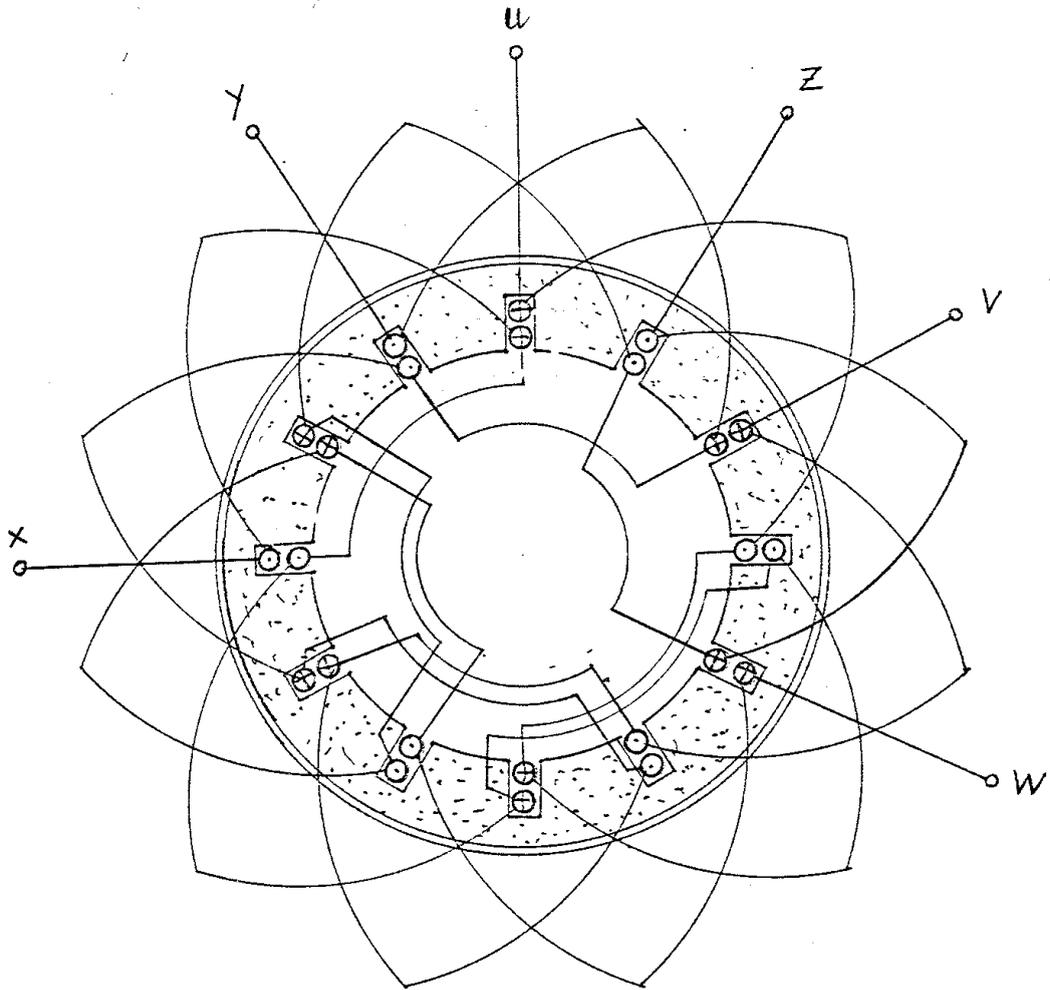
Jumlah group : 6

Jumlah kumparan tiap group: 3

Jumlah fasa : 3

Nyatakanlah : - Jumlah alurnya..
- Jumlah kumparannya.
- Gambarkan lilitan statornya.





Kumparan Stator Motor Tiga Fasa Tegangan Ganda

Besarnya tegangan induksi yang dibangkitkan pada setiap lilitan adalah : $E = 4.44.f.N.\Phi$ volt. Selanjutnya bila tegangan tiap lilitan diketahui kita dapat menghitung besarnya tegangan tiap kumparan , tegangan tiap group, tegangan tiap fasa dan akhirnya dapat diketahui pula tegangan mesin. Jadi kita tidak dapat mengubah tegangan mesin listrik misalnya motor sesuka hati. Karena kemampuan belitan motor terbatas . Dapat kita ketahui bahwa tegangan tiap group = tegangan tiap fasa dibagi jumlah group. Jadi bila tegangan tiap group telah kita ketahui dan jumlah group sudah pula kita ketahui maka tegangan tiap fasa dapat pula kita ketahui. Dan dengan cara penyambungan kumparan group yang berbeda kita dapatkan pula tegangan fasa yang berbeda pula. Inilah dasar pemikiran dari penggandaan tegangan motor listrik .

