

CARA MERAWAT & MEMPERBAIKI MOTOR LISTRIK



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM

CARA MERAWAT & MEMPERBAIKI MOTOR LISTRIK

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM

BIO DATA PENULIS

Penulis memiliki berbagai disiplin ilmu yang diperoleh dari Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang dan dari Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga (UKSW) Disiplin ilmu itu antara lain teknik elektro, komputer, manajemen dan ilmu sosiologi. Penulis memiliki pengalaman kerja pada industri elektronik dan sertifikasi keahlian dalam bidang Jaringan Internet, Telekomunikasi, Artificial Intelligence, Internet Of Things (IoT), Augmented Reality (AR), Technopreneurship, Internet Marketing dan bidang pengolahan dan analisa data (komputer statistik).

Penulis adalah pendiri dari Universitas Sains dan Teknologi Komputer (Universitas STEKOM) dan juga seorang dosen yang memiliki Jabatan Fungsional Akademik Lektor Kepala (Associate Professor) yang telah menghasilkan puluhan Buku Ajar ber ISBN, HAKI dari beberapa karya cipta dan Hak Paten pada produk IPTEK.

Penulis juga terlibat dalam berbagai organisasi profesi dan industri yang terkait dengan dunia usaha dan industri, khususnya dalam pengembangan sumber daya manusia yang unggul untuk memenuhi kebutuhan dunia kerja secara nyata.



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

PENERBIT :

YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

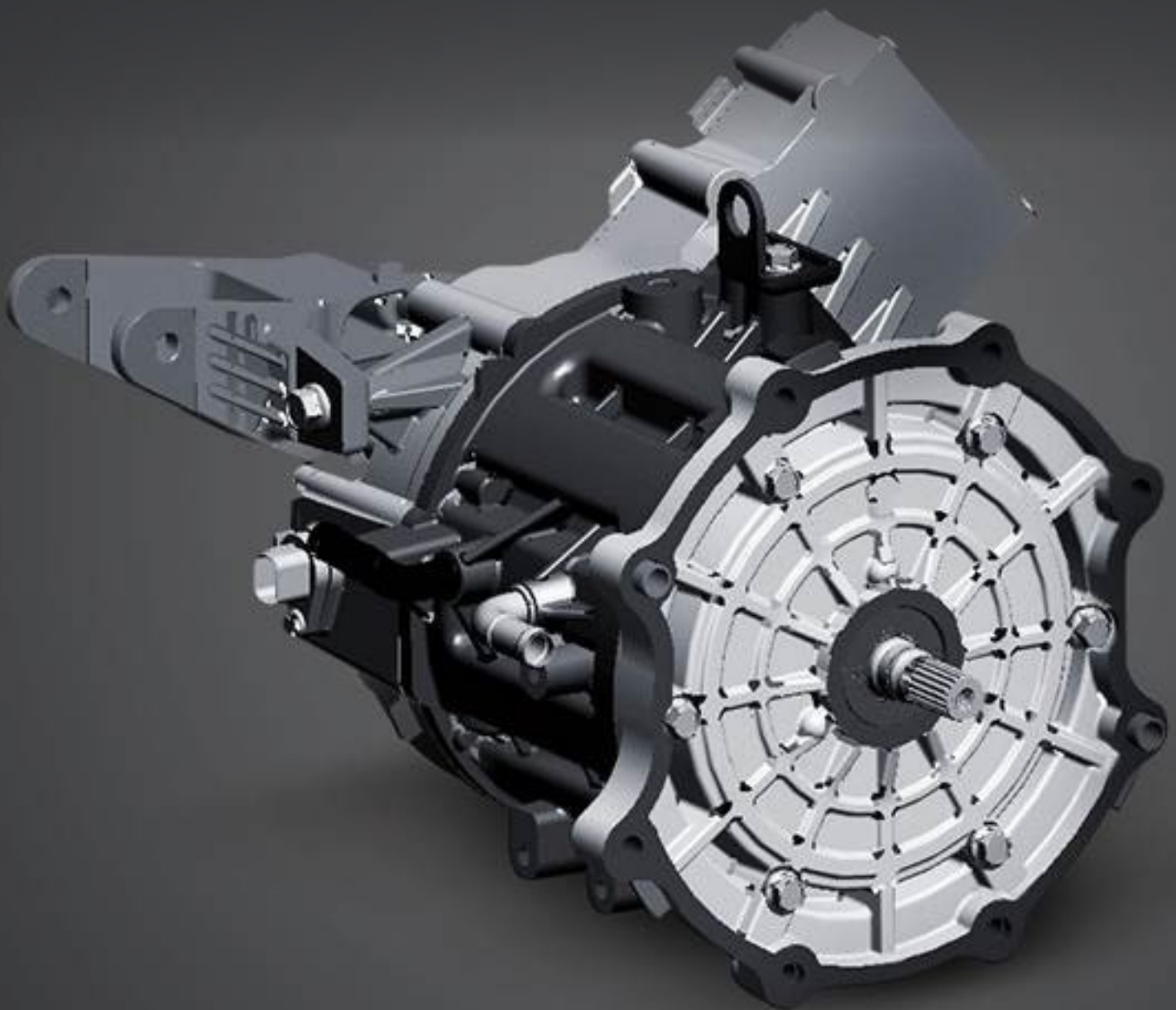
JL. Majapahit No. 605 Semarang
Telp. (024) 6723456. Fax. 024-6710144
Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

ISBN 978-623-6141-98-4



CARA MERAWAT & MEMPERBAIKI MOTOR LISTRIK

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

PENERBIT :
YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK
JL. Majapahit No. 605 Semarang
Telp. (024) 6723456. Fax. 024-6710144
Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

CARA MERAWAT DAN MEMPERBAIKI MOTOR LISTRIK

Penulis :

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom., M.Si., MM.

ISBN : 9 786236 141984

Editor :

Dr. Joseph Teguh Santoso, S.Kom., M.Kom.

Penyunting :

Dr. Mars Caroline Wibowo. S.T., M.Mm.Tech

Desain Sampul dan Tata Letak :

Irdha Yuniyanto, S.Ds., M.Kom.

Penebit :

Yayasan Prima Agus Teknik Bekerja sama dengan
Universitas Sains & Teknologi Komputer (Universitas STEKOM)

Redaksi :

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. (024) 6723456

Fax. 024-6710144

Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

Distributor Tunggal :

Universitas STEKOM

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. (024) 6723456

Fax. 024-6710144

Email : info@stekom.ac.id

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin dari penulis

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa bahwa buku yang berjudul “Cara Perawatan dan Perbaikan Motor Listrik” telah dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini berisi tentang cara merawat dan memperbaiki motor listrik. Namun tentu saja untuk dapat merawat dan memperbaiki perlu didukung dengan teori tentang motor listrik dan cara memecahan masalah. Tujuan dari buku ini adalah untuk membekali para mahasiswa dan calon teknisi untuk dapat melakukan perawatan dan perbaikan secara praktis tanpa harus dibingungkan dengan perhitungan matematika yang rumit dan membingungkan itu.

Pemahaman yang lengkap tentang struktur motor listrik akan sangat efektif untuk dapat melakukan perawatan dan pemecahan masalah pada motor listrik. Teori tentang motor listrik dalam buku ini berhubungan langsung dengan perawatan dan pemecahan masalah atau perbaikan. Jikalau pada buku ini ada sedikit perhitungan matematika dan ada teori tentang motor listrik, itu tidak bermaksud untuk mengajarkan cara merancang atau mendesain ulang motor dan sistem kelistrikan. Sebaliknya, perhitungan matematika itu dapat langsung diterapkan pada masalah perawatan dan perbaikan motor listrik.

Buku ini mencakup semua jenis motor AC dan DC. Pada bagian awal akan dijelaskan prinsip kerja Motor DC dan cara beroperasinya sebuah generator beserta semua komponen pendukungnya. Selanjutnya akan dibahas motor AC satu Fasa, dan kemudian motor tiga Fasa serta cara koneksi dan sistem penomorannya dalam deskripsi setiap mesin.

Buku ini juga mengupas cara perbaikan motor listrik dengan memakai dua prosedur dalam memecahkan masalah. Prosedur pertama yaitu menguji komponen mesin untuk dapat melihat dengan cepat, apakah harus dilepas untuk diperbaiki atau tidak. Prosedur ke dua adalah menempatkan masalah di dalam mesin. Meskipun memperbaiki masalah pada mesin listrik itu cukup sulit, namun tidak ada masalah yang tidak memiliki penjelasan dan solusinya. Oleh sebab itu kemampuan untuk mengumpulkan semua data dan fakta pada mesin listrik, akan memudahkan kita untuk menemukan letak dan lokasi kerusakannya hanya dengan menerapkan logika yang sesuai dengan data dan fakta yang kita kumpulkan.

Semoga buku ini dapat berguna dan bermanfaat bagi para mahasiswa, calon teknisi motor listrik yang handal bagi kemajuan bangsa Indonesia.

Semarang, 11 Oktober 2021

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB 1 MESIN DC	1
1.1 Dasar Listrik Pada Motor Listrik	1
1.2 Informasi Tentang Kawat Tembaga	3
1.3 Magnet dan Rangkaian Magnetik	5
1.4 Rangkaian Mesin DC	8
1.5 Hukum Pembangkit Arus Searah (DC)	12
1.6 Generator Shunt.....	13
1.7 Generator Serie	15
1.8 Generator Compound	16
1.9 Las Listrik DC	20
1.10 Motor Shunt	30
1.11 Magnet Permanen Motor DC	31
1.12 Motor Serie	32
1.13 Motor DC Compound	33
1.14 Kontrol Kecepatan pada Motor DC Compound	35
1.15 Komponen Armature (Angker Dinamo)	37
1.16 Test Pemahaman Materi	40
BAB 2 PERBAIKAN DAN PENGUJIAN MESIN DC	44
2.1 Kerusakan Pada Armature (Angker Dinamo)	44
2.2 Problem Brush (Sikat)	45
2.3 Lokasi Netral Pada Stator dan Armature	52
2.4 Pengujian Medan (Field) Pada Mesin DC	54
2.5 Lokasi Kerusakan Pada Mesin DC	60
2.6 Lokasi Kerusakan Pada Medan Shunt	63
2.7 Menggambar Skema Sederhana Medan Shunt	65
2.8 Lokasi Kerusakan Pada Medan Serie	75
2.9 Petunjuk identifikasi Motor DC Compound dengan Ohmmeter.....	76
2.10 Test Pemahaman Materi	77
BAB 3 TEORI MOTOR LISTRIK	80
3.1 Terminologi AC (Arus Bolak-Balik)	80
3.2 Reaktansi Induktif	90
3.3 Kapasitansi dan Reaktansi Kapasitif.....	96
3.4 Kapasitor Berisi Minyak.....	97
3.5 Kapasitor Elektrolit	100
3.6 Rumus Menguji Kapasitor	105
3.7 Rotor Sangkar Tupai	111
3.8 Motor Fasa Terpisah (Split-Phase)	116
3.9 Test Pemahaman Materi	117

BAB 4 MOTOR FASA TUNGGAL	120
4.1 Motor Shaded-Pole (Kutub yang Terlindung)	120
4.2 Motor Fasa Terpisah	120
4.3 Motor Kapasitor	122
4.4 Peralatan Pencegah Panas.....	138
4.5 Saklar Alternatif Kumparan-Start	146
4.6 Test Pemahaman Materi.....	150
BAB 5 MOTOR INDUKSI TIGA FASA (THREE-PHASE)	154
5.1 Komponen Motor Tiga Fasa	154
5.2 Cara Kerja Motor Tiga Fasa	156
5.3 Desain Ampere dan Batang Rotor	159
5.4 Memperkenalkan Jenis Motor Tiga Fasa.....	165
5.5 Motor Multi-Kecepatan	172
5.6 Motor Tiga Fasa Sembilan-Lead Multimode	175
5.7 Identifikasi Tiga Pilihan, Motor Tiga Fasa Sembilan-Lead.....	177
5.8 Motor Sinkron	179
5.9 Motor Servo Tiga Fasa	191
5.10 Identifikasi Motor Induksi Tiga Fasa	191
5.11 Test Pemahaman Materi	204
BAB 6 CARA MEMPERBAIKI MOTOR TIGA FASA	208
6.1 Koneksi Internal Motor Sembilan-Lead Tegangan Ganda.....	208
6.2 Identifikasi Lead Tanpa Tanda pada Motor Tiga Fasa Sembilan-Lead..	215
6.3 Kerusakan Khusus pada Gulungan	225
6.4 Pada Saat Motor Panas Berlebihan (Overheat)	235
6.5 Test Pemahaman Materi	240
BAB 7 KERUSAKAN MOTOR YANG JARANG TERJADI	243
7.1 Logika Perbaikan Memakai Hukum Tegangan	243
7.2 Kerusakan Motor yang Jarang Terjadi	245
7.3 Perbaikan Motor Sinkron	247
7.4 Perbaikan Motor Dua Kecepatan Satu Gulungan	248
7.5 Perbaikan Motor Multi-Gulungan Multi-Kecepatan.....	249
7.6 Menguji Motor di Tempat	253
7.7 Melokalisir Kerusakan Motor	258
7.8 Perawatan Bantalan (Bearings)	267
7.9 Bantalan Lengan	275
7.10 Test Pemahaman Materi	276
BAB 8 PERALATAN DAN PELAYANAN	278
8.1 Peralatan Pada Pengujian Awal	278
8.2 Peralatan Untuk Menguji dan Perencanaan Perawatan	285
8.3 Test Pemahaman Materi	295
DAFTAR PUSTAKA	296

BAB 1

MESIN DC

Mesin DC yang dijelaskan dalam bab ini adalah motor atau generator. Istilah mesin digunakan ketika prosedur pengujiannya sama untuk keduanya. Motor dapat diubah menjadi generator (dan sebaliknya), jadi istilah motor dan generator hanya digunakan jika penjelasannya berlaku untuk satu atau yang lain. Generator DC menghasilkan daya berkualitas sangat tinggi, tetapi (karena pemeliharaan dan biaya lainnya) penggerak DC bertenaga AC digunakan untuk sebagian besar aplikasi motor.

Daya DC digunakan untuk beberapa transmisi daya bertegangan tinggi. Arus DC mengalir melalui seluruh area kabel, membuatnya lebih efisien daripada AC untuk transmisi jarak jauh. Arus AC tegangan tinggi hanya menggunakan bagian luar kabel. Hanya dua saluran transmisi yang dibutuhkan dengan DC, dan dalam keadaan darurat, bumi dapat digunakan sebagai konduktor kedua. Di sisi pengguna, DC diubah menjadi daya tiga fase dan didistribusikan ke gardu induk.

Generator DC juga menghasilkan daya terbaik untuk tukang las busur. Mereka memberikan tegangan tetap dan arus tidak berfluktuasi yang mengalir dalam satu arah. Motor DC memiliki kontrol kecepatan yang sangat baik dengan karakteristik torsi dan tenaga kuda yang sangat baik. Karena desain dan fungsi angkernya, ia memiliki torsi yang sangat halus dari 0 RPM hingga kecepatan dasar. Motor DC juga memiliki tenaga kuda dengan nilai penuh di atas kecepatan dasar.

1.1 Dasar Listrik Pada Motor Listrik

Sifat-sifat listrik adalah volt, resistansi, dan ampere. Tegangan adalah kekuatan pendorong, resistansi adalah pekerjaan yang harus dilakukan, dan ampere menyelesaikan pekerjaan. Pemeliharaan dan Pemecahan Masalah Motor Listrik

Volt

Tegangan (gaya gerak listrik, atau ggl) adalah gaya penggerak yang menyebabkan ampere mengalir melalui hambatan beban. Bahkan jika tidak ada sirkuit atau jalur, tegangan dapat hadir. Volt dapat dibandingkan dengan tekanan udara atau air. Ketika tegangan dinaikkan, lebih banyak ampere akan mengalir melalui resistansi (beban). Ketika tegangan diturunkan, lebih sedikit ampere akan mengalir. Ketika tegangan divariasikan, jumlah ampere yang mengalir melalui resistansi (beban) yang diberikan akan naik atau turun dengan perubahan tegangan. Perbandingan lain dari volt ke udara atau tekanan air adalah penahanan. Tegangan yang lebih tinggi membutuhkan isolasi yang lebih kuat (lebih tebal).

Resistansi

Resistansi mengontrol jumlah ampere yang mengalir dalam suatu rangkaian. Ketika nilai tegangan konstan diterapkan, saat resistansi naik, ampere turun dan saat resistansi turun, ampere naik. Karena nilai resistansi bervariasi, jumlah ampere

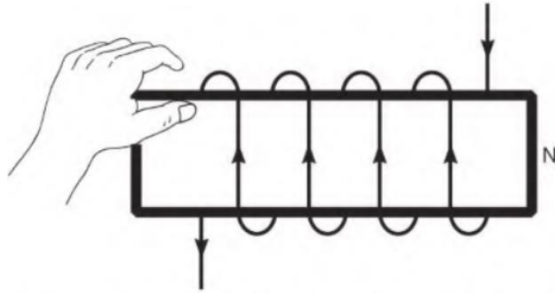
bervariasi dengan cara yang berlawanan. Semua beban memiliki beberapa bentuk perlawanan. Resistansi perangkat diukur dalam ohm. (Hukum Ohm dibahas nanti dalam bab ini.) Perlawanan berlawanan dengan aliran ampere dan diukur dalam ohm. Ini jarang diukur, jadi hanya disebut resistensi. Adalah umum untuk mengukur ampere. Dua faktor memberikan resistensi terhadap aliran arus di motor listrik. Pertama adalah hambatan kawat pada kumparan yang membentuk kutub. Setiap ukuran kawat memiliki nilai resistansi per 1000 kaki pada suhu tertentu. Gulungan kawat yang digunakan dalam medan shunt motor DC memiliki kaki kawat yang cukup untuk membatasi ampere ke tingkat yang aman (dan tidak terlalu panas). Faktor kedua adalah interaksi konduktor belitan dan sirkuit magnetik motor. Ini akan dijelaskan di bawah "GGL lawan di motor DC di bagian "Tegangan lawan" dan di Bab 3 di bawah "Reaktansi Induktif" di motor AC.