Sebagai contoh :

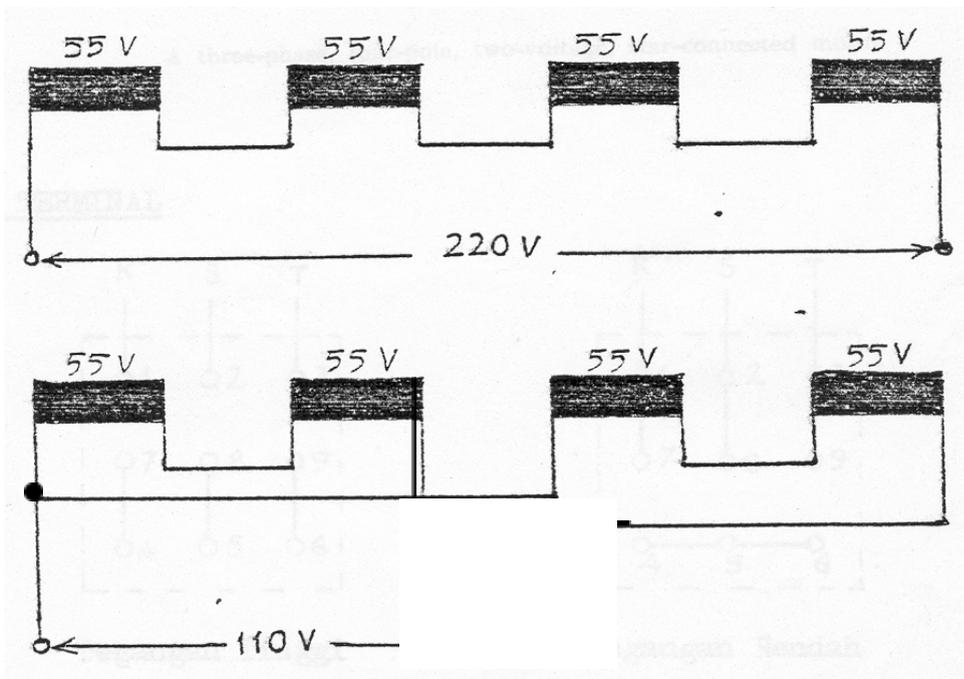
Sebuah motor listrik 3 fasa mempunyai tegangan tiap group 55 V dan jumlah group tiap fasa 4.

Maka apabila keempat kumparan groupnya disambung dalam seri semuanya akan menghasilkan tegangan fasa sebesar : $4 \times 55 \text{ V} = 220 \text{ V}$.

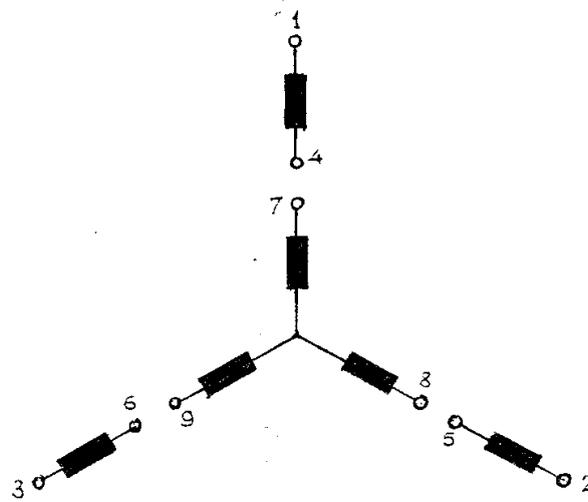
Tetapi bila yang disambung seri dua group dan masing-masingnya disambung parallel maka akan menghasilkan tegangan fasa : 110 V .

dari contoh diatas dapat dikatakan bahwa kumparan motor tersebut dapat dicatu dengan dua sistem tegangan dan kemudian motornya disebut motor 2 tegangan.

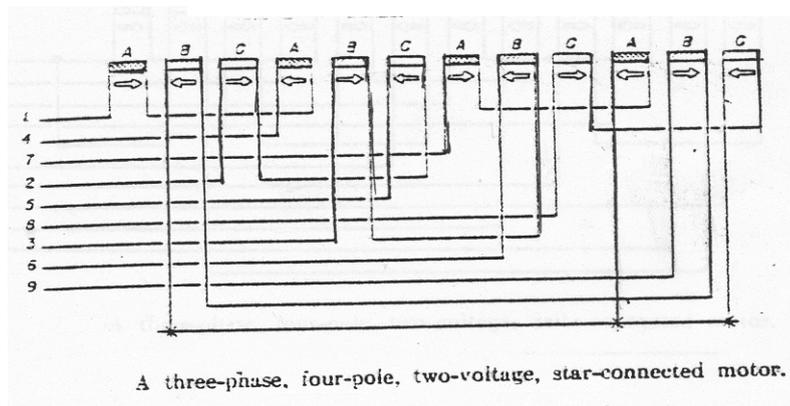
Motor tiga fasa tegangan ganda pada umumnya mempunyai 9 terminal, dan diberi tanda : T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9



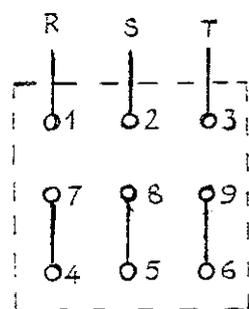
Motor tiga fasa Tegangan Ganda dalam sambungan bintang (star)



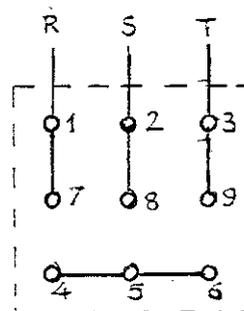
Blok Diagram



Sambungan Terminal

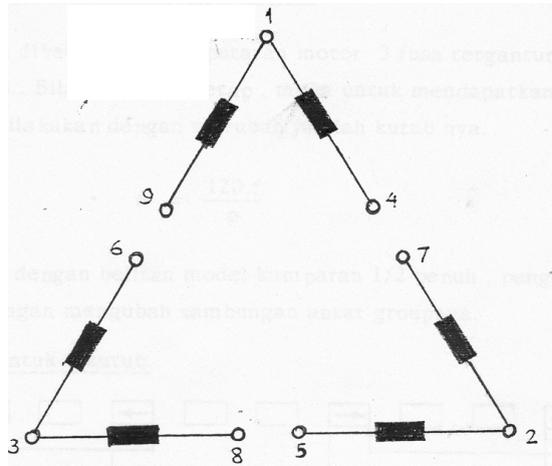


Tegangan Tinggi

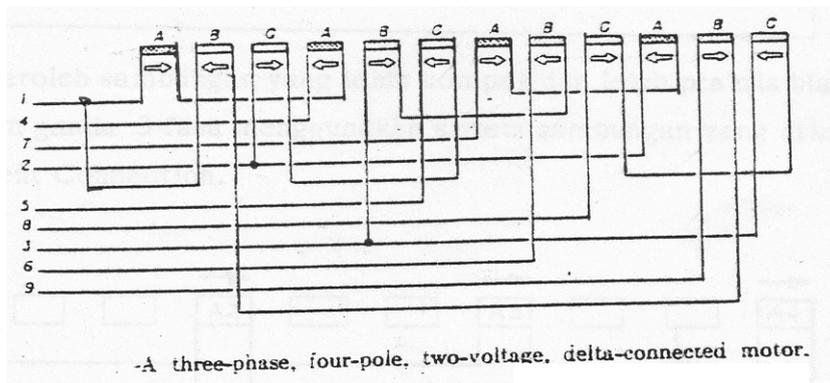


Tegangan Rendah

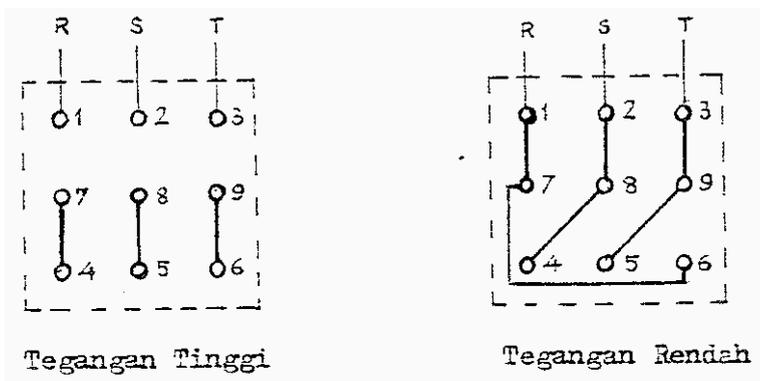
Motor tiga fasa tegangan ganda dalam sambungan segitiga (delta)



Blok Diagram



Sambungan Terminal



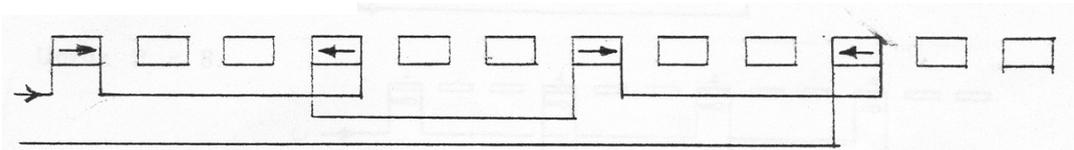
Motor tiga fasa Kecepatan Ganda

Seperti telah diketahui bahwa putaran motor 3 fasa tergantung frekwensi dan jumlah kutub . Bila frekuensi tetap , maka untuk mendapatkan putaran yang berbeda dapat dilakukan dengan mengubah jumlah kutubnya.

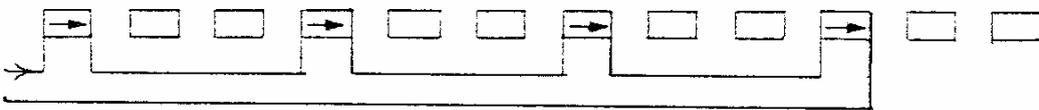
$$n = 120.f / P$$

Untuk motor dengan belitan model kumparan 1/2 penuh, perubahan kutub dapat dilakukan dengan mengubah sambungan antar groupnya.