Ampere

Ampere adalah ukuran jumlah elektron yang mengalir dalam kawat. Jumlah ampere yang mengalir dalam suatu rangkaian dikendalikan oleh dua faktor: tegangan yang diberikan dan hambatan beban. Tegangan dan/atau resistansi divariasikan untuk mengontrol ampere. Rumus yang disebut Hukum Ohm (dijelaskan nanti dalam bab ini) menghitung jumlah volt dan/atau jumlah hambatan yang diperlukan untuk memprediksi jumlah ampere dalam suatu rangkaian. Kebanyakan kerusakan listrik melibatkan aliran ampere. Ketika isolasi rusak, panas yang diciptakan oleh aliran ampere menghancurkannya. Ampere berlebih yang mengalir dalam kawat menyebabkan kawat menjadi panas.

Jumlah ampere yang mengalir melalui kumparan mengontrol kekuatan magnet kumparan. Ketika jumlah ampere berubah, kekuatan magnet kumparan akan bervariasi dengan perubahan. Arah aliran ampere (arus) menentukan polaritas kumparan. Gambar 1.1 menunjukkan aturan tangan kiri untuk menentukan polaritas dari kumparan DC. Ukuran kawat yang tepat adalah bagian yang sangat penting dari desain motor. Ukuran kawat ditentukan sesuai dengan luas penampang lingkarannya. Jumlah ampere yang mengalir di sirkuit motor dan kemampuan pendinginan motor menentukan ukuran kawat.

Kumparan yang digunakan dalam medan shunt dari motor DC besar memiliki ukuran kawat yang jauh lebih besar (mil lingkaran per amp) daripada kumparan yang digunakan pada motor induksi satu atau tiga fasa. Hal ini karena kumparan memiliki massa yang besar dan tidak mudah dingin. Adalah umum untuk menemukan 1000 (atau lebih) mil melingkar per amp dalam kumparan medan shunt dari motor DC besar. Juga umum untuk motor fase tunggal dan tiga memiliki 300 hingga 350 mil melingkar per amp. Tabel 1.1 menunjukkan ukuran kawat yang dikonversi ke mil melingkar ditambah data lainnya.



Gambar 1.1 Aturan tangan kiri. Tempatkan tangan kiri pada gulungan kawat dengan jari-jari menunjuk ke arah aliran arus. Ibu jari menunjuk ke kutub utara.

1.2 Informasi Tambahan Kawat Tembaga

Tabel kawat ini dapat diingat dengan sangat mudah jika beberapa poin sederhana diingat:

- Sebuah kawat tiga ukuran lebih kecil dari kawat lain memiliki setengah luas kawat yang lebih besar. Misalnya, kawat tembaga AWG No. 20 memiliki setengah luas kawat tembaga AWG No. 17. Oleh karena itu, dua kabel No. 20 secara paralel memiliki luas yang setara dengan satu kabel No. 17.
- Sebuah kawat tiga ukuran lebih kecil dari kawat lain memiliki dua kali hambatan dari kawat yang lebih besar.
- Sebuah kawat tiga ukuran lebih kecil dari kawat lain memiliki setengah berat kawat yang lebih besar.
- Kawat tembaga AWG No. 10 berdiameter kira-kira 0,10 inci, memiliki luas sekitar 10.000 mil melingkar, dan memiliki hambatan 1 ohm per 1000 kaki.

Jika ada terlalu sedikit putaran mil per amp, koil akan menjadi terlalu panas dan isolasi motor akan memburuk sebelum waktunya. Panas yang berlebihan meningkatkan kehilangan tembaga dan menurunkan efisiensi motor. Tembaga mendapatkan resistensi saat suhunya naik. Saat resistansi tembaga naik, ampere turun, menurunkan output tenaga kuda motor.

Tabel 1.1 Konversi Ukuran Kawat

AWG	Diameter, Inches	Circular Mils	Pounds per 1000 ft	Ohms at 68°F per 1000 ft
0000	0.4600	211,600.0	640.5	0.0490
000	0.4096	167,800.0	507.9	0.0618
00	0.3648	133,100.0	402.8	0.0779
0	0.3249	105,500.0	319.5	0.0982
1	0.2893	83,694.0	253.3	0.124
2	0.2576	66,370.0	200.9	0.156
3	0.2294	52,630.0	159.3	0.197
4	0.2043	41,740.0	126.4	0.248
5	0.1819	33,100.0	100.2	0.313
6	0.1620	26,250.0	79.46	0.395
7	0.1443	20,820.0	63.02	0.498
8	0.1285	16,510.0	49.98	0.628
9	0.1144	13,090.0	39.63	0.792
10	0.1019	10,380.0	31.43	0.998
11	0.09074	8,230.0	24.92	1.260
12	0.08081	6,530.0	19.77	1.588
13	0.07196	5,170.0	15.68	2.003
14	0.06408	4,107.0	12.43	2.525
15	0.05707	3,257.0	9.858	3.184
16	0.05082	2,583.0	7.818	4.016
17	0.04526	2,048.0	6.200	5.064
18	0.04030	1,624.0	4.917	6.385
19	0.03589	1,288.0	3.899	8.051
20	0.03196	1,022.0	3.092	10.15
21	0.02846	810.1	2.452	12.80
22	0.02535	642.4	1.945	16.14
23	0.02257	509.5	1.542	20.36
24	0.02010	404.0	1.223	25.67
25	0.01790	320.4	0.9699	32.37
26	0.01594	245.1	0.7692	40.81
27	0.01420	201.5	0.6100	51.47
28	0.01264	159.8	0.4837	64.90
29	0.01126	126.7	0.3836	81.83
30	0.01003	100.5	0.3042	103.2
31	0.00892	79.70	0.2413	130.1
32	0.00795	63.21	0.1913	164.1
33	0.00708	50.13	0.1517	206.9
34	0.00630	39.75	0.1203	260.9
35	0.00561	31.52	0.09542	329.0
36	0.00500	25.00	0.07568	414.8
37	0.00445	19.83	0.0601	523.1
38	0.00396	15.72	0.04759	659.6
39	0.00353	12.47	0.03774	831.8
40	0.00314	9.888	0.02990	1,049.0

Hukum Ohm

Hubungan tegangan, ampere, dan hambatan dijelaskan dengan rumus yang disebut Hukum Ohm. Rumus berikut, di mana E (gaya gerak listrik) = volt, I (intensitas arus) = ampere, dan R = resistansi, memprediksi hasil saat merancang perangkat listrik:

Volt dibagi resistansi sama dengan ampere ($E \div R = I$)

Volt dibagi dengan ampere sama dengan resistansi ($E \div I = R$)

Ampere dikalikan dengan resistansi sama dengan volt ($I \times R = E$)

Memvariasikan tegangan atau resistansi mengontrol ampere.

Watt

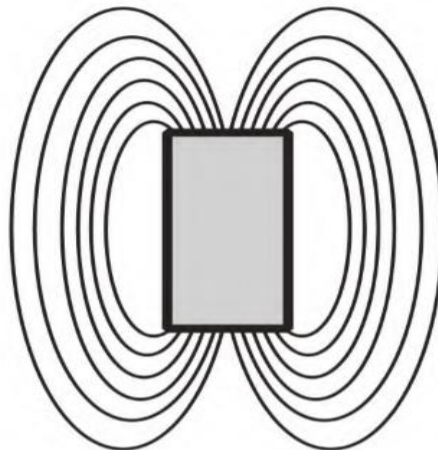
Kata watt adalah kependekan dari joule per detik. Watt adalah ukuran daya yang digunakan untuk melakukan pekerjaan. Jumlah watt ditemukan dengan menggunakan rumus volt X ampere = watt. Pengukur daya (yang menentukan biaya daya) mengalikan volt X amp dan mengukur waktu yang diperlukan. Biaya ditentukan oleh kilowatt hour (1000 watt untuk 1 jam). Sebuah motor mengubah energi listrik langsung menjadi energi mekanik. Satu tenaga kuda (hp) sama dengan 746 watt. Satu tenaga kuda memiliki kemampuan untuk mengangkat 550 pounds 1 kaki dalam 1 detik.

Watt dan tenaga kuda berhubungan langsung dengan ukuran fisik motor. Beberapa motor dinilai dalam kilovolt ampere (kVA) bukan tenaga kuda. Semua transformator dinilai dalam kVA. Rumus (volt X ampere = watt) menunjukkan bahwa ketika jumlah watt konstan, ketika jumlah volt naik, jumlah ampere turun. Misalnya, asumsikan 1000 watt diperlukan untuk beban tertentu. Jika catu daya 10 volt, dibutuhkan 100 ampere untuk menghasilkan daya 1000 watt. Ukuran kawat harus besar untuk membawa 100 ampere. Dengan catu daya 100 volt, hanya dibutuhkan 10 ampere untuk menghasilkan 1000 watt. Ukuran kawat yang dibutuhkan akan jauh lebih kecil. Inilah alasan mengapa motor listrik besar dirancang untuk beroperasi pada tegangan tinggi. Ampere rendah memungkinkan kabel yang lebih kecil digunakan. Saluran listrik adalah contoh yang baik untuk ini. Pada sisi tegangan tinggi (saluran listrik) dari sebuah transformator, kabel sangat kecil dibandingkan dengan kabel pada sisi tegangan rendah (sisi beban).

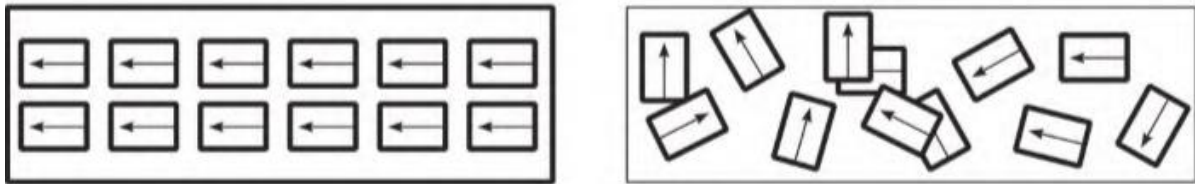
1.3 Magnet dan Rangkaian Magnetik

Magnet Batang

Magnet batang yang diilustrasikan pada Gambar 1.2 menunjukkan garis gaya (fluks) yang tidak terlihat keluar dari satu kutub dan menyelesaikan rangkaian magnet ke kutub lainnya. Garis gaya akan melalui udara, isolasi, dan bahan nonmagnetik. Magnet batang berada pada kekuatan magnet penuh ketika molekulnya sejajar, seperti yang terlihat pada Gambar 1.3.



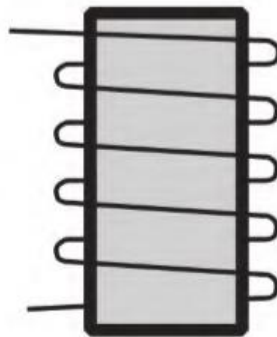
Gambar 1.2 Magnet batang punya garis-garis gaya yang bergerak dari satu kutub ke kutub lainnya, melalui udara.



Gambar 1.3 Magnet termagnetisasi penuh jika molekul-molekul besi disejajarkan.

Elektromagnet

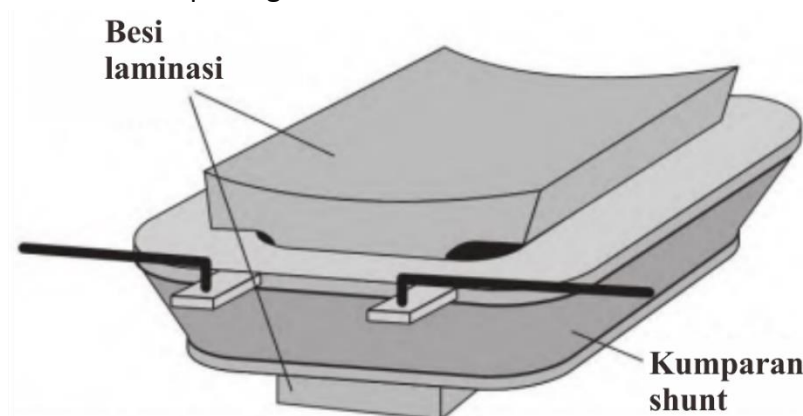
Sepotong besi dengan lilitan kawat di sekelilingnya membuat elektromagnet dasar (Gambar 14.). Kekuatan magnet dikendalikan dalam elektromagnet dengan menaikkan dan menurunkan ampere. Membalikkan aliran arus akan membalikkan polaritasnya.



Gambar 1.4 Elektromagnet terdiri dari sebatang besi dengan gulungan kawat yang dililitkan di sekelilingnya.

Kutub Magnet

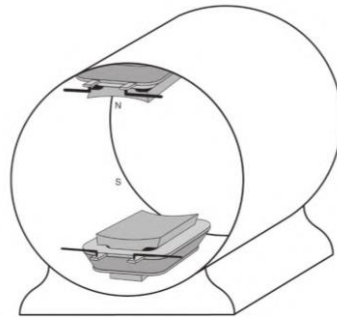
Tiang pada stator mesin DC adalah gulungan kawat yang dililitkan di sekitar sepotong besi (disebut sepatu tiang atau besi tiang), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.5. Sebuah tiang sama dengan 180 derajat listrik. Satu kutub utara dan satu kutub selatan sama dengan 360 derajat listrik. Selalu ada pasangan kutub.



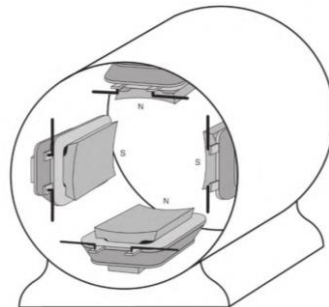
Gambar 1.5 Tiang medan terdiri dari besi laminasi atau padat dan kumparan kawat.

Lubang (melalui stator mesin) dibagi dengan sangat tepat dengan jumlah kutub. Derajat listrik sama dengan derajat mekanik pada motor dua kutub (seperti terlihat pada *Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)*)

Gambar 1.6). Setengah dari lingkaran mekanik akan berisi 360 derajat listrik dalam motor empat kutub (Gambar 1.7).



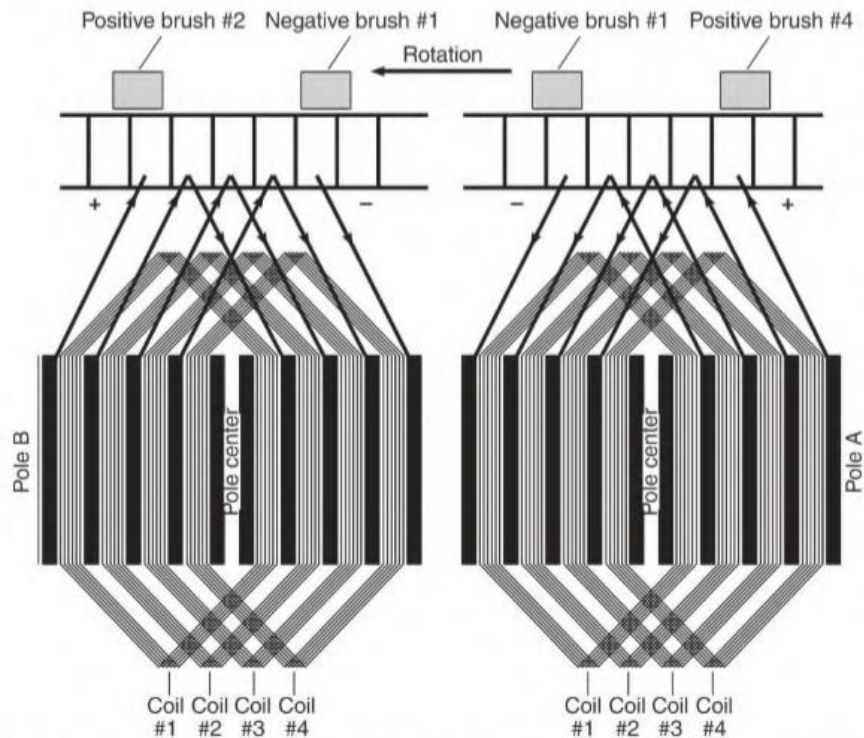
Gambar 1.6 Sebuah stator dua kutub.



Gambar 1.7 Sebuah stator empat kutub.

Putaran Ampere

Putaran ampere adalah istilah dalam rumus yang digunakan dalam mendesain tiang. Kekuatan tiang ditentukan oleh jumlah lilitan pada kumparannya dan jumlah ampere yang mengalir di dalamnya. Medan shunt pada mesin DC memiliki jumlah lilitan yang banyak dan ampere yang kecil. Lebih sedikit belokan dan lebih banyak ampere akan melakukan pekerjaan yang sama tetapi akan jauh lebih mahal untuk dioperasikan. Medan seri pada mesin DC berada pada rangkaian ampere tinggi. Ini memiliki belokan yang sangat sedikit, tetapi kekuatan magnetnya dapat dibandingkan dengan medan shunt.

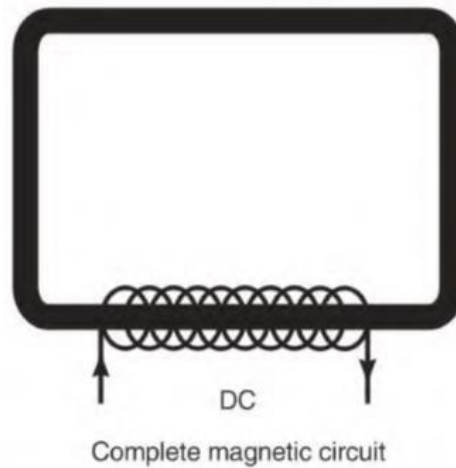


Gambar 1.8 Kutub terbentuk dalam rangkaian jangkar di sekitar kumparan yang berenergi.