Sambungan untuk 4 kutub.

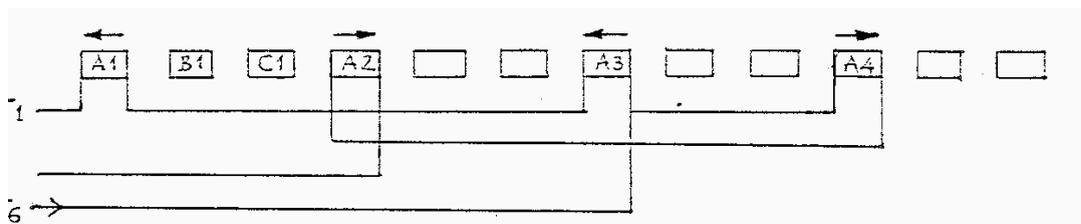
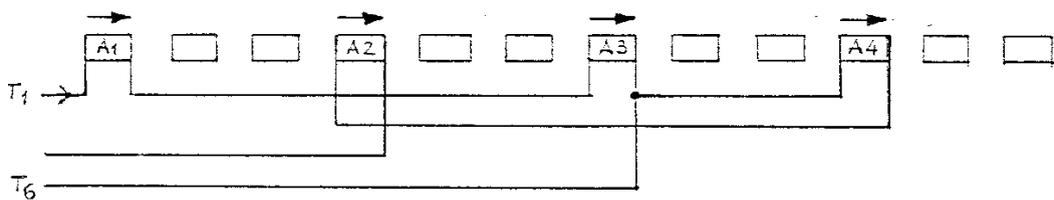


Sambungan untuk 8 kutub



Agar diperoleh sambungan yang lebih kompak dan lebih praktis biasanya motor kecepatan ganda 3 fa sa menggunakan sistem sambungan yang dikenal dengan istilah :

Consequent Connection.

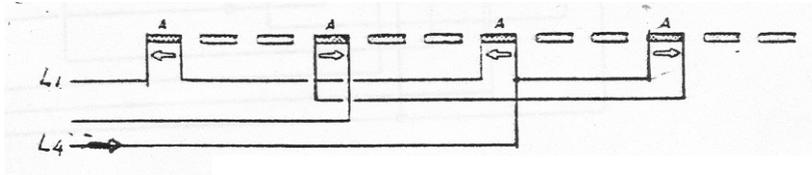


Motor 3 fasa kecepatan ganda dapat disambungkan dalam 3 cara yang masing-masing cara mempunyai karakteristik yang tertentu yaitu :

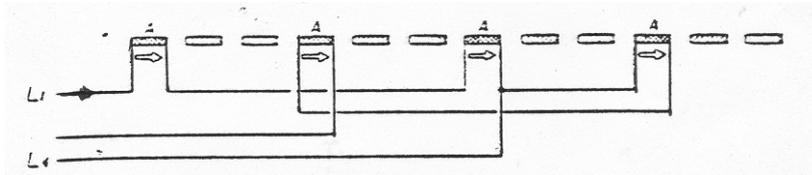
1. CONSTANT HORSEPOWER pada masing-masing kecepatan.
2. CONSTANT TORQUE pada masing-masing kecepatan.
3. VARIABLE TORQUE pada masing-masing kecepatan.

Untuk konstant torque biasanya motor disambungkan dalam paralel bintang untuk kecepatan tinggi dan seri delta untuk kecepatan rendah.

Untuk 4 kutub

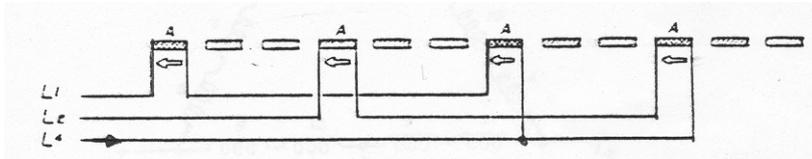


Untuk 8 kutub

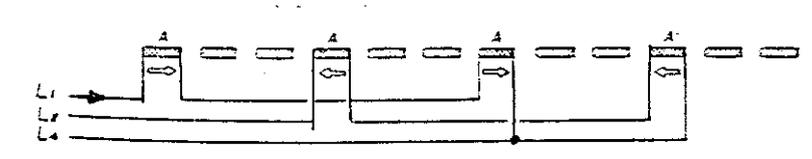


Untuk Constant horse power, motor bisa disambungkan dalam paralel bintang untuk kecepatan rendah dan seri delta untuk kecepatan tinggi.