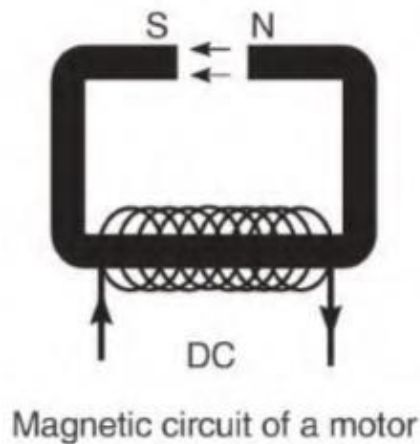
1.4 Rangkaian Mesin DC

Rangkaian motor listrik terkadang terlihat sangat rumit. Armature motor DC adalah contoh yang baik. Ketika kumparan armature yang diberi energi diisolasi dan ditampilkan (Gambar 1.8), mereka mengambil bentuk yang sama seperti elektromagnet yang ditunjukkan pada Gambar 1.4—sebuah gulungan kawat di sekitar sepotong besi. Sirkuit magnetik di sebagian besar motor adalah variasi dari elektromagnet dasar pada Gambar. 1.4.

Rangkaian magnet lengkap (menggunakan kumparan kawat sebagai sumber dayanya) ditunjukkan pada Gambar 1.9. Jumlah arus yang melalui kumparan mengontrol jumlah garis gaya (fluks) dalam loop magnet. Ketika loop magnet dibuka (Gambar 1.10), kutub utara dan selatan terbentuk di ujung besi. Arah aliran arus melalui kumparan menentukan polaritas di ujung besi. Pada motor atau generator, kutub-kutub ini diam dan merupakan bagian dari stator. Kulit luar stator membawa garis gaya dari kutub ke kutub. Jika magnet batang ditempatkan di lubang (Gambar 1.11), gaya magnet akan menyebabkan torsi. Magnet batang akan mencoba untuk sejajar dengan kutub stator seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.12. (Kutub yang berbeda tarik-menarik, dan kutub yang sejenis tolak-menolak.)



Gambar 1.9 Kumparan kawat yang diberi energi di sekitar loop besi memiliki jalur untuk fluks magnet yang diciptakannya.

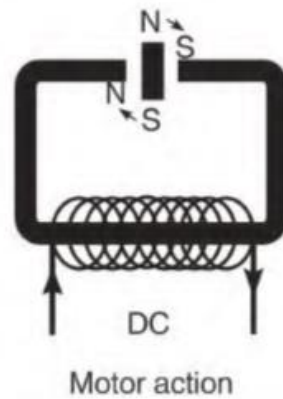


Gambar 1.10 Tiang-tiang terbentuk pada bukaan ketika loop besi dibuka.

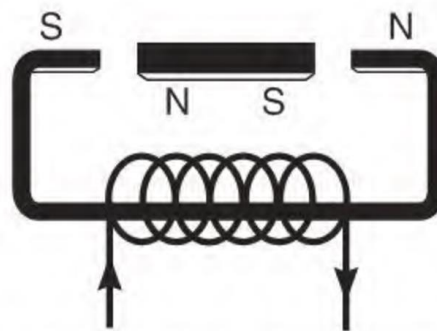
Gambar 1.13 menunjukkan aksi magnet dasar dari semua motor listrik. Kutub magnet batang mewakili magnetisme yang dikembangkan dalam Armaturmotor.

Saturasi Magnetik

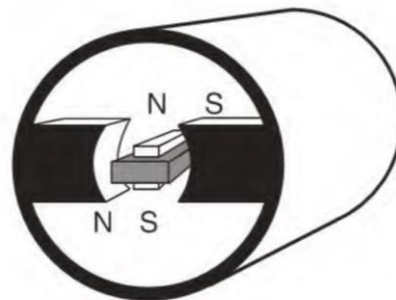
Setrika sirkuit magnetik memiliki kapasitas terbatas untuk membawa garis gaya. Ketika kapasitas ini tercapai, itu disebut saturasi magnetik atau termagnetisasi penuh. Ketika kapasitas besi terlampaui, itu disebut jenuh. Gambar 1.14 mengilustrasikan apa yang terjadi pada beberapa garis gaya ketika terjadi oversaturasi.



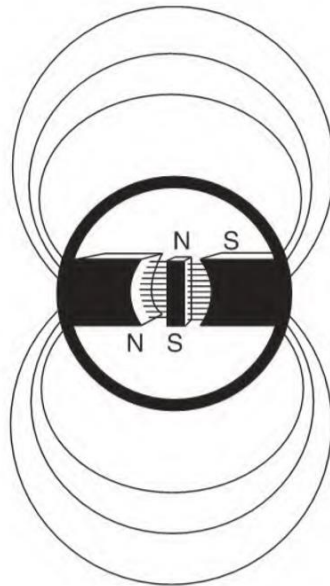
Gambar 1.11 Sebuah magnet batang yang ditempatkan di ruang terbuka menghasilkan torsi.



Gambar 1.12 Ketika magnet batang disejajarkan, tidak ada torsi, dan menjadi bagian dari jalur magnet.



Gambar 1.13 Sebuah stator (dengan elektromagnet di lubangnya) menggambarkan aksi motor dasar yang ditemukan di semua motor.



Gambar 1.14 Kejenuhan berlebih menyebabkan garis gaya magnet menembus udara (bila tidak ada ruang untuk itu di setrika).

Keseimbangan Magnetik

Perhatian besar diberikan untuk menyeimbangkan semua kutub secara magnetis letika motor dan generator listrik sedang dirancang. Kutub ditempatkan pada jarak yang sama satu sama lain di sekitar stator. Setiap kutub memiliki jumlah lilitan kawat yang sama dan menghasilkan jumlah magnet yang sama. Cangkang stator adalah bagian luar dari sirkuit magnetik. Setrika Armaturmelengkapi bagian dalam sirkuit magnetik. Ketidakseimbangan magnetik akan menyebabkan masalah bantalan, kehilangan daya, dan pemanasan internal di angker.

Posisi Netral di Stator

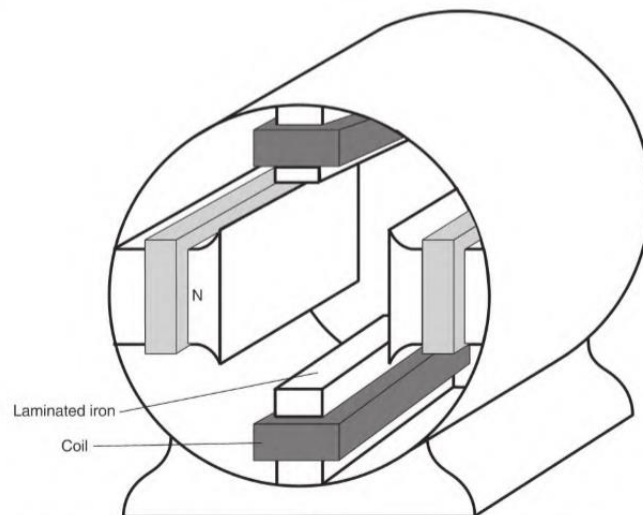
Titik netral terletak pada jarak yang sama antara kutub utara dan selatan. Netral magnet berjarak 90 derajat listrik dari setiap pusat kutub yang berdekatan. Interpol (dijelaskan nanti dalam bab ini) terletak di posisi netral stator (Gambar 1.15). Pengaturan sikat yang benar akan menyelaraskan pusat kutub armature dengan posisi netral stator pada semua mesin DC.

Rangkaian dari Mesin DC

Motor atau mesin DC memiliki tiga rangkaian dasar:

- Kabel armature dan interpole, A1 dan A2
- Seri field leads, S1 dan S2
- Shunt field leads, F1 dan F2

Mereka dirancang dengan berbagai kombinasi dan koneksi untuk memenuhi kebutuhan beban yang diberikan. Penjelasan lebih mendalam dari masing-masing komponen akan datang nanti dalam bab ini.



Gambar 1.15 Interpol dalam mesin dua kutub—terletak pada 90 derajat listrik—membentuk kutub stator.

Seperti yang dinyatakan sebelumnya, mesin DC dapat dipertukarkan sebagai motor atau generator, sehingga kata mesin digunakan dalam buku ini ketika penjelasan berlaku untuk motor dan generator.

- Armature menghasilkan semua daya sebagai generator. Ini menciptakan semua torsi sebagai motor. Armature dan interpoles adalah rangkaian seri. Tujuan dari interpoles adalah untuk meningkatkan pergantian sikat. Mereka terhubung baik antara A1 dan A2 dan armature atau antara armature.
- Medan seri dihubungkan secara seri dengan jangkar dan interpol. Tujuannya adalah untuk menstabilkan output mesin saat beban berubah.
- Medan shunt memberikan magnetisme untuk Armature. Garis gaya atau fluks (dihasilkan oleh medan shunt) menciptakan daya (VA) di armature sebagai generator dan menciptakan torsi sebagai motor.

1.5 Hukum Pembangkit Arus Searah

Ketika sebuah konduktor memotong atau dipotong oleh garis gaya magnet, tegangan dihasilkan di dalamnya. Besarnya tegangan dapat dikontrol dengan:

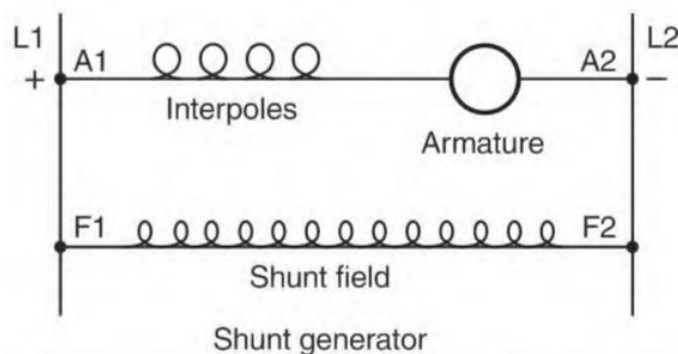
- Jumlah konduktor di armature
- Jumlah garis gaya magnet (atau fluks) dari stator
- Kecepatan di mana konduktor Armatur memotong atau dipotong melalui garis gaya

Jumlah konduktor sama dengan jumlah lilitan pada slot armature. Setiap putaran kawat memotong garis gaya dan menghasilkan sejumlah tegangan tertentu. Tegangan yang dihasilkan di setiap belokan ditambahkan ke belokan berikutnya—ini dibandingkan dengan baterai senter secara seri. Jumlah lilitan di slot armature menentukan output tegangan dasar generator. Jumlah garis gaya magnet (dipotong oleh konduktor angker) mengontrol nilai output tegangannya. Ketika jumlah garis gaya meningkat, nilai tegangan juga meningkat pada konduktor. Jumlah garis gaya dapat divariasikan dengan kontrol yang mengubah jumlah

ampere yang mengalir di medan stator. Tegangan keluaran akan bervariasi dengan perubahan aliran ampere melalui medan stator. Penyesuaian kontrol ini tidak akan membuat perubahan besar pada output tegangan generator. Kecepatan di mana konduktor memotong garis gaya ditentukan oleh RPM generator. Kecepatan yang disarankan ada di papan nama generator. Nilai output tegangan akan berubah dengan perubahan kecepatan.

1.6 Generator Shunt

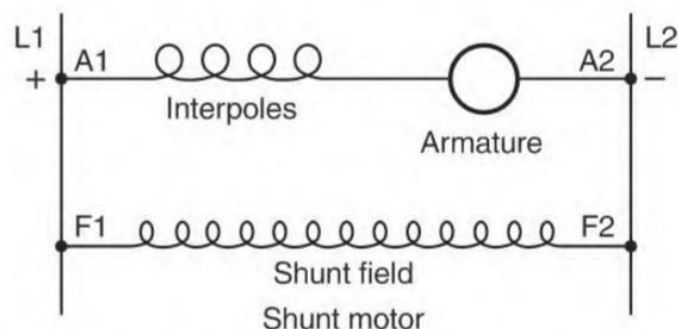
Generator shunt memiliki dua sirkuit (Gambar 1.16), Armatur dan interpol (A1 dan A2) dan medan shunt (F1 dan F2). Gambar 1.17 menunjukkan sambungan standar NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*) untuk rotasi berlawanan arah jarum jam menghadap ujung yang berlawanan dengan poros.



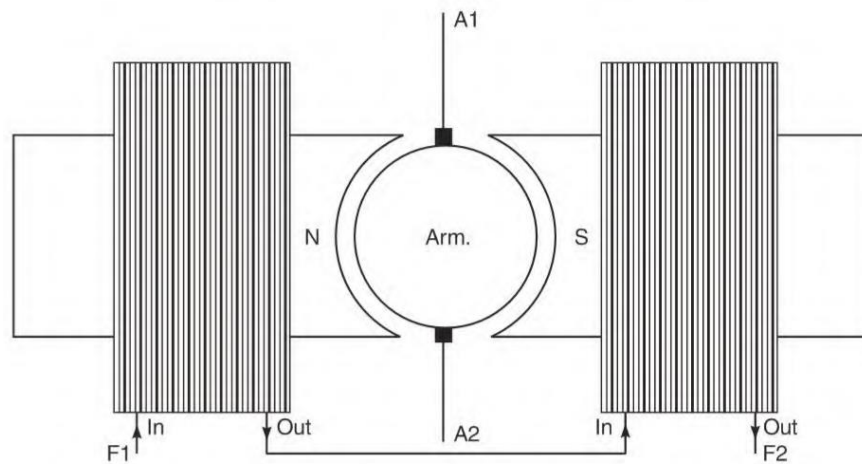
Gambar 1.16 Skema ini mengidentifikasi dua sirkuit yang ditemukan dalam generator shunt.

Armature dan Interpoles

Sadapan jangkar diidentifikasi sebagai A1 dan A2. Gulungan jangkar menghasilkan semua output daya generator. Jumlah lilitan kawat di slot armature menentukan nilai output tegangannya. Nilai ampere generator menentukan ukuran kawat belitan jangkar. Rangkaian armature terdiri dari banyak kumparan yang dihubungkan ke segmen komutator. Segmen komutator mengontrol arah aliran arus di setiap kumparan dinamo. Dasar-dasar sirkuit ini dan penjelasan yang lebih rinci disediakan di bagian, "Pengoperasian Motor DC." Interpole adalah kutub yang ditempatkan secara strategis di stator untuk mengurangi lengkung sikat. Mereka akan dibahas secara mendalam nanti dalam bab ini.



Gambar 1.17 Polaritas dorong standar NEMA dan kombinasi nomor lead untuk motor shunt.



Gambar 1.18 Sketsa ini menunjukkan bagaimana sambungan kutub-ke-kutub dibuat dalam mesin dua kutub.

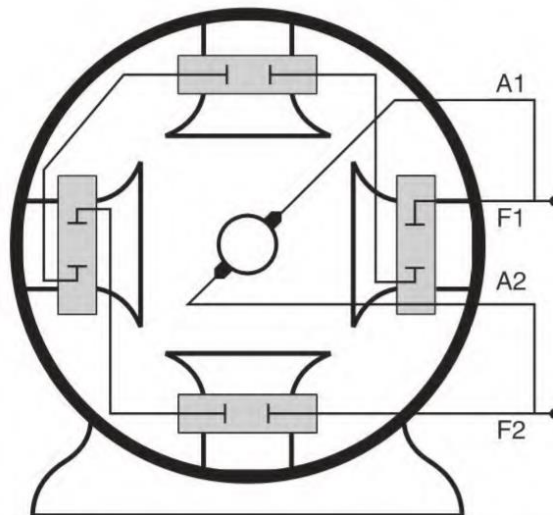
Medan Shunt

Medan shunt (Gambar 1.18) terdiri dari gulungan kawat dan besi laminasi. Setiap kumparan dan besinya membuat sebuah tiang. Gambar 1.19 menunjukkan sketsa empat kutub. Kumparan dihubungkan sehingga masing-masing memiliki polaritas yang berlawanan dari yang di sebelahnya. Jumlah kutub utara selalu sama dengan jumlah kutub selatan. Gambar 1.20 menunjukkan stator empat kutub.

Tujuan medan shunt generator adalah untuk memberikan garis gaya magnet (fluks) agar konduktor jangkar dapat dipotong. Daya dihasilkan saat konduktor jangkar memotong garis gaya. Kumparan medan shunt terdiri dari ratusan kaki kawat. Panjang total kawat dalam kumparan ini mengontrol arus. (Setiap ukuran kawat memiliki nilai resistansi per 1000 kaki.) Kuantitas besar kawat di sirkuit medan shunt menjaga agar kumparannya tidak terlalu panas.

Pengoperasian Generator Shunt Self-Excited

Besi kutub stator masih termagnetisasi dari penggunaan sebelumnya. Ini disebut magnet sisa. Beberapa garis gaya antara kutub dibuat oleh. Resistansi kontrol menurunkan jumlah ampere medan shunt— yang menurunkan jumlah garis gaya (fluks) yang dipotong oleh konduktor angker, menghasilkan tegangan yang lebih rendah. Medan shunt dapat dieksitasi secara terpisah dengan sumber daya lain. Eksitasi terpisah mengurangi penurunan tegangan yang umum terjadi pada desain self-excited.



Gambar 1.19 Sketsa ini menunjukkan bagaimana sambungan kutub-ke-kutub dibuat dalam mesin empat kutub.

1.7 Generator Seri

Generator seri memiliki dua rangkaian yang dihubungkan secara seri satu sama lain, yaitu armature dan interpoles (A1 dan A2) dan medan seri (S1 dan S2). Gambar 1.23 menunjukkan sambungan standar untuk rotasi berlawanan arah jarum jam yang menghadap ujung yang berlawanan dengan poros. Semua ampere yang dihasilkan oleh armature melewati medan seri. Kumparan medan seri dibangun dengan beberapa lilitan kawat yang cukup besar untuk membawa output ampere penuh dari generator. Kawat besar membuatnya menjadi rangkaian resistansi yang sangat rendah dibandingkan dengan rangkaian medan shunt.

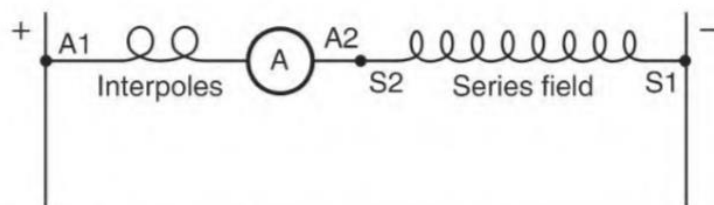


Gambar 1.20 Sebuah stator luka shunt empat kutub. Layanan MinePro P6-H.

Pengoperasian Generator Seri *Self-Excited*

Besi tiang medan memiliki magnet sisa dari operasi sebelumnya. Konduktor Armatur memotong garis gaya magnet sisa dan menghasilkan tegangan eksitasi. Tegangan keluaran akan tetap pada nilai tegangan eksitasi sampai diberikan beban. Tegangan eksitasi

akan menyebabkan sejumlah kecil arus mengalir melalui beban. Arus ini melewati medan seri, memperkuat magnetnya dan menciptakan lebih banyak garis gaya. Ketika konduktor Armatur memotong lebih banyak garis gaya, mereka menghasilkan tegangan dan ampere yang lebih tinggi sampai permintaan beban stabil. Output tegangan akan tetap pada nilai ini sampai lebih banyak beban ditambahkan. Output tegangan dan ampere akan meningkat dengan peningkatan beban sampai output daya penuh dari generator tercapai



Gambar 1.23 Skema generator seri.

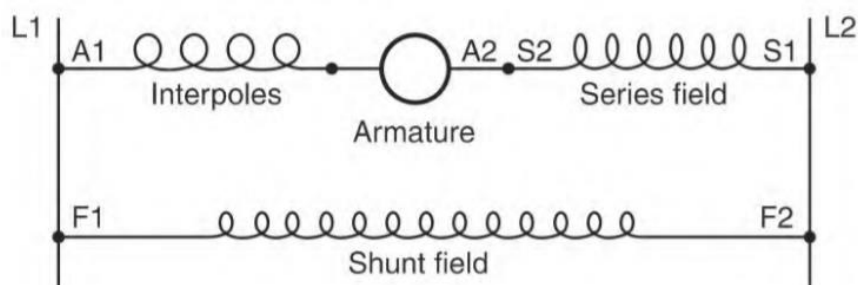
Pada saat ini, ampere dalam medan seri menciptakan saturasi magnetik penuh pada besi kutub. Generator seri tanpa beban akan menghasilkan tegangan eksitasi onty. Beban mengatur output tegangan. Karakteristik ini membatasi penggunaannya.

1.8 Generator Compound

Generator kompon memiliki tiga sirkuit (Gambar. 1.24), Armatur dan interpol (A1 dan A2), medan seri (S1 dan S2), dan medan shunt (F1 dan F2). Gambar 1.25 menunjukkan sambungan standar NEMA untuk rotasi berlawanan arah jarum jam yang menghadap ke ujung yang berlawanan dengan poros.

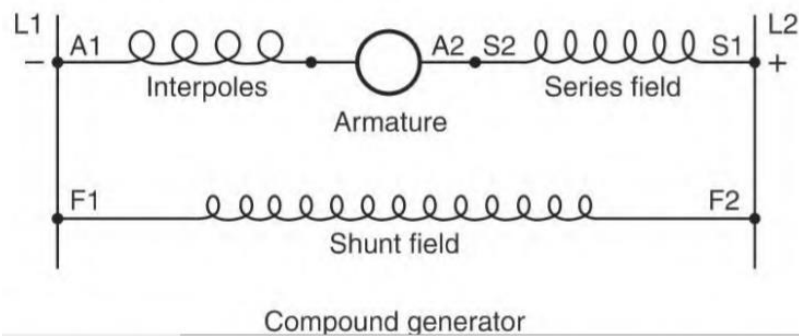
Armature dan Interpoles

Seperti yang ditunjukkan sebelumnya, sadapan jangkar diidentifikasi sebagai A1 dan A2. Gulungan jangkar menghasilkan semua output daya generator. Interpol memastikan pergantian yang baik.



Compound generator

Gambar 1.24 Sebuah generator kompon, menunjukkan tiga sirkuitnya.



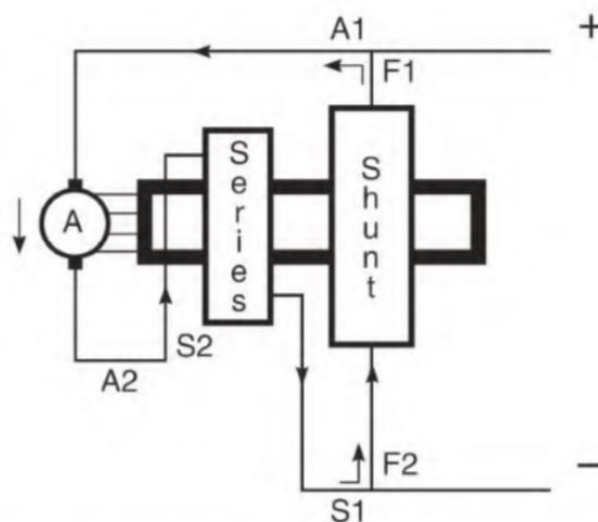
Gambar 1.25 Sambungan standar NEMA untuk generator kompon, menunjukkan polaritas dan nomor lead.

Bidang Seri

Medan seri (S1 dan S2) memiliki kumparan yang dililitkan di atas kumparan medan shunt atau kumparan yang dibentuk secara terpisah. Jika mereka luka di atas kumparan medan shunt, mereka dipisahkan dengan isolasi. Tidak ada hubungan internal antara kumparan medan seri dan medan shunt. Kumparan medan seri bisa menjadi panas karena berada dalam rangkaian ampere tinggi. Mereka terletak di bagian luar kumparan shunt, di mana mereka menerima pendinginan maksimum. Ketika kumparan medan seri dipisahkan, kumparan dibentuk, diisolasi, dan ditempatkan pada besi kutub antara kumparan medan shunt dan Armatur (Gambar 1.26)

Medan Shunt

Seperti dijelaskan sebelumnya, sadapan medan shunt diidentifikasi sebagai F1 dan F2. Tujuan medan shunt generator adalah untuk memberikan garis gaya magnet (fluks) agar konduktor jangkar dapat dipotong. Saat konduktor Armatur memotong garis gaya, daya dihasilkan.



Gambar 1.26 Aliran arus yang diciptakan oleh magnet sisa dan garis gaya yang dihasilkan.

Pengoperasian Generator Compound Self-Excited

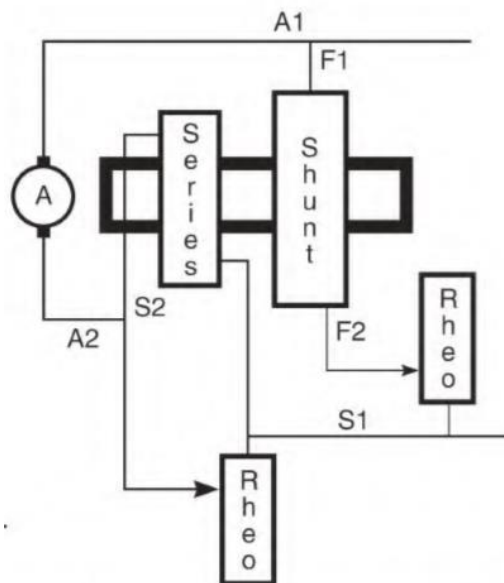
Magnet sisa yang tertinggal di tiang besi dari operasi sebelumnya menciptakan beberapa garis gaya. Konduktor jangkar memotong garis gaya ini dan menciptakan tegangan eksitasi. Tegangan eksitasi akan menyebabkan arus kecil mengalir pada medan seri dan shunt (Gambar 1.26). Arus ini meningkatkan kekuatan magnet dari besi tiang, menciptakan lebih banyak garis gaya (yang meningkatkan tegangan dan arus hingga output tegangan penuh tercapai). Pada saat ini, besi kutub memiliki saturasi magnetik penuh. Prosedur ini dapat memakan waktu beberapa detik. Medan shunt melengkapi hampir semua magnet tanpa beban.

Saat beban diterapkan, arus beban yang dihasilkan oleh jangkar melewati medan seri, menghasilkan garis gaya. Garis gaya ini menambah garis gaya medan shunt. Alih-alih besi kehilangan magnet (seperti generator shunt), medan seri mempertahankan daya magnet penuh. Hasilnya adalah kekuatan medan penuh dan tidak ada penurunan tegangan keluaran. Kekuatan tambahan dari medan seri menstabilkan tegangan saat beban meningkat. Banyaknya lilitan kawat pada medan seri secara langsung mempengaruhi besarnya tegangan stabilisasi yang dihasilkannya. Generator flat-compound memiliki lilitan yang cukup dalam bidang seri untuk menaikkan tegangan saat beban diterapkan. Ketika generator ini mencapai beban pengenal penuh, tegangan berada pada nilai papan nama.

Desain over-compound akan memiliki cukup belokan di bidang seri untuk menaikkan tegangan ke nilai yang lebih tinggi pada beban penuh daripada tanpa beban. (Output generator over-compound dapat dikontrol ke bawah untuk memenuhi kebutuhan beban.)

Kontrol Generator Compound

Gambar 1.27 menunjukkan kontrol generator kompon (dasar). Dua bagian utamanya adalah kontrol tegangan dan kontrol arus. (Kontrol dirancang untuk generator kompon berlebih dan mengontrol tegangan ke bawah.) Desain kontrol ini dapat bervariasi dari jenis resistor variabel sederhana hingga elektronik. Tipe yang lebih canggih akan bereaksi cepat terhadap perubahan beban dan menghasilkan keluaran daya yang sangat stabil. Kontrol tegangan memvariasikan ampere medan shunt. (Mengurangi ampere medan shunt mengurangi fluks magnet dan menurunkan tegangan output.) Kontrol ini tidak membuat perubahan besar pada tegangan. Komponen kontrol tegangan kecil dibandingkan dengan kontrol arus karena mereka mengontrol sejumlah kecil arus. Kontrol saat ini mengalihkan beberapa ampere langsung ke saluran, melewati bidang seri. (Medan seri menaikkan tegangan saat beban meningkat.) Kenaikan tegangan dikendalikan oleh mengalihkan beberapa ampere. Komponen kontrol arus besar karena mereka mengontrol ampere tinggi.



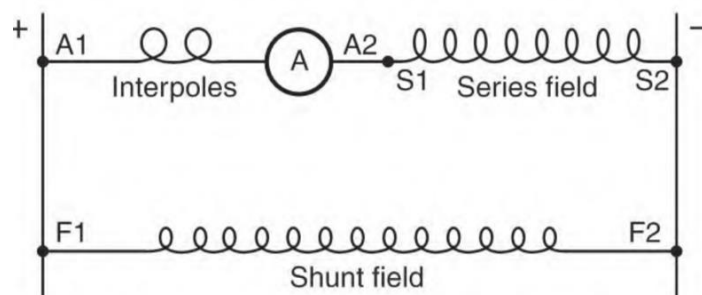
Gambar 1.27 Sebuah generator kompon dengan kontrolnya. Kontrol medan shunt adalah kontrol tegangan, dan kontrol medan seri adalah kontrol arus.

Koneksi Compound Kumulatif (Generator)

Sambungan untuk generator kompon yang dijelaskan sebelumnya disebut kompon kumulatif. Jika medan seri dihubungkan sehingga polaritasnya sama dengan medan shunt, koneksi tersebut disebut kumulatif. Sambungan ini menambahkan fluks magnet (garis gaya) dari medan seri ke medan shunt saat beban meningkat. Hal ini cenderung untuk menstabilkan output tegangan.

Koneksi Compound Diferensial (Generator)

Ketika polaritas medan seri berlawanan dengan medan shunt, hubungan ini disebut diferensial. Koneksi ini (Gambar 1.28) memiliki efek yang berlawanan dengan koneksi kumulatif. Fluks medan seri (garis gaya) akan membatalkan jumlah fluks medan shunt yang sama. Ini menghasilkan lebih sedikit garis gaya untuk memotong konduktor angker, menyebabkan output tegangan generator turun. Jika beban diturunkan, tegangan akan meningkat.



Gambar 1.28 Hubungan diferensial, dengan medan seri menekuk medan shunt.

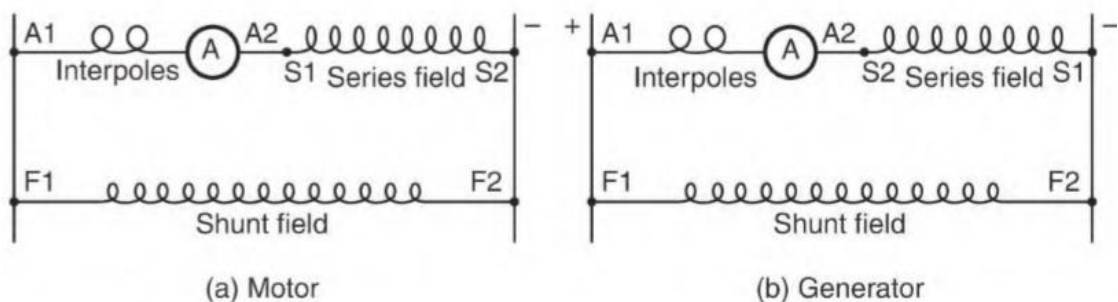
Sambungan diferensial pada generator digunakan untuk melindungi beban yang dapat rusak oleh ampere tinggi. Contohnya adalah motor yang mengalami kemacetan atau

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

kelebihan beban biasa. Sambungan ini digunakan pada generator peralatan pertambangan besar dan semua generator DC arc-welder.

Sambungan Medan Seri untuk Motor dan Generator

Arus yang mengalir melalui armature motor berlawanan dengan generator. Sebuah motor menggunakan ampere dari saluran. Sebuah generator menghasilkan ampere. Sadapan medan seri S1 dan S2 harus dibalik ketika motor digunakan sebagai generator, dan sebaliknya. Gambar 1.29 menunjukkan koneksi standar NEMA untuk kedua aplikasi. Jika koneksi motor digunakan pada generator, aliran ampere melalui medan seri membuat koneksi menjadi diferensial.



Gambar 1.29 (a) Standar NEMA untuk motor, (b) Standar NEMA untuk generator.

Koneksi Mesin Tujuan Khusus

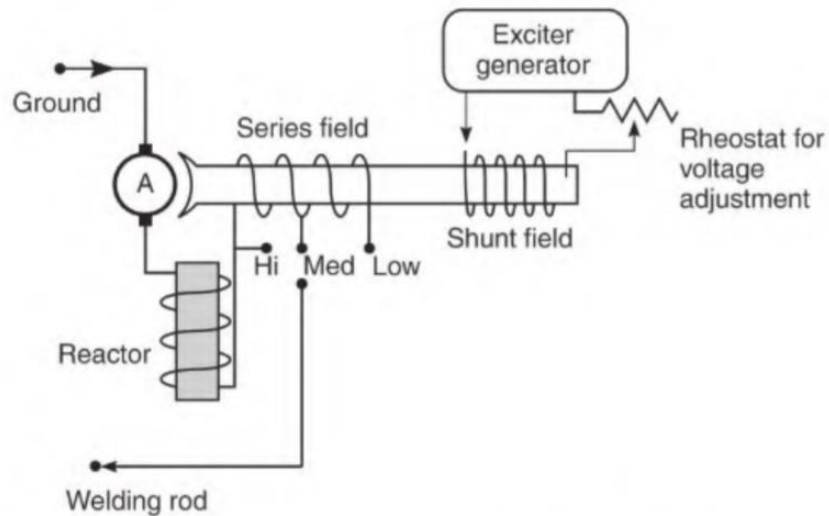
Beberapa “mesin tujuan khusus” memiliki sambungan internal yang menghubungkan rangkaian armature-interpole dengan rangkaian medan seri. Mereka memiliki satu lead armature dan satu field lead seri. Membalikkan sadapan ini membalikkan rotasi dan mengubah sambungan dari kumulatif ke diferensial.

1.9 Las Listrik DC

Sambungan diferensial digunakan dalam las busur DC (Gambar 1.30). Komponen-komponen tukang las antara lain :

- Pembangkit eksitasi
- Bidang shunt
- Armature dan interpoles
- Bidang seri
- Reaktor

Generator exciter adalah sumber DC terpisah untuk medan shunt. (Ini normal, sebuah generator kecil yang terpasang di dalam mesin.) Ini menyediakan daya hanya untuk bidang shunt dari las. Output dayanya sangat konstan dan tidak terpengaruh oleh beban pengelasan.

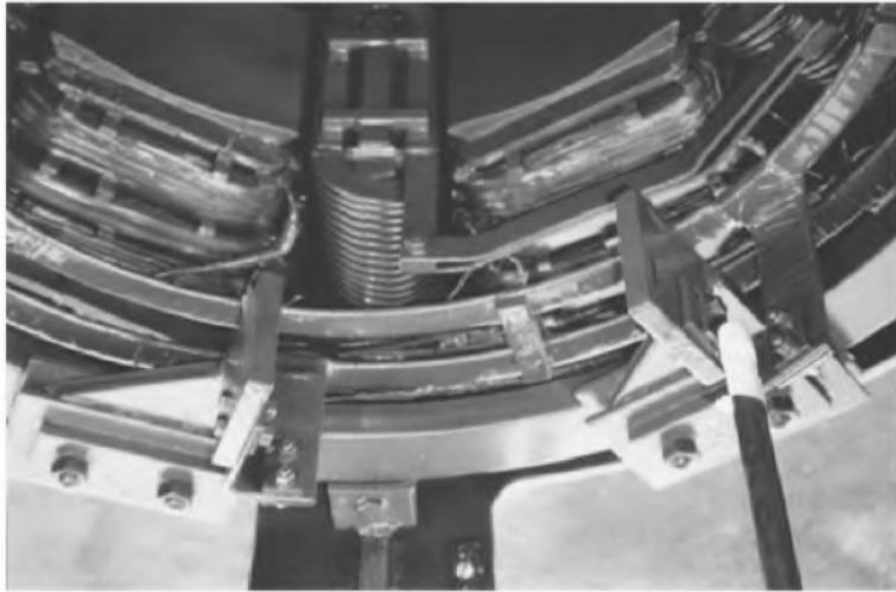


Gambar 1.30 Semua generator DC welder memiliki komponen dasar yang sama.