Untuk 8 kutub



Untuk 4 kutub

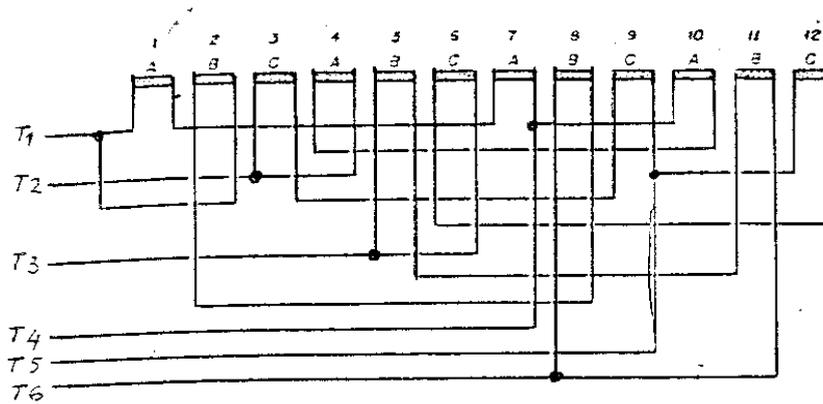


Pada umumnya motor 3 fasa kecepatan ganda mempunyai 6 terminal, yang diberi tanda : T 1 , T2 , T3, T4 , T5 ,T6 .

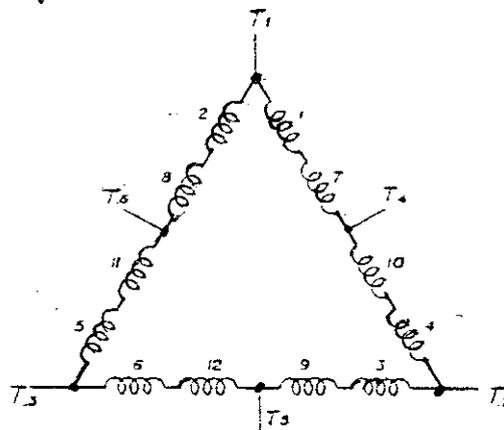
Pengubahan kecepatan dilakukan dengan mengubah sistim sambungan pada terminalnya.

Motor tiga fasa kecepatan ganda konstan torsi

Blok Diagram



Skematik Diagram

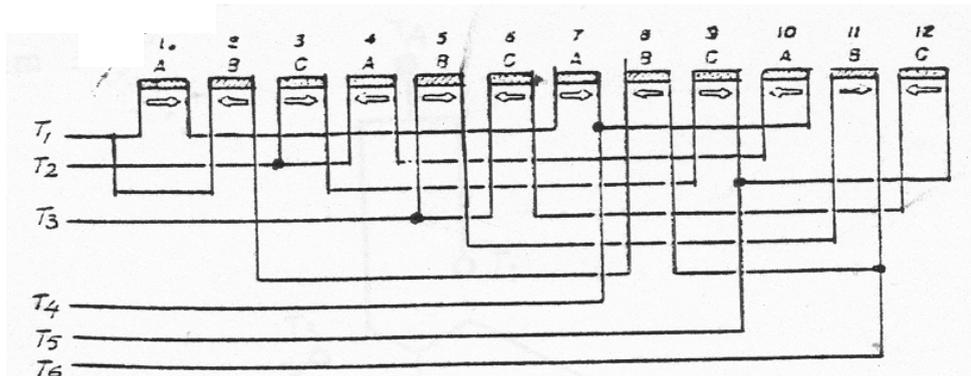


Daftar sambungan terminal:

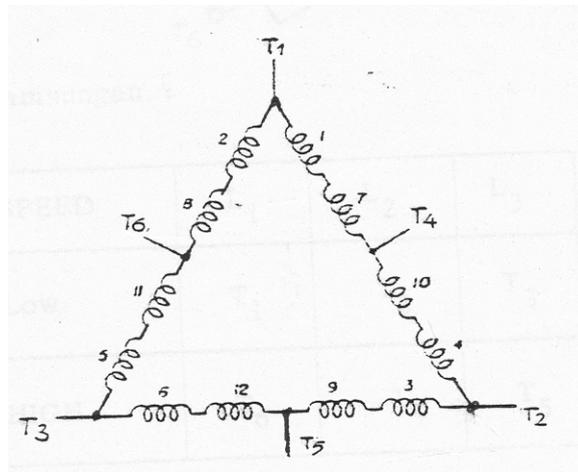
SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	T4,T5,T6	-
HIGH	T4	T5	T6	-	T1,T2,T3

Motor tiga fasa kecepatan ganda konstan Horsepower

Blok diagram



Skematik diagram

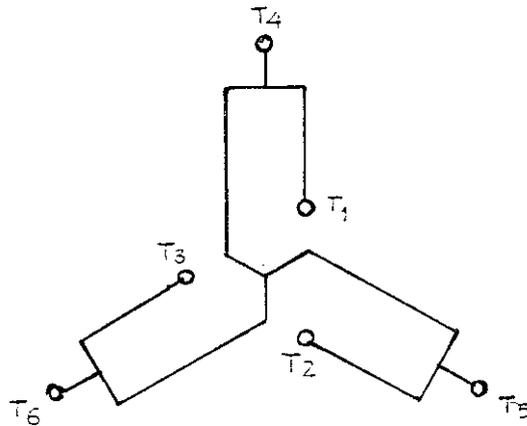


Daftar sambungan terminal

SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T4	T5	T6	-	T1,T2,T3
HIGH	T1	T2	T3	T4,T5,T6	-