Medan shunt terletak pada besi kutub yang sama dengan medan seri. Ini menyediakan sumber konstan garis gaya magnet untuk konduktor Armatur untuk memotong. Tidak ada sambungan listrik antara dua sirkuit. Beban pengelasan bervariasi dari ampere pendek yang sangat tinggi hingga ampere busur yang tinggi. Ini pada dasarnya adalah short terkontrol. Untuk alasan ini, penting untuk menggairahkan medan shunt secara terpisah agar tidak terpengaruh oleh permintaan beban pengelasan.

Medan shunt membutuhkan sejumlah kecil ampere, sehingga kontrolnya kecil. Tegangan keluaran las divariasikan hanya dalam jumlah kecil dengan kontrol ini. Konduktor jangkar dan interpole harus sangat besar. Karena tegangan rendah dan keluaran ampere tinggi, hanya ada beberapa lilitan kabel di slot armature. (Mereka terbuat dari kawat datar besar.) Kumputan interpole dihubungkan secara seri dengan angker. (Gulungan mereka juga terbuat dari kawat datar besar.) Putaran koil interpole diberi jarak untuk pendinginan maksimum.

Kumputan medan seri memiliki konduktor yang sangat besar. Putaran kumputan diberi jarak untuk pendinginan maksimum (Gambar 1.31). Biasanya ada tiga atau lebih keran yang terhubung ke bidang seri. Keran ini memilih jumlah ampere sesuai kebutuhan dan merupakan kontrol arus untuk las. Ketukan yang mencakup semua putaran bidang seri akan menghasilkan jumlah maksimum fluks pembatalan dan akan menjadi ketukan ampere terendah. Ketukan lainnya akan mencakup lebih sedikit putaran bidang seri. Tap ampere tertinggi akan mencakup paling sedikit putaran medan seri. Kumputan reaktor terdiri dari konduktor yang sangat besar. Mereka dikelilingi oleh besi (Gambar 1.30). Tujuan reaktor adalah untuk melawan perubahan aliran arus yang tiba-tiba.



Gambar 1.31 Kumbaran dengan lilitan terpisah untuk pendinginan maksimum.

Pengoperasian Generator Las DC

Ketika generator las mencapai kecepatan dan membaca untuk mengelas, konduktor jangkar memotong garis gaya medan shunt, menciptakan tegangan penuh. Pada saat ini, tegangan antara batang las dan logam yang akan dilas berada pada nilai tertinggi. Ketika batang las membentur logam, terjadi korsleting dan permintaan ampere sangat tinggi. Ampere tinggi mengalir melalui bidang seri dan membuat fluks pembatalan. Fluks pembatalan menurunkan output tegangan generator, mengurangi kemungkinan batang sekering ke setrika. Reaksi medan seri, bagaimanapun, tidak cukup cepat untuk mencegah sekering. (Inilah mengapa reaktor diperlukan.)

Pengoperasian Reaktor Las

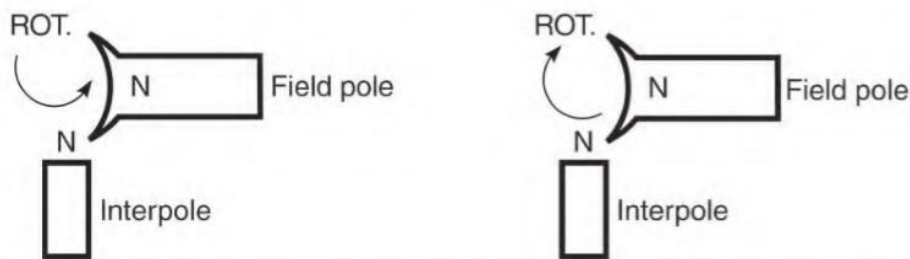
Ampere tinggi yang tiba-tiba tertunda (dan diturunkan) saat melewati reaktor. Penundaan ini disebabkan oleh magnetisasi besi reaktor. Penundaan listrik ini memungkinkan operator untuk memulai busur pengelasan tanpa batang sekering ke setrika. Busur memiliki resistensi yang jauh lebih tinggi terhadap aliran arus daripada ketika batang dihubungkan singkat ke logam. Resistansi busur yang lebih tinggi akan menyebabkan penurunan aliran ampere secara tiba-tiba. Pada saat ini, besi reaktor sangat termagnetisasi.

Ketika ampere turun tiba-tiba, medan magnet reaktor runtuh. Saat medan magnet runtuh, garis gayanya memotong konduktor reaktor, menciptakan tegangan. Tegangan ini menambah tegangan generator, mempertahankan busur. Tanpa reaktor, busur akan padam. Tanpa efek reaktor, batang akan cenderung menempel atau menyatu dengan logam. Busur akan sulit untuk dibangun dan dipelihara. Bidang seri saja tidak akan bereaksi cukup cepat. Reaktor adalah bagian yang sangat penting dari operasi Generator las DC.

Interpol

Tujuan dari interpoles adalah untuk mengurangi lengkung sikat. Interpole adalah gulungan kawat berat di sekitar sepotong tiang besi. Interpol biasanya dihubungkan secara seri satu sama lain. Sebagai satu unit, mereka terhubung antara A1 dan Armatur atau antara Armatur dan A2. Lead mereka biasanya terhubung secara internal ke pemegang sikat (tanpa lead eksternal yang dapat diakses). Interpoles dapat dibalik secara internal agar sesuai dengan aplikasi.

Beberapa mesin tujuan pasti memiliki sambungan internal yang menghubungkan rangkaian armature-interpole dengan rangkaian medan seri. Dalam hal ini, akan ada satu sadapan jangkar dan satu sadapan medan seri. Polaritas antar kutub dalam generator akan sama dengan kutub medan di depannya (dalam arah putaran) (Gambar 1.32). Polaritas antar kutub pada motor akan sama dengan kutub medan di belakangnya (dalam arah putaran) (Gambar 1.32). Akan ada interpol sebanyak jumlah kutub medan, atau setengahnya. Jika ada setengah jumlah interpol, setiap kumparan interpol akan berisi sekitar dua kali lebih banyak lilitan.



Gambar 1.32 Polaritas dan arah putaran generator (kiri) dan motor (kanan).

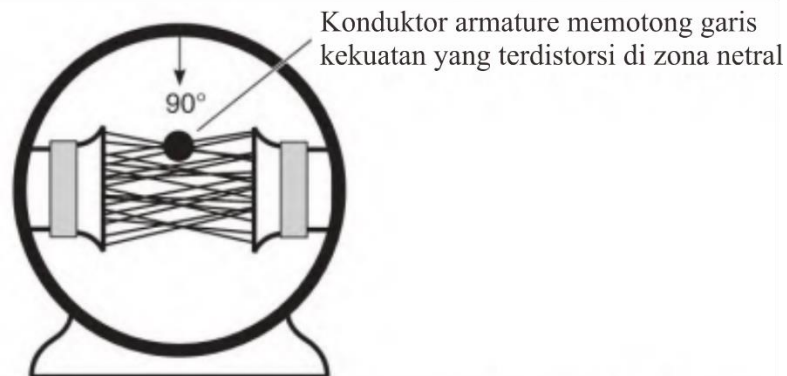
Operasi Interpole

Fluks dua medan magnet menjadi terdistorsi jika keduanya berdekatan. Dalam mesin DC, medan magnet jangkar mendistorsi medan magnet medan stator. Besarnya distorsi bervariasi dengan perubahan ampere beban jangkar. Garis gaya yang terdistorsi menjadi masalah ketika dipaksa masuk ke zona netral.

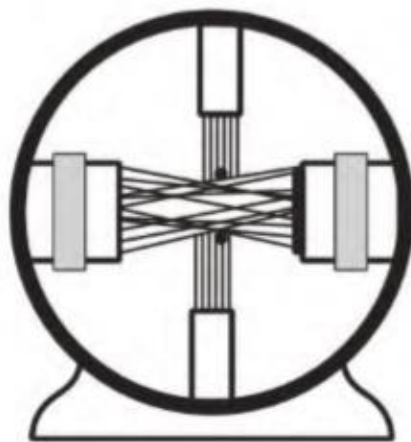
Konduktor jangkar di zona netral terhubung ke segmen komutator yang sedang diaktifkan oleh sikat. Nilai tegangan batang-ke-batang harus hanya sebagian dari tegangan saluran. Konduktor dalam posisi ini tidak boleh memotong garis gaya, dan tidak boleh ada tegangan yang dihasilkan di dalamnya. Pengaruh medan magnet jangkar mendistorsi garis gaya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.33. Konduktor jangkar di zona netral memotong garis gaya yang terdistorsi. Ini menciptakan tegangan yang tidak diinginkan dalam konduktor. Nilai tegangan yang tidak diinginkan menambah nilai tegangan saluran. Tegangan bar-to-bar komutator sekarang menjadi terlalu tinggi. Hasilnya adalah lengkungan yang berlebihan pada Sikat.

Sikat dapat digeser untuk mengurangi lengkung, tetapi jika beban berubah, lengkung akan kembali menjadi berlebihan. Salah satu alasan mengapa sikat melengkung secara berlebihan adalah tegangan batang ke batang terlalu tinggi untuk insulasi untuk menahannya. Interpoles terletak di zona netral. Ketika ampere dinamo melewati interpol maka akan

menciptakan garis gaya magnet di zona netral (Gambar 1.34). Garis-garis gaya ini dipotong oleh konduktor jangkar yang menghasilkan tegangan di dalamnya. Tegangan ini adalah polaritas kebalikan dari tegangan yang tidak diinginkan yang dijelaskan di atas dan membatalkannya. Hasilnya kurang melengkung. Polaritas antar kutub sangat penting. Jika polaritasnya salah, tegangan yang dihasilkan oleh mereka akan menambah tegangan yang tidak diinginkan alih-alih membatalkannya. Tegangan batang-ke-batang menjadi sangat tinggi, menghasilkan lengkung sikat yang sangat berlebihan.



Gambar 1.33 Garis gaya magnet menjadi terdistorsi oleh kemagnetan jangkar



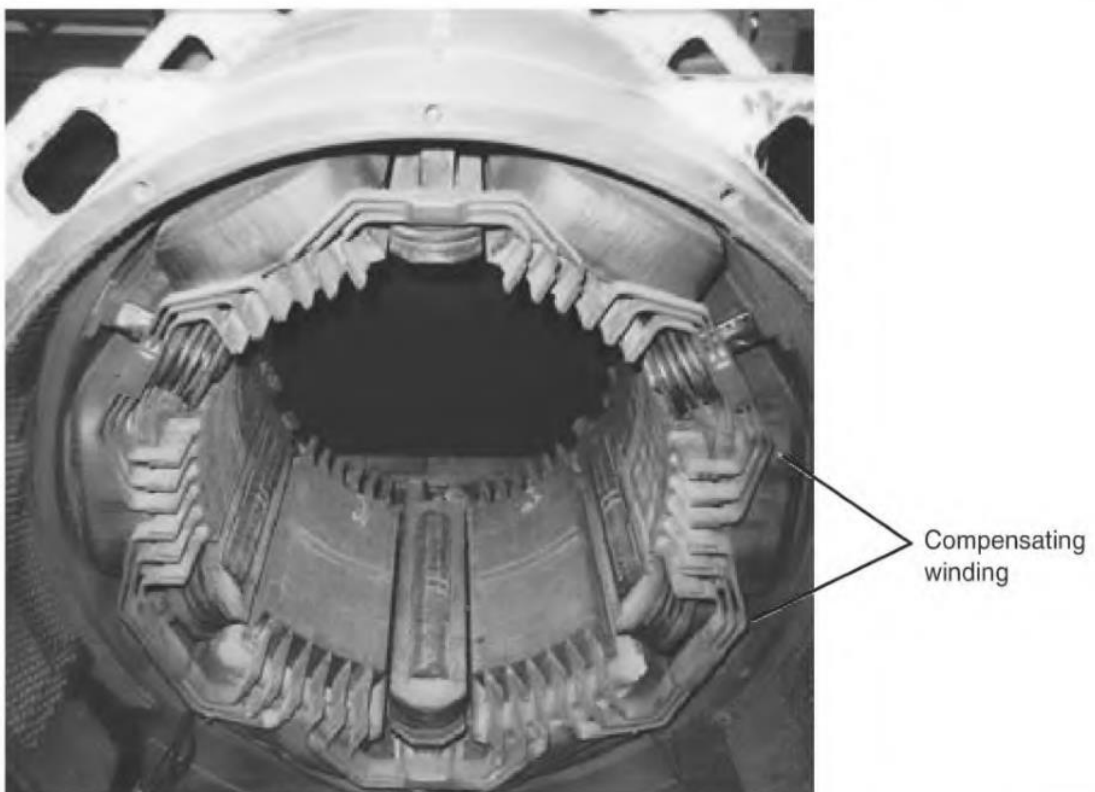
Gambar 1.34 Garis gaya magnet dari interpole dipotong, menciptakan tegangan pembatalan yang menetralkan tegangan yang tidak diinginkan (yang dihasilkan oleh garis gaya yang terdistorsi).

Besarnya distorsi medan berhubungan langsung dengan jumlah ampere pada rangkaian jangkar. Dengan interpole yang dihubungkan secara seri dengan jangkar, jumlah garis gaya bervariasi dengan jumlah ampere jangkar. Ini secara otomatis menciptakan jumlah tegangan pembatalan yang tepat yang diperlukan untuk meminimalkan lengkung sikat. Interpole harus memiliki jumlah lilitan kawat yang tepat. Jika jumlah putaran yang diperlukan melibatkan sebagian kecil putaran, jumlah putaran berikutnya yang lebih tinggi digunakan. Dalam hal ini, shim nonmagnetik ditempatkan di bawah besi interpole. Mereka menyempurnakan medan magnet interpole dengan kekuatan yang tepat yang dibutuhkan.

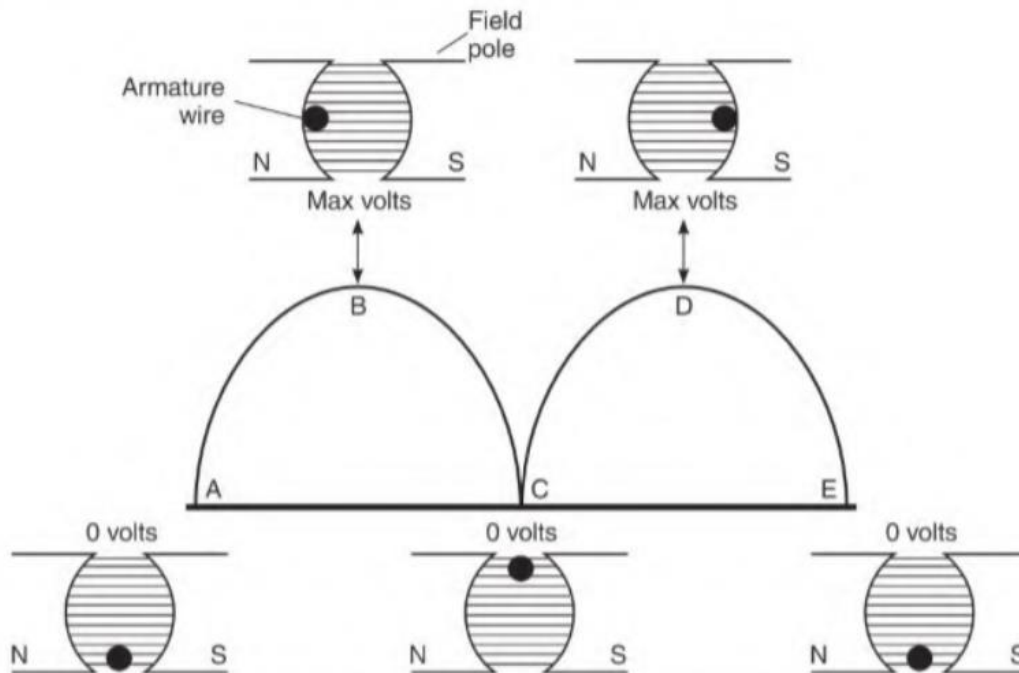
Shim nonmagnetik setara dengan meningkatkan celah udara (jarak antara besi kutub dan anker). Meningkatkan celah udara melemahkan kekuatan tiang. Penggunaan shim nonmagnetik memungkinkan kekuatan kutub melemah dan tetap menjaga celah udara yang sama untuk semua interpol. Produsen motor DC menyesuaikan besi dan shim interpol. Jika dibongkar, sangat penting bahwa shim dan besi tiang dipasang kembali ke lokasi aslinya.

Lilitan Kompensasi

Lilitan kompensasi (Gambar 1.35) merupakan perpanjangan dari interpol. Ini seri dengan Armatur dan merupakan bagian dari sirkuit interpole. Ini membawa efek interpole ke pusat besi kutub medan. (Hal ini diperlukan untuk motor dengan diameter lubang yang besar dan variasi beban yang lebar.) Ketika ada perubahan beban yang tiba-tiba, pengaruh interpole saja tidak mencakup area tiang yang cukup untuk mengontrol busur. Gulungan kompensasi biasanya terdiri dari satu putaran (batang tembaga berat) yang tertanam di slot (dipotong di muka besi tiang medan). Karena arus yang tinggi, lilitan ujung dan sambungan lilitan kompensasi melampaui kumparan medan shunt. Setiap kawat yang membawa arus tinggi yang terletak di ujung lilitan kumparan shunt akan mendistorsi medan magnet kumparan. Hasilnya akan menjadi ketidakseimbangan magnet dan lengkung sikat.



Gambar 1.35 Belitan kompensasi pada mesin DC besar. Layanan Pertambangan P&H.



Gambar 1.36 Jumlah tegangan (dihasilkan oleh konduktor) berubah saat bergerak melintasi permukaan kutub.

Pengoperasian Motor DC

Generator dan motor DC dapat dipertukarkan. Sirkuit jangkar mereka memiliki kabel besar dan resistansi yang sangat rendah dan melakukan semua output ampere sebagai generator. Ketika digunakan sebagai motor, rangkaian jangkar resistansi rendah terhubung ke tegangan saluran. Karena resistansinya yang rendah, ia akan menuntut ampere yang sangat tinggi. Teks berikut menjelaskan bagaimana ampere dikendalikan dalam rangkaian jangkar motor. Ini juga membandingkan konduktor Armature yang menghasilkan tegangan di generator dan konduktor yang sama yang menghasilkan torsi di motor.

Satu Konduktor Armature dalam Generator saat Melewati Dua Kutub

Dalam generator DC, konduktor dari armature memotong garis gaya yang disediakan oleh medan stator dan menghasilkan daya. Pada Gambar 1.36, kita dapat mengikuti satu konduktor saat melewati kutub stator dua kutub. Nilai tegangan konduktor berubah ketika posisinya berubah.

Setiap kutub stator sama dengan 180 derajat listrik, sehingga memungkinkan untuk menggambarkan lokasi pada kutub terlepas dari ukuran fisik motor. Sirkuit magnetik khusus ini terdiri dari dua kutub. Bersama-sama mereka sama dengan 360 derajat listrik. Gambar 1.36 mengilustrasikan nilai tegangan yang dihasilkan oleh konduktor saat memotong garis gaya dua kutub. Pada posisi A, konduktor tidak memotong garis gaya karena bergerak searah dengannya. (Ini adalah posisi netral, di mana tidak ada tegangan yang dihasilkan.) Saat konduktor bergerak menuju posisi B, konduktor memotong lebih banyak garis gaya, meningkatkan tegangannya. Ketika konduktor mencapai posisi B, itu akan memotong garis

gaya maksimum dan menciptakan tegangan maksimum. Konduktor sekarang berada di titik 90° kutub.

Saat konduktor bergerak menuju posisi C, ia memotong semakin sedikit garis gaya sampai tidak memotong garis gaya apa pun (seperti posisi A). Saat konduktor memasuki kutub selatan, ia menghasilkan tegangan yang berlawanan. Pada titik ini, komutator membalikkan polaritas konduktor. Arus terus mengalir dalam arah yang sama seperti pada posisi B (arus searah). Saat konduktor bergerak menuju posisi D, ia memotong lebih banyak dan lebih banyak garis gaya, dan tegangannya meningkat. Ketika mencapai posisi D, tegangan output kembali menjadi nilai maksimum. Saat konduktor bergerak menuju posisi E, ia memotong semakin sedikit garis gaya sampai, seperti posisi A, output tegangan posisi E adalah nol. Konduktor telah bergerak 360 derajat listrik.

Kontra-tegangan

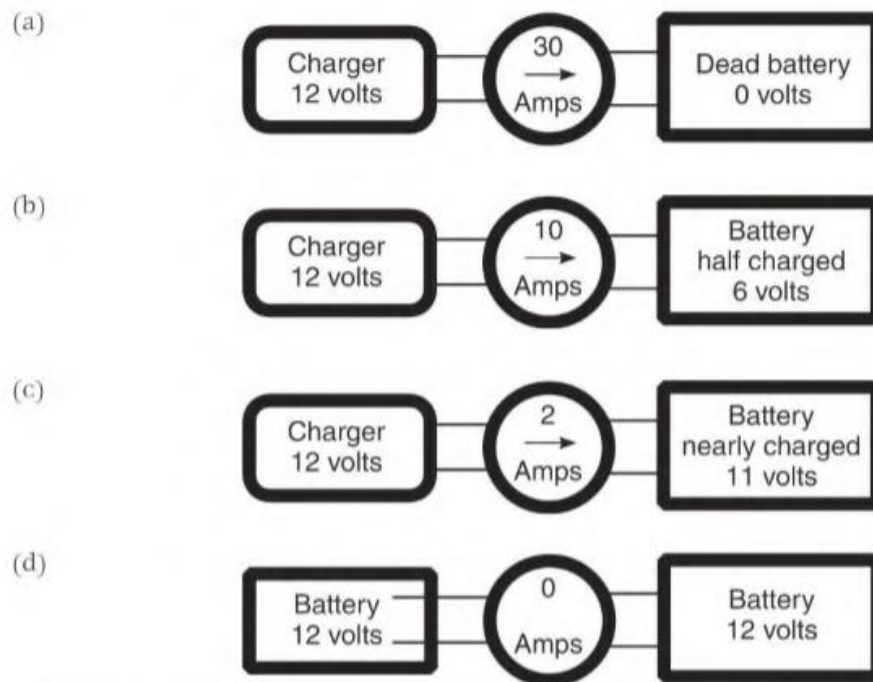
Saat armature motor berputar, konduktornya menghasilkan torsi dan permintaan ampere dari sumber daya. Torsi motor dan magnitudo ampere sesuai dengan magnitudo tegangan generator di lokasi yang sama di kutub, seperti yang terlihat pada Gambar. 1,36 dan 1,37. Karena konduktor jangkar bergerak dalam medan magnet, mereka memotong garis gaya dan menghasilkan tegangan. Tegangan yang mereka hasilkan berlawanan dengan polaritas sumber listrik. Ini disebut counter-voltage (gaya gerak listrik counter, atau counter emf). Nilai tegangan balik tergantung pada kecepatan jangkar dan kekuatan medan stator. Tegangan balik yang dihasilkan (saat armature motor berputar) membatalkan tegangan saluran dalam jumlah yang sama. Ini menurunkan jumlah tegangan saluran yang diterapkan pada resistansi rangkaian jangkar. Counter-voltage menjaga ampere di sirkuit armature pada nilai yang aman. Resistansi dari rangkaian jangkar sangat rendah sehingga tanpa tegangan balik, belitan jangkar akan rusak dalam waktu singkat.

Counter-voltage Dibandingkan dengan Pengisian Baterai

Ampere yang dikendalikan oleh tegangan balik dapat dibandingkan dengan baterai yang sedang diisi. (Bila pengisi daya baterai dipasang ke baterai mati, arus ampere tinggi.) Arus ampere tinggi dalam motor DC (Gambar. 1.38a) ketika Armaturstasioner dan tegangan saluran diterapkan. Motor dalam contoh ini dirancang untuk 100 volt dan 2 ampere. Armature memiliki hambatan 5 ohm. Seratus volt dibagi 5 ohm menghasilkan 20 ampere yang mengalir melalui jangkar pada 0 RPM.

Pada Gambar 1.38b tegangan baterai mencapai 6 volt, atau "setengah terisi". Enam volt dalam baterai membatalkan 6 volt pengisi daya, dan ampere turun. Ini dibandingkan dengan motor yang berputar setengah kecepatan (Gambar 1.38b). Pada kecepatan setengah, motor menghasilkan 50 volt tegangan balik. Lima puluh volt tegangan balik membatalkan 50 volt dari saluran. Lima puluh volt dibagi 5 ohm menurunkan ampere motor menjadi 10 amp. Gambar 1.38c menunjukkan baterai hampir terisi 11 volt. Ini membatalkan semua kecuali 1 volt pengisi daya, menghasilkan ampere rendah. Ini dibandingkan dengan putaran jangkar pada kecepatan pengenalnya. Pada Gambar 1.38c, semua kecuali 10 volt dibatalkan oleh

tegangan balik. Ini meninggalkan 10 volt melawan 5 ohm resistensi di angker, memungkinkan 2 ampere mengalir. Ini adalah rating ampere beban penuh motor.



Gambar 1.38 (a) Perbandingan dibuat antara baterai mati yang diisi dan motor yang dimuat mulai. (b) Baterai yang terisi setengah dibandingkan dengan motor dengan kecepatan setengah, (c) Baterai hampir terisi daya dibandingkan dengan motor yang berjalan (pada kecepatan pengenalnya), (d) Dua baterai terisi penuh, dihubungkan seperti yang ditunjukkan, tidak akan ada aliran arus di antara mereka.

Jika dua baterai dengan muatan yang sama dihubungkan paralel (Gambar 1.38d), positif ke positif dan negatif ke negatif, tidak ada ampere yang akan mengalir di antara keduanya. Dua belas volt dalam satu baterai akan membatalkan 12 volt yang lain. Jika Armaturmotor entah bagaimana diputar cukup cepat, itu menghasilkan tegangan balik yang sama dengan tegangan saluran. Pada kecepatan ini, tidak akan ada ampere yang mengalir dalam rangkaian jangkar. Jika armature diputar lebih cepat, motor akan menjadi generator.

Kontra-voltase dalam Armature Motor

Sirkuit jangkar memiliki resistansi rendah. Ketika tegangan diterapkan padanya, lonjakan ampere yang tinggi melewati sirkuit. Ini memberikan torsi Armatur yang cukup untuk berputar. Saat Armatur berputar, konduktornya memotong garis gaya medan shunt. Tindakan ini menghasilkan tegangan balik di konduktor. Ampere Armatur dikendalikan tegangan balik, resistansi kabel, dan beban. Saat Armatur memperoleh kecepatan, tegangan balik meningkat dan membatalkan lebih banyak dan lebih banyak tegangan saluran. Saat tegangan saluran dibatalkan, ampere di sirkuit jangkar turun. Ini menerapkan logika Hukum Ohm: Ketika volt diturunkan, resistansi tidak berubah, dan ampere berkurang. Pada kecepatan pengenal, hanya ampere yang dibutuhkan oleh beban dan rugi-rugi internal motor yang diperlukan. Motor 500

volt mengembangkan daya penuh dengan semua kecuali 10 hingga 15 volt saluran dibatalkan oleh tegangan balik.

Sembilan puluh lima sampai sembilan puluh delapan persen aliran arus potensial rangkaian jangkar dibatalkan oleh tegangan balik. Tanpa tegangan balik, ampere tinggi dan panas yang dihasilkan akan merusak angker. Dibongkar, itu akan berakselerasi ke kecepatan tinggi yang merusak. Jika teknisi tidak mengetahui tegangan balik, pengujian rangkaian jangkar akan sangat membingungkan. Jika tegangan dan ampere pelat nama digunakan untuk mencari resistansi rangkaian jangkar, resistansi sebenarnya jauh lebih rendah.

Kecepatan Dasar

Kecepatan dasar adalah jumlah RPM pada beban penuh (dengan tegangan penuh diterapkan pada rangkaian jangkar dan medan). Pada kecepatan dasar, motor mengeluarkan tenaga kuda dan RPM papan nama.

Di bawah Kecepatan Dasar

Di bawah kecepatan dasar dicapai dengan mengendalikan arus melalui jangkar, dengan tegangan penuh diterapkan ke medan shunt. Dengan medan shunt penuh energi, motor memiliki torsi konstan (dari nol ke kecepatan dasar). Akibatnya, output tenaga kuda motor akan meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan. Kontrol ini juga digunakan untuk menghidupkan motor.

Di atas Kecepatan Dasar

Kontrol kecepatan dasar di atas digunakan setelah motor mencapai kecepatan dasar, dengan tegangan penuh diterapkan ke rangkaian jangkar. Saat ampere diturunkan di medan shunt, medan magnetnya melemah. Medan magnet yang lebih lemah mengurangi jumlah garis gaya. Lebih sedikit garis gaya yang dipotong oleh konduktor jangkar menurunkan tegangan balik. Lebih sedikit tegangan balik memungkinkan lebih banyak ampere mengalir di sirkuit angker. Motor berakselerasi ke kecepatan di atas kecepatan dasar asli dan kecepatannya distabilkan.

Medan shunt yang lebih lemah menghasilkan torsi yang lebih sedikit, tetapi dengan peningkatan RPM, motor masih memiliki tenaga kuda yang sama. Kontrol ini juga disebut kontrol torsi kontrol kecepatan dasar atau kontrol pelemahan medan. Motor DC memiliki torsi konstan di bawah kecepatan dasar dan tenaga kuda konstan di atas kecepatan dasar. Kualifikasi ini memenuhi tuntutan sebagian besar beban.

Torsi Motor DC

Motor DC memiliki karakteristik torsi yang sangat baik. Komutator mengganti satu sirkuit pada satu waktu di slot angker. Slot berisi satu atau lebih kumparan (sirkuit). Saat kumparan ini diubah, mereka mengontrol magnetisasi gigi besi slot. Saat magnet pada besi Armatur berubah dari utara ke selatan, ia melakukannya satu gigi pada satu waktu, menghasilkan torsi yang sangat halus pada semua kecepatan.

1.10 Motor Shunt

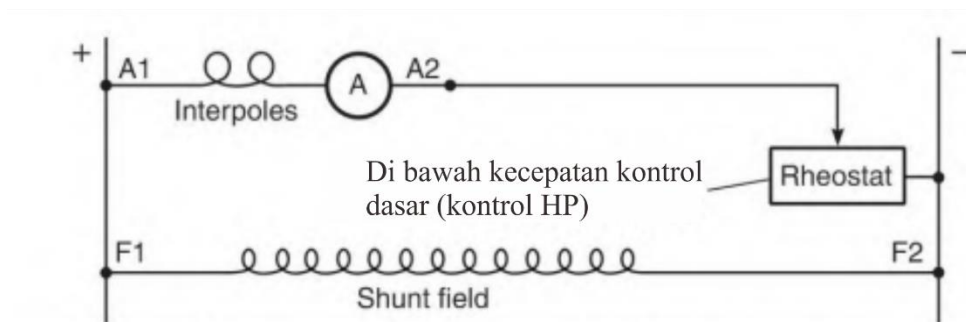
Motor shunt memiliki dua sirkuit: Armatur dan interpole (A1 dan A2) dan medan shunt (F1 dan F2) (Gambar 1.39). (Kontrol arus untuk memulai Armatur juga diilustrasikan.) Gambar 1.40 menunjukkan sambungan standar NEMA untuk rotasi berlawanan arah jarum jam yang menghadap ujung yang berlawanan dengan poros.

Armature dan Interpoles

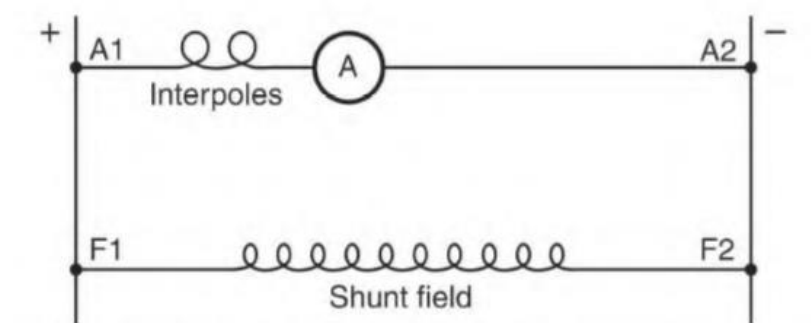
Seperti yang ditunjukkan sebelumnya, sadapan jangkar diidentifikasi sebagai A1 dan A2. Gulungan jangkar menghasilkan semua output torsi motor. Interpol memastikan pergantian yang baik.

Medan Shunt

Sadapan medan shunt diidentifikasi sebagai F1 dan F2. Tujuan medan shunt motor adalah untuk melengkapi kutub magnet agar kutub Armatur dapat menarik atau menolak dan menciptakan torsi.



Gambar 1.39 Skema motor shunt ini menunjukkan hubungan dan kendali jangkar.



Gambar 1.40 Sambungan motor shunt standar NEMA. Rotasi berlawanan arah jarum jam, menghadap ke ujung yang berlawanan dengan poros.

Pengoperasian Motor DC Shunt

Ketika motor shunt dihidupkan, medan shunt diberi energi dengan tegangan penuh. Kontrol jangkar menempatkan resistansi secara seri dengan rangkaian jangkar, membatasi ampere ke tingkat yang tidak merusak. Kontrol memungkinkan cukup ampere melalui Armatur untuk memulai beban. Ini kemudian menurunkan resistansi sampai motor

berakselerasi ke kecepatan yang dipilih. Jika motor shunt tidak dibebani, motor akan berakselerasi ke kecepatan tanpa beban ketika tegangan penuh diterapkan ke sirkuitnya. Pada kecepatan ini, tegangan balik memungkinkan hanya beberapa ampere yang diperlukan untuk rugi-rugi jangkar. (Ini termasuk gesekan bantalan, beban kipas pendingin, windage.) RPM tanpa beban motor shunt lebih tinggi dari yang ditunjukkan pada pelat nama.

Saat beban diterapkan pada poros, kecepatan jangkar melambat. Konduktor jangkar sekarang memotong lebih sedikit garis gaya dan menciptakan lebih sedikit tegangan balik. Lebih sedikit tegangan balik memungkinkan lebih banyak ampere mengalir di sirkuit angker. RPM sekarang akan stabil pada kecepatan yang lebih rendah. Beban kemudian ditingkatkan ke tenaga kuda pengenalan motor. Pada beban penuh, motor akan beroperasi pada ampere pelat nama dan RPM. Jika medan shunt terputus atau terbuka saat motor berjalan dengan tanpa beban, Armatur akan berakselerasi sampai hancur. Armature akan menjadi terlalu panas jika motor dibebani dan tidak dapat berakselerasi. Tanpa magnetisme medan shunt, Armatur mengembangkan tegangan balik yang sangat kecil. Hanya resistansi belitan jangkar yang akan membatasi ampere.