Motor tiga fasa kecepatan ganda variable torsi

Skematik diagram

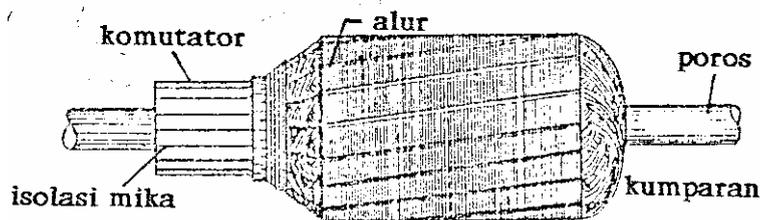


Daftar sambungan terminal:

SPEED	L1	L2	L3	OPEN	TOGETHER
LOW	T1	T2	T3	T4,T5,T6	-
HIGH	T4	T5	T6	-	T1,T2,T3

Kumparan Jangkar Motor Arus Searah

1. Jangkar mesin arus searah mempunyai alur untuk tempat kumparan dan komutator tempat singgah ujung dan pangkalnya kumparan .



- 2 . Komutator adalah kumpulan dari lamel-lamel yang diantaranya diberi isolasi dari mika.
Fungsi lamel-lamel ini untuk menempatkan atau menyambung ujung-ujung kumparan.
 - Banyaknya lamel-lamel akan menentukan banyaknya kumparan.
 - Banyaknya sisi kumparan tiap alur ditentukan oleh banyaknya alur dan banyaknya lamel
 1. Bila banyak alur = Banyak lamel -lamel, maka jumlah sisi kumparan tiap alur = 2
 2. Bila banyak alur = 1/2 banyak lamel , maka jumlah sisi kumparan tiap alur = 4
 3. Bila banyak alur = 1/3 banyak lamel , maka jumlah sisi kumparan tiap alur = 6 , dst.

Kumparan jangkar motor arus searah diklasifikasikan dalam 2 group utama , yaitu belitan gelung dan belitan gelombang.
Perbedaan kedua macam belitan ini terletak pada cara penyambungan ujung ujung kumparan ke komutator.

3 Beberapa ketentuan umum

3.1 . Langkah kumparan harus satu poolsteek (180° L)

$$Y_s = s / p$$

Dimana . S = Jumlah alur
 P = Jumlah kutub .

3.2 . Jumlah sisi kumparan tiap alur ditentukan oleh jumlah lamel (segment).

$$Cs = (2.k) / S$$

Cs = Sisi kumparan tiap alur.

k = Jumlah lamel.

3.3. Jumlah sisi kumparan ditentukan untuk membuat daftar lilitan .

$$Z = Cs . S$$

Z = Jumlah sisi kumparan.

Cs = Jumlah sisi kumparan tiap alur.

S = Jumlah alur.

3.4. Jumlah kumparan = Jumlah lamel.

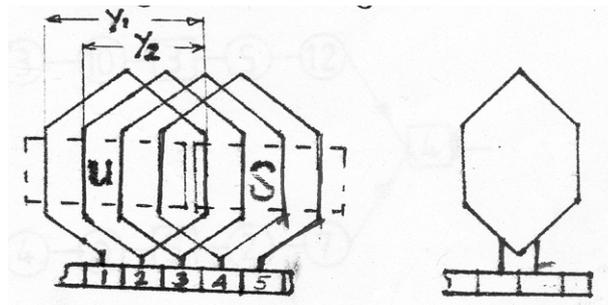
$$Kt = k \\ = (Cs . S) / 2$$

4 . Kumparan gelung (Lap winding) .

4.1 . Disebut kumparan gelung , karena letak kumparan adalah berjajar dengan jarak yang tertentu .

Langkah kumparan maju diberi tanda Y_1 dan langkah berikutnya (mundur)-diberi tanda Y_2 . Selisih antara Y_1 dan Y_2 menentukan juga macam kumparan (single, double, triple) .