Perhatian : Menstarter Motor DC Besar dengan Tegangan Line akan menyebabkan ampere yang terlalu tinggi pada rangkaian armature dan akan merusak komutator

1.11 Magnet Permanen Motor DC

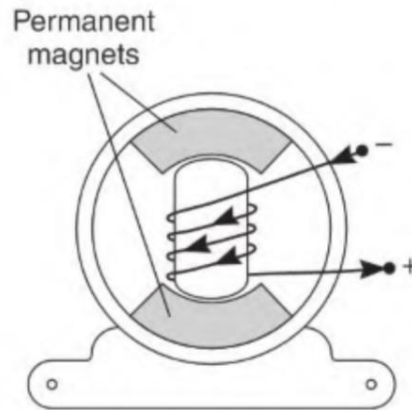
Magnet Permanen Motor DC dapat menahan getaran dan banyak kondisi buruk lainnya lebih baik daripada motor dengan kumparan medan lilitan. Armature adalah satu-satunya rangkaian listrik pada motor DC magnet permanen. Stator memiliki magnet permanen yang diikat pada cangkangnya. Magnet permanen tidak setebal kumparan medan, sehingga diameter motor lebih kecil daripada motor kumparan medan lilitan.

Pengoperasian Motor Magnet Permanen

Motor magnet permanen beroperasi seperti motor shunt. Magnet memberikan torsi dan tegangan balik (seperti kumparan medan shunt). Kekuatan magnet permanen, bagaimanapun, tidak dapat dikendalikan. Jika magnet kehilangan kekuatan, motor akan berjalan lebih cepat dari RPM papan nama. Beban yang membutuhkan lebih banyak tenaga kuda (saat kecepatan meningkat) menyebabkan armature menjadi terlalu panas dan gagal.

Memulihkan Magnetisme

Jika motor magnet permanen berjalan lebih dari 10 persen di atas RPM papan nama (tanpa beban), magnetnya perlu dimagnetisasi ulang (diukur ulang). Kemagnetan pada magnet yang lemah dapat dipulihkan dengan magnet yang lebih kuat. Magnet yang sangat kuat akan membawa magnet yang lemah menjadi kekuatan penuh hampir seketika. Pusat perbaikan motor listrik menggunakan peralatan khusus (unit re-gaussing dan elektromagnet) untuk re-gaussing magnet lemah. Unit re-gaussing berisi sejumlah besar kapasitor DC. Ketika terisi penuh, kapasitor ini dapat—untuk sesaat—mengeluarkan arus DC yang sangat tinggi.



Gambar 1.41 Elektromagnet yang dibuat untuk mengukur ulang motor magnet permanen yang lemah.

Elektromagnet dirancang agar sesuai dengan lubang motor magnet permanen. Itu ditempatkan di lubang motor, seperti yang diilustrasikan pada Gambar. 1.41. Kapasitor unit re-gaussing dilepaskan melalui kumparan elektromagnet—sekali atau dua kali—menciptakan magnet yang sangat kuat. Magnet motor hampir seketika diukur ulang. Motor kemudian dirakit dan diuji coba. Motor magnet permanen besar memiliki kumparan medan magnetisasi yang melilit magnet permanen. Kumparan medan ini mendemagnetisasi dan memagnetisasi ulang magnet permanen. (Sangat sulit untuk melepas armature kecuali magnet permanen telah mengalami demagnetisasi.) Setelah motor diperbaiki dan motor dipasang kembali, DC diterapkan ke medan magnet sampai magnet permanen dimagnetisasi ulang.

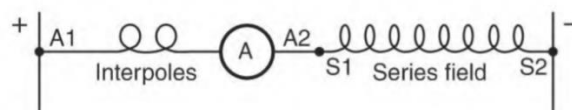
Magnet permanen memiliki kekuatan penuh saat motor berjalan kurang dari 10 persen di atas RPM papan nama tanpa beban. (Kabel medan magnetisasi dipisahkan dan diisolasi saat tidak digunakan.) Magnet permanen stator akan kehilangan daya jika armature dibiarkan keluar dari stator untuk waktu yang lama. Rotor yang pas, sepotong besi, atau Armaturlain harus dimasukkan ke dalam lubang. Ini melengkapi jalur magnet. Ini mirip dengan penjaga yang digunakan pada magnet tapal kuda. Kemagnetan juga bisa melemah jika motor dibalik (dicolokkan) saat berjalan. Penyebab lain yang diduga adalah penanganan yang kasar.

1.12 Motor Seri

Motor seri memiliki dua sirkuit, Armatur dan interpol, A1 dan A2, dan medan seri, S1 dan S2 (Gambar 1.42). Gambar 1.43 menunjukkan sambungan standar NEMA untuk rotasi berlawanan arah jarum jam menghadap ujung yang berlawanan dengan poros.



Gambar 1.42 Sambungan standar NEMA



Gambar 1.43 Skema standar NEMA dari motor seri. Rotasi berlawanan arah jarum jam menghadap ujung berlawanan poros.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.43, kedua sirkuit dihubungkan secara seri satu sama lain. Semua ampere jangkar melewati medan seri. Hal ini membuat perlu untuk membuat kumparan medan seri dengan kawat yang cukup besar untuk membawa ampere penuh motor. Kawat besar yang digunakan dalam kumparan medan seri membuatnya menjadi rangkaian resistansi rendah yang sangat besar. Ampere melalui medan seri dibatasi oleh tegangan balik yang dikembangkan di anker. Medan seri (S1 dan S2) tidak boleh memiliki tegangan DC pengenal motor yang diterapkan padanya.

Pengoperasian Motor Seri

Motor seri memiliki torsi awal yang sangat tinggi. Permintaan ampere armature sangat tinggi (pada 0 RPM). Ampere tinggi yang sama mengalir melalui medan seri, menghasilkan torsi awal yang sangat kuat. Saat Armatur dipercepat, ia mengembangkan tegangan balik. Counter-voltage menurunkan ampere melalui armature dan medan seri. Lebih sedikit ampere melalui bidang seri menurunkan jumlah garis gaya. Ini menurunkan jumlah tegangan balik dan torsi.

Tegangan balik tidak pernah menjadi cukup tinggi untuk mengontrol kecepatan motor seri, seperti halnya dengan motor shunt. Hanya beban yang akan membuat motor ini tidak hancur sendiri karena RPM tinggi. (Secara teknis, ia tidak memiliki kecepatan tertinggi.) Motor seri besar harus memiliki "perlindungan tanpa beban" dalam kendalinya. Beban biasanya penggerak langsung, jadi motor ini harus selalu dibebani.

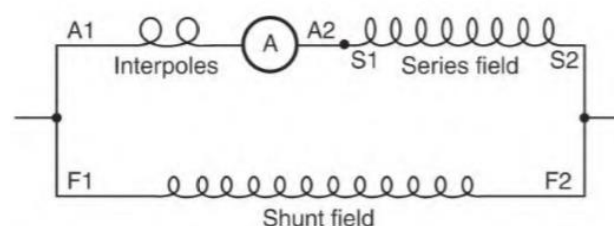
Starter untuk mesin mobil adalah motor seri. Meskipun kecil, ia memiliki torsi awal yang sangat tinggi. Perkakas listrik juga memiliki motor seri. Gesekan roda gigi dan bantalan serta kipas pendingin mencegahnya mengembangkan RPM yang berlebihan.

1.13 Motor DC Compound

Motor DC kompon memiliki tiga sirkuit (Gambar 1.44), Armatur dan interpol (A1 dan A2), medan shunt (F1 dan F2), dan medan seri (S1 dan S2). Gambar 1.45 menunjukkan sambungan standar NEMA untuk rotasi berlawanan arah jarum jam menghadap ujung yang berlawanan dengan poros.

Armature dan Interpoles

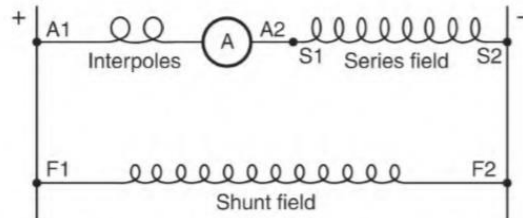
Seperti yang ditunjukkan sebelumnya, lead Armatur dan interpole diidentifikasi sebagai A1 dan A2. Gulungan jangkar menghasilkan semua output torsi motor. Interpol memastikan pergantian yang baik.



Gambar 1.44 Motor kompon dengan armature, interpol, medan seri, dan medan shunt.

Medan Shunt

Seperti yang ditunjukkan sebelumnya, sadapan medan shunt diidentifikasi sebagai F1 dan F2. Tujuan dari medan shunt adalah untuk memberikan garis gaya magnet (fluks). Konduktor jangkar berinteraksi dengan fluks medan shunt untuk menghasilkan torsi dan tegangan balik.



Gambar 1.45 Sambungan standar NEMA untuk motor kompon. Rotasi berlawanan arah jarum jam, menghadap ke ujung yang berlawanan dengan poros.

Bidang Seri

Seperti dijelaskan sebelumnya, medan seri (S1 dan S2) dihubungkan secara seri dengan A1 dan A2. Arus jangkar melewati medan seri, menambah kekuatan magnet pada besi kutub. Ini menstabilkan kecepatan motor ketika beban bervariasi.

Pengoperasian Compound Kumulatif Terhubung Motor Majemuk

Medan shunt dihubungkan secara paralel dengan rangkaian medan Armatur dan seri. Dibongkar, motor mulai dan berakselerasi ke kecepatan yang ditentukan oleh medan shunt. (Medan shunt menghasilkan tegangan balik yang cukup untuk menstabilkan kecepatan.) Saat beban diterapkan, ampere meningkat di angker. Arus jangkar melewati medan seri, menghasilkan garis gaya. Garis gaya ini ditambahkan ke garis gaya medan shunt, menghasilkan peningkatan kekuatan medan dan torsi. Kekuatan tambahan dari medan seri menstabilkan RPM saat beban diterapkan. Berbeda dengan motor shunt, motor ini tidak melambat saat beban bertambah.

Jumlah lilitan kawat dalam medan seri secara langsung mempengaruhi jumlah stabilisasi yang dilakukan. Desain kompon datar memiliki cukup belokan di bidang seri untuk menaikkan RPM saat beban diterapkan. Ketika beban pengenal tercapai, RPM stabil pada nilai pelat nama. Desain over-compound memiliki belokan yang cukup di bidang seri untuk menaikkan RPM ke nilai yang lebih tinggi pada beban penuh daripada tanpa beban. Ini adalah desain yang lebih populer. Kontrol motor memberikan rentang kecepatan yang luas.

Motor Shunt yang Stabil

Desain shunt yang distabilkan memiliki sedikit putaran di bidang seri. Medan seri adalah Compound diferensial terhubung. Ketika beban meningkat, arus medan dinamo dan seri meningkat. Magnetisme medan seri yang dihasilkan membatalkan beberapa magnetisme medan shunt. Ini menurunkan tegangan balik dengan sangat cepat dan memungkinkan lebih banyak ampere mengalir di angker. Motor akan bereaksi cepat terhadap perubahan beban

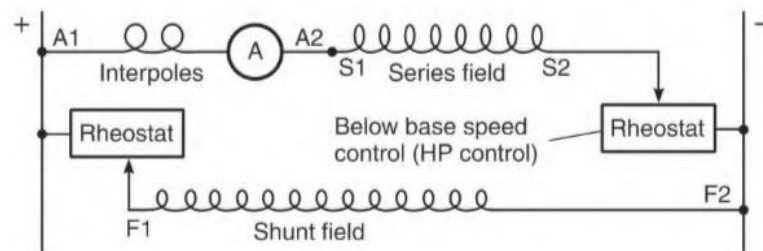
mendadak. Beberapa efisiensi hilang dengan desain ini. Perawatan dan Pemecahan Masalah Motor Listrik.

1.14 Kontrol Kecepatan pada Motor DC Compound

Papan nama motor menunjukkan kecepatan dasar motor. Gambar 1.46 menunjukkan kontrol motor kompon dasar. Kontrol dapat berkisar dari rheostat yang digerakkan tangan hingga sirkuit elektronik. Terlepas dari kerumitannya, mereka akan mengontrol komponen motor seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1.46.

Kontrol Armature untuk Memulai dan di Bawah Kecepatan Dasar

Tegangan penuh harus diterapkan ke medan shunt ketika kontrol Armaturdigunakan. Tegangan penuh ke medan shunt akan memberikan torsi konstan motor (dari nol ke kecepatan dasar). Kontrol Armaturmemungkinkan cukup ampere melalui Armaturuntuk memberikan torsi yang memisahkan diri. Resistansi diturunkan secara bertahap saat motor mulai berakselerasi. Motor berakselerasi ke RPM yang dibutuhkan oleh beban. Tegangan penuh diterapkan ke Armaturpada kecepatan dasar.



Gambar 1.46 Kontrol dasar untuk komponen motor DC. Rheostat jangkar membatasi arus untuk memulai dan mengontrol kecepatan dasar di bawah. Kadang-kadang disebut kontrol tenaga kuda. Kontrol medan shunt adalah kontrol kecepatan dasar di atas dan kadang-kadang disebut kontrol torsi.

Kontrol Bidang Shunt untuk Memulai dan untuk Kecepatan Dasar Di Atas

Kontrol medan shunt (Gambar 1.46) menerapkan tegangan penuh ke medan shunt saat motor dihidupkan. Motor berakselerasi sampai RPM stabil pada kecepatan dasar. Pada RPM ini, garis gaya yang diberikan oleh medan shunt adalah maksimum. Ampere yang mengalir dalam jangkar dibatasi oleh tegangan berlawanan dengan nilai yang diperlukan untuk beban dan rugi-rugi internal motor.

Kontrol medan shunt (kadang-kadang disebut kecepatan dasar di atas, pelemahan medan, atau kontrol torsi) sekarang dapat digunakan. Ini menambah resistensi pada medan shunt, menurunkan ampere. Ini akan mengurangi garis gaya magnet atau fluks medan shunt. Lebih sedikit magnet dari medan shunt menurunkan tegangan balik dan memungkinkan lebih banyak ampere mengalir di angker. Hasilnya adalah kecepatan dasar yang lebih tinggi. Torsi berkurang, tetapi peningkatan RPM memberi motor tenaga kuda konstan di atas kecepatan dasar. Semua kontrol memiliki fitur kehilangan medan yang mematikan motor jika rangkaian medan shunt terbuka. Jika medan shunt terputus atau terbuka saat motor berjalan tanpa

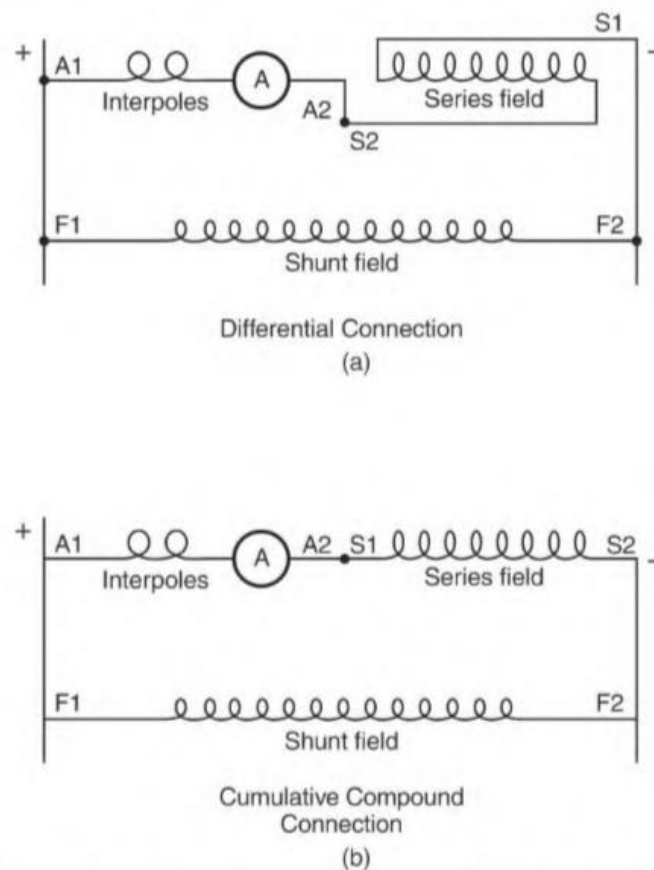
beban, Armaturdinamo akan berakselerasi hingga rusak. Jika motor dibebani dan tidak dapat berakselerasi, armature akan terbakar. Tanpa magnetisme medan shunt, jangkar mengembangkan tegangan balik yang sangat kecil. Hanya resistansi belitan jangkar yang membatasi ampere. Komponen kontrol yang digunakan untuk mengontrol medan shunt kecil karena jumlah ampere yang dibutuhkan medan shunt kecil. Medan shunt dapat dieksitasi secara terpisah dengan sumber daya yang berbeda. Dengan eksitasi terpisah, tegangan suplai medan shunt tidak terpengaruh oleh ampere tinggi dari rangkaian jangkar.

Koneksi Diferensial (Motor)

Sambungan untuk motor kompon (dijelaskan sebelumnya) memiliki medan seri yang terhubung sehingga polaritasnya sama dengan medan shunt. Hubungan ini disebut kumulatif. Ini menambahkan fluks magnet (garis gaya) dari medan seri ke medan shunt, memungkinkan motor mempertahankan RPM stabil saat beban berubah. Ketika polaritas medan seri berlawanan dengan medan shunt, hubungan ini disebut diferensial. Dengan koneksi diferensial (Gambar 1.47), medan seri memiliki efek yang berlawanan dengan koneksi kumulatif (bukan menambah medan magnet shunt, medan seri mengurangnya).

Ketika beban meningkat, ampere medan seri meningkat. Jika dihubungkan ke kutub yang berlawanan sebagai medan shunt, fluks medan seri (garis gaya) membatalkan jumlah fluks medan shunt yang sama. Ini mengurangi garis gaya yang dipotong oleh konduktor jangkar, menurunkan tegangan balik. Tegangan balik yang lebih rendah memungkinkan ampere melalui Armaturmeningkat. Ampere armature yang lebih tinggi akan mempercepat motor ke kecepatan yang lebih tinggi. Kecepatan yang lebih tinggi meningkatkan tegangan balik, menurunkan ampere di armature dan rangkaian medan seri.