Harga Y_1 maupun Y_2 haruslah merupakan bilangan bulat dan gasal .



$$Y_1 = Cs.Ys \pm 1$$

$$Y_2 = Y_1 - 2.m$$

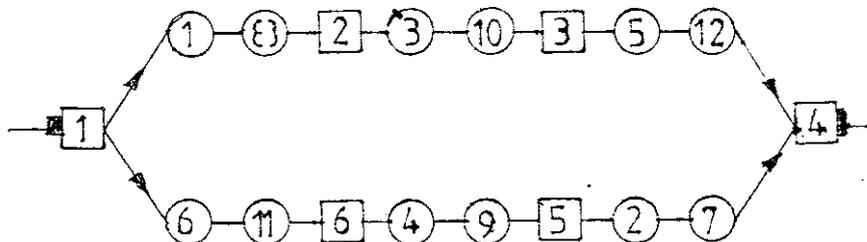
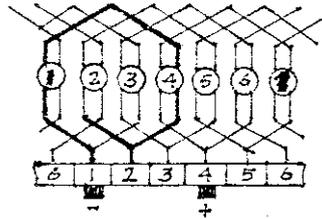
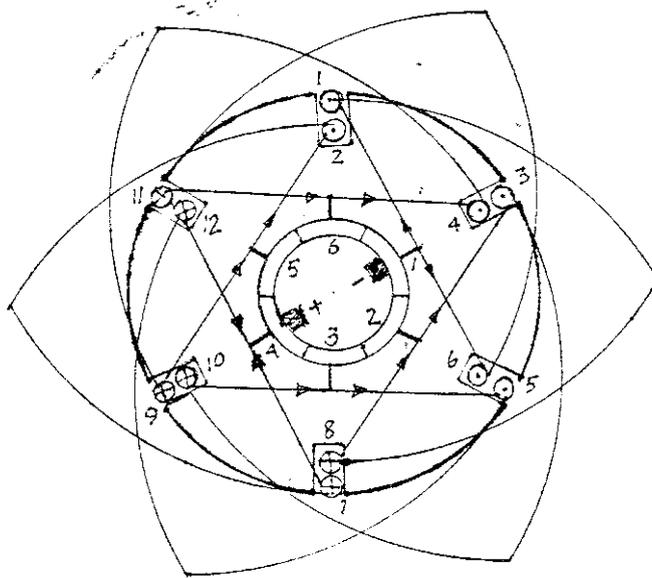
m = kelipatan

4.2. Langkah komutator.

Ujung ujung kawat semua dihubungkan ke komutator (lamel-lamel) . Ujung awal ke lamel ,dan ujung akhir ke lamel berikutnya .

$$\text{Jadi: } yc = 1 . m$$





Contoh :

Diketahui $P = 4$ $K = 16$
 $S = 16$ $m = 1$

Diminta kumparan jangkar gelung tunggal

Jawab: $Y_s = S/P = 16/4 = 4$

$$C_s = 2k/S = 2 \times 16 / 16 = 2$$

$$Y_1 = Y_s.C_s \pm 1$$

$$= (4 \times 2) \pm 1 = 7 \text{ atau } 9$$

diambil yang 9

$$Y_2 = Y_1 - 2m = 9 - 2 \times 1 = 7$$

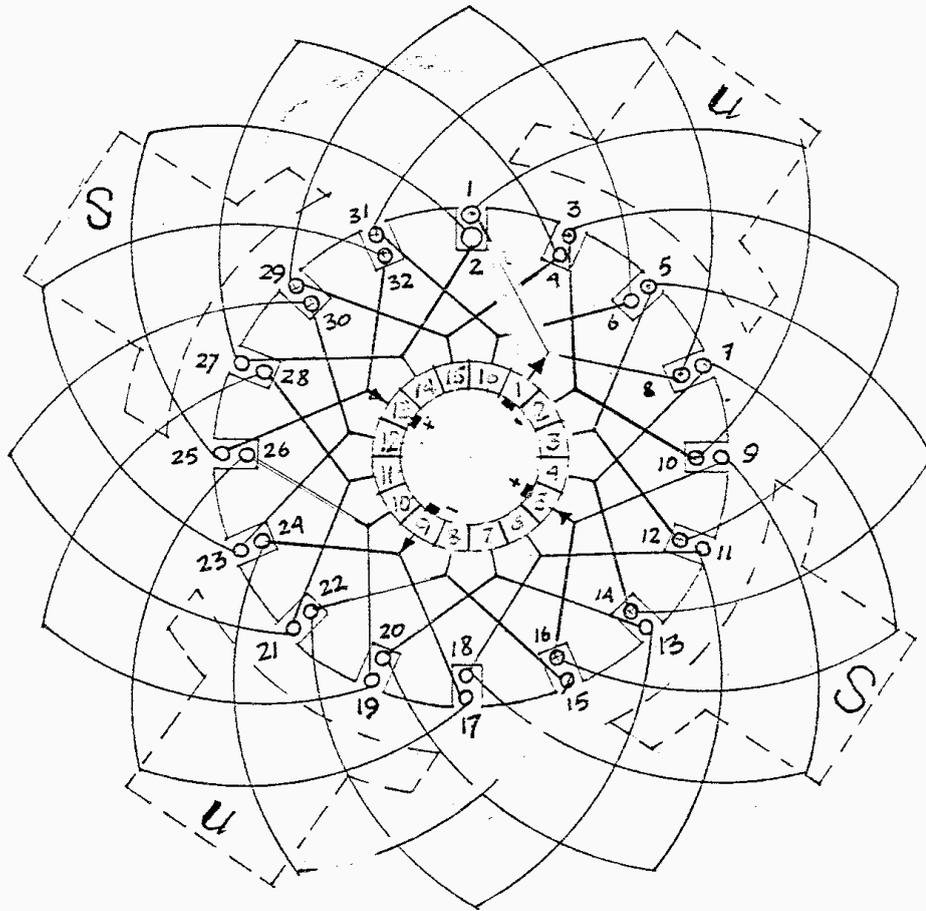
$$Y_c = 1 \times 1 = 1$$

Jumlah sisa kumparan $S \times C_s = 16 \times 2 = 32$

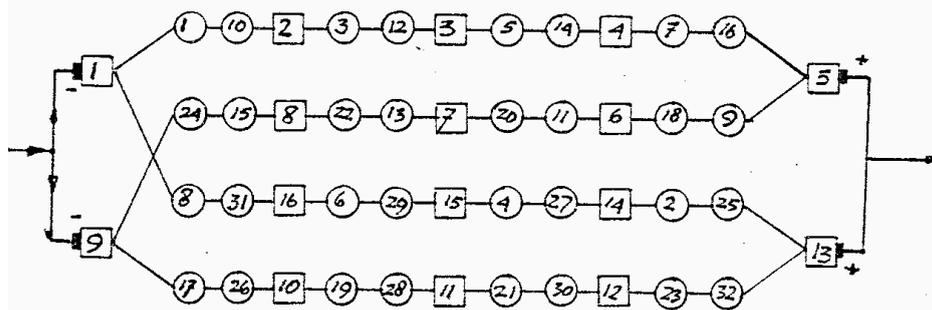
Nomor sisi kumparan ialah No 1 sd. 32

Daftar Kumparan :

Sisi kumparan	Lamel	Sisi kumparan
1	①	10
3	②	12
5	③	14
7	④	16
9	⑤	18
11	⑥	20
13	⑦	22
15	⑧	24
17	⑨	26
19	⑩	28
21	⑪	30
23	⑫	32
25	⑬	2
27	⑭	4
29	⑮	6
31	⑯	8



LILITAN GELUNG BERKUTUB EMPAT .



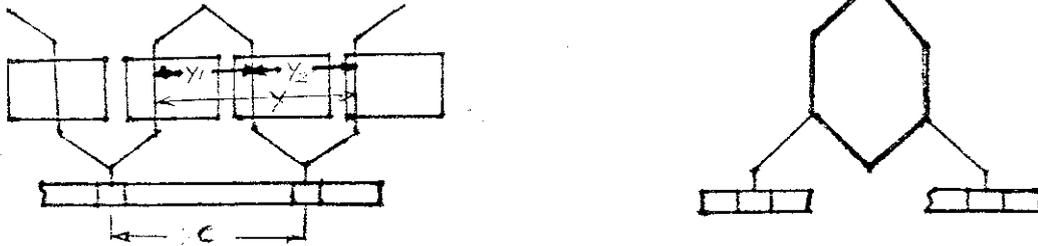
BAGAN ARUS .

5. Belitan Gelombang

5.1. Langkah kumparan baik gelung maupun gelombang adalah sama yaitu:

$$Y_1 = Y_s.C_s \pm 1$$

5.2. Pada kumparan gelombang ujung ujung kumparan tidaklah terletak pada lamel berikutnya, tapi langkahnya mendekati $360^\circ L$. Karena bentuk kumparan 1 dan 2 setelah kelamel merupakan gelombang maka disebut belitan gelombang.



5.3. Langkah komutator .

Pada belitan gelombang langkah komutator mendekati $360^\circ L$, sehingga :

$$Y_c = (2k \pm 2) / P \quad \text{atau} \quad Y_c = (Z \pm 2) / P$$

Y_2 merupakan langkah berikutnya adalah maju .

Jarak Y_1 dan Y_2 sama dengan jarak dua kali langkah komutator.

$$Y_1 + Y_2 = 2Y_c, \quad \text{jadi} \quad Y_2 = 2Y_c - Y_1 .$$

sehingga $Y_1 = 2.Y_c - Y_2$

Y_1 maupun Y_2 juga berlaku syarat seperti belitan gelung (lap) yaitu angkanya bulat dan ganjil.

Contob soal

Diketabui: $S = 25,$ $k = 25,$ $P = 4 .$

Ditanya: Belitan gelombang

Jawab : $Y_1 = C_s.Y_s \pm 1$

$$= (2.s / k) \times (S/P) \pm 1$$

$$= 2 \times 25/4 \pm 1$$

$$Y_1 = 13 \quad \text{atau} \quad 11 \quad (\text{diambil yang } 13)$$

$$Y_c = (2k \pm 2) / P = (2 \times 25 \pm 2) / 4 = 52 / 4 = 13$$

$$Y_2 = 2.Y_c - Y_1 = 26 - 13 = 13$$

$$Z = C_s . S = 2 \times 25 = 50$$