Fluks medan shunt (berenergi penuh) dengan cepat menurunkan kembali kecepatan jangkar. Ketika permintaan beban kembali memperlambat angker, siklus dimulai lagi. Hasilnya adalah ayunan kecepatan yang lebar.



Gambar 1.47 Dalam hubungan diferensial (a) medan seri dihubungkan berlawanan dengan medan shunt. Sambungan kumulatif (b) digunakan kecuali jika bidang seri dirancang untuk sambungan diferensial.

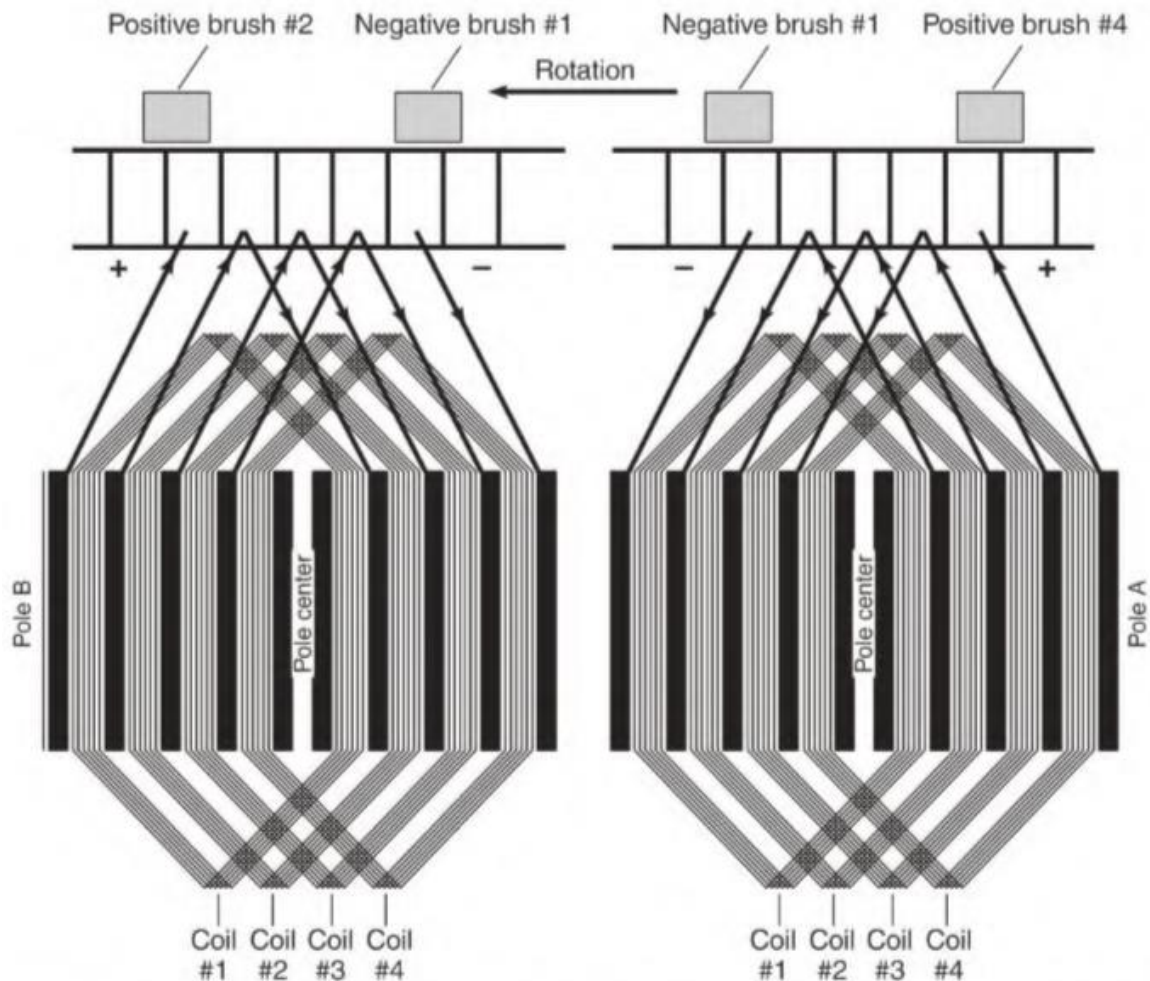
1.15 Komponen Armatur (Anker Dinamo)

- Pembalik
- Film komutator
- Gulungan jangkar
- Shut equalizer
- Besi laminasi
- Pembalik

Komutator terbuat dari segmen tembaga yang dipisahkan dan diisolasi dengan mika. Segmen komutator berfungsi sebagai satu sisi sakelar, dan sikat berfungsi sebagai sisi lainnya. Bersama-sama mereka mengontrol arah aliran arus (mirip dengan dioda). Fungsi komutator adalah untuk mengontrol polaritas kumparan yang terhubung ke segmennya. Saat armature berputar, dua segmen komutator (dan kumparan yang melekat padanya) memiliki aliran arus dalam satu arah. Kumparan sekarang menjadi bagian dari kutub A (Gambar 1.48). Ketika segmen-segmen koil berada di bawah sikat, mereka saling pendek, menyebabkan arus saluran berhenti mengalir di koil.

Ketika segmen kumparan keluar dari bawah sikat, arus dibalik, dan kumparan sekarang menjadi bagian dari kutub B—kutub polaritas yang berlawanan dengan arah putaran. Tidak

peduli seberapa cepat Armatur berputar, kutub pada besinya akan tetap pada posisi yang sama (relatif terhadap kutub stator). Komutator dan sikat adalah komponen perawatan tinggi karena gesekan dan keausan listrik. (Keausan listrik disebabkan oleh perpindahan konstan.)



Gambar 1.48 Batang komutator dan kumparan jangkar diratakan untuk menggambarkan bagaimana polaritas kumparan tunggal diubah untuk membentuk kutub yang mirip dengan kutub stator.

Film Komutator

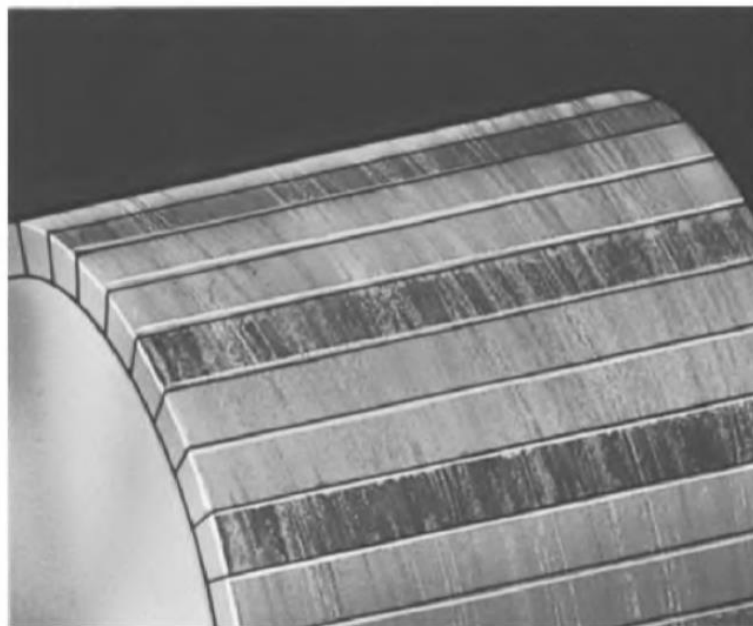
Film yang baik merupakan bagian yang sangat penting dari fungsi komutator. Ini melakukan arus dan memberikan pelumasan antara sikat dan segmen tembaga. Film tidak boleh dilepas kecuali komutatornya dikerjakan ulang. Dibutuhkan dari beberapa jam sampai beberapa hari untuk membangun kembali film. Selama waktu ini, sikat dan komutator terlalu aus. Film memiliki beberapa hambatan, dan melekasnya akan meningkatkan output tegangan generator dan meningkatkan kecepatan motor. Performa yang sedikit lebih baik, bagaimanapun, tidak sebanding dengan peningkatan keausan pada Sikat dan komutator.

Film ini kira-kira 1/1000 ketebalan rambut manusia. Elemen film termasuk karbon, grafit, oksida tembaga, dan uap air. Karbon, grafit, dan tembaga oksida adalah elemen penghantar arus dari film. Uap air dan grafit memberikan pelumasan. Sikat dan komutator membutuhkan keseimbangan yang baik dari elemen-elemen ini untuk masa pakai maksimum.

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

Kurangnya oksigen menurunkan elemen oksida tembaga dari film, mengurangi kemampuannya membawa arus. Ini terjadi pada mesin yang benar-benar tertutup dan tahan ledakan. Cuaca kering mengurangi kandungan uap air pada film, sehingga meningkatkan keausan. Tidak ada "warna terbaik" untuk film, dan itu dapat bervariasi dari mesin ke mesin. Warnanya bisa berubah dari coklat menjadi hitam dan tetap berfungsi dengan baik.

Perbedaan warna pada beberapa batang yang berdekatan (Gambar 1.49), dengan pola ini berulang di sekitar komutator, tidak menunjukkan adanya masalah. Ini berarti ada lebih dari satu sirkuit (atau koil) per slot. Saat Armaturnya berputar, sirkuit di slot ini dikomutasi pada posisi yang sedikit berbeda (relatif terhadap kutub medan). Jika batang berpindah pada posisi yang berbeda, setiap batang mengubah nilai arus yang berbeda. (Hal ini menyebabkan setiap batang memiliki warna yang berbeda.) Pola warna harus sama di sekitar komutator. Perbedaan dalam pola warna dapat menunjukkan adanya masalah. Jika terdapat bar etching, dapat dikurangi dengan menggerakkan brush holder sedikit kurang dari satu segmen. Pindahkan pemegang sikat melawan rotasi jika itu adalah motor dan dengan rotasi jika itu adalah generator.



Gambar 1.49 Penandaan slot bar disebabkan oleh sejumlah sirkuit pada slot armature.
Produk Karbon Helwig, Inc.

Lilitan Armature

Lilitan armature dibuat dengan kawat besar. Sebagian besar ampere mengalir melalui armature di motor. Semua ampere keluaran mengalir melalui armature dalam generator. Putaran dan gelombang adalah dua koneksi dasar untuk belitan jangkar. Sambungan pangkuan memiliki sikat sebanyak jumlah kutub. Sambungan gelombang memiliki jumlah sikat setengah dari jumlah kutub. Apa pun koneksinya, kutub-kutub tersebut ditempatkan dengan tepat dan seimbang secara magnetis. Sebagian besar belitan memiliki jumlah lilitan yang sama per slot. Jika tidak, jumlah putaran per tiang akan sama. Fakta ini memungkinkan untuk menggunakan uji perbandingan saat pemecahan masalah.

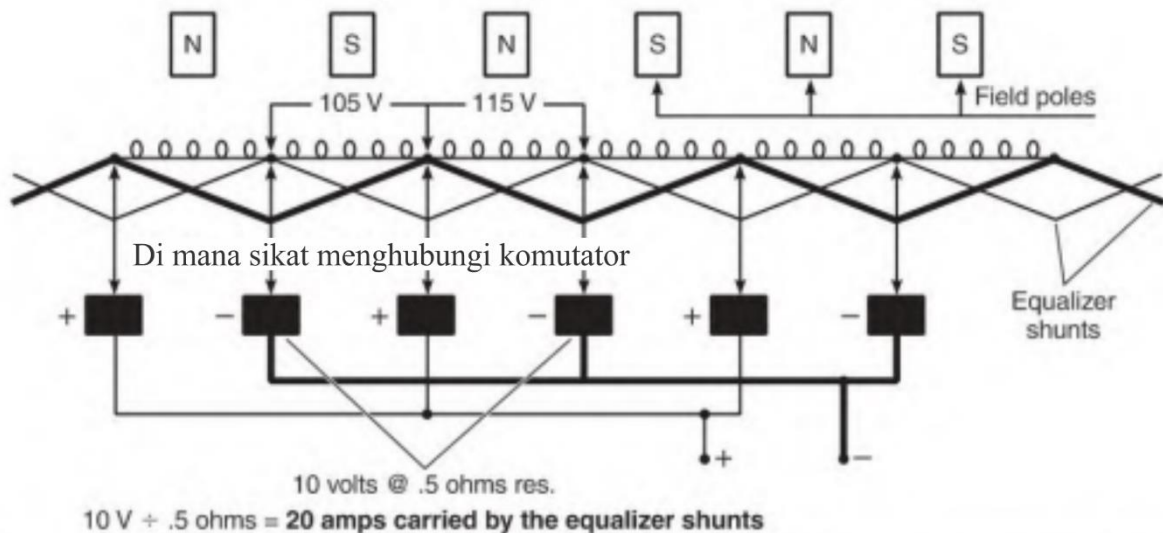
Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

Shunt Equalizer

Equalizer shunt (sambungan balik) digunakan untuk menyeimbangkan efek ketidakseimbangan tegangan pada belitan jangkar. Mereka ditempatkan di slot atau riser kawat komutator. Mereka bergabung dengan segmen yang terletak di bawah seperti sikat tiang. Tegangan tidak seimbang akan terjadi antara sikat dan dua sikat yang berdekatan (Gambar 1.50). Arus yang dihasilkan akan mengalir di kawat shunt equalizer bukan sikat dan komutator. Pada beban penuh, komutator sudah membawa nilai amperenya. Tanpa shunt equalizer, ampere yang disebabkan oleh tegangan yang tidak seimbang menambah ampere beban penuh. Kerusakan komutator yang dihasilkan sama seperti jika beberapa batang komutator kelebihan beban. Arus tinggi di batang-batang ini akan menyebabkannya berubah warna dan terkikis. Erosi batang pada akhirnya akan menyebabkan titik datar pada komutator

Besi Laminasi

Besi laminasi adalah jalur magnet untuk angker. Laminasi tipis karena perubahan polaritas magnetik frekuensi tinggi pada gigi besi. Gigi dalam jangkar DC kecepatan tinggi akan memiliki perubahan polaritas lebih dari 100 siklus per detik. Lapisan tipis insulasi memisahkan laminasi. Jika laminasi dihubungkan singkat, arus dibangkitkan. Arus ini akan menimbulkan hot spot pada laminasi yang akan merusak isolasi slot yang berdekatan. Pusat perbaikan selalu melakukan pengujian inti dan, jika perlu, isolasi ulang laminasi sebelum menggulung kembali angker.



Gambar 1.50 Equalizer shunt terhubung ke batang komutator polaritas seperti.

1.16 Test Pemahaman Materi, Pilih Jawaban yang Benar (B) atau Salah (S)

1. Tegangan
 - a. menyebabkan arus mengalir.
 - b. harus memiliki kabel yang berat untuk tegangan tinggi.
 - c. harus memiliki aliran arus untuk eksis.
2. Nilai tegangan menentukan ketebalan insulasi B/S

3. Kawat tembaga berat tidak memiliki hambatan B/S
4. Resistansi mengontrol tegangan B/S
5. Sebutkan dua bentuk perlawanan.
6. Aliran ampere dikontrol dengan nilai tegangan dan nilai resistansi B/S
7. Dua faktor untuk menentukan ukuran kabel adalah: jumlah ampere dan kemampuan pendinginan perangkat B/S
8. Ampere dapat dikontrol (naik atau turun) tanpa mengubah tegangan atau resistansi B/S
9. Saat panasnya meningkat, tembaga akan memiliki.
 - a. Resistensi lebih banyak
 - b. resistensi yang lebih rendah.
10. Hukum Ohm membuktikan bahwa, ketika tegangan meningkat, ampere naik (jika resistansi tetap sama) B/S
11. Watt adalah ukuran daya yang dikonsumsi B/S
12. Saat watt naik, ampere turun B/S
13. Jumlah watt menentukan ukuran kabel yang dibutuhkan B/S
14. Garis gaya magnet melewati udara dan isolasi B/S
15. Kekuatan elektromagnet dikendalikan oleh jumlah ampere yang mengalir melalui kumparannya B/S
16. Polaritas suatu elektromagnet dikendalikan oleh jumlah ampere yang mengalir melalui kumparannya Satu kutub utara dan satu kutub selatan pada motor enam kutub sama derajat listriknya B/S
17. Motor enam kutub memiliki derajat mekanis B/S
18. Motor dua kutub memiliki derajat listrik B/S
19. Kekuatan elektromagnet dikendalikan oleh jumlah ampere yang mengalir melalui kumparannya, dan jumlah lilitannya B/S
20. Kuat magnet sebuah tiang dengan 10 lilitan, dan 10 ampere yang mengalir melaluinya, sama dengan sebuah tiang dengan 20 lilitan, dan 5 ampere yang mengalir melaluinya B/S
21. Sirkuit magnetik yang lengkap sangat penting untuk pengoperasian motor atau generator B/S
22. Semua kutub motor dan generator menyerupai elektromagnet
23. Saturasi magnetik tercapai ketika besi di motor atau generator termagnetisasi penuh B/S
24. Keseimbangan magnetik mensyaratkan bahwa semua kutub memiliki kekuatan yang sama, dan jaraknya sama dalam sebuah mesin B/S
25. Titik netral pada semua stator terletak pada jarak yang sama dari pusat kutub yang berdekatan B/S
26. Saat kutub armature sejajar dengan kutub stator, pengaturan sikat sudah benar B/S
27. Sebutkan tiga rangkaian dasar mesin DC
28. Armature menciptakan di generator dan di motor.

29. Output tegangan generator dikendalikan oleh jumlah konduktor dalam rangkaian jangkarnya, jumlah garis gaya, dan kecepatan di mana konduktor jangkar memotong garis gaya B/S
30. Gambarkan skema sambungan generator shunt
31. Ampere menentukan ukuran kawat yang digunakan dalam belitan jangkar B/S
32. Panjang kawat dalam kumparan medan shunt mengontrol ampere B/S
33. Apa tujuan dari magnet sisa?
34. Menurunkan ampere di medan shunt akan menaikkan tegangan keluaran B/S
35. Kumparan medan seri terbuat dari kawat berat karena semua keluaran ampere melewati rangkaian ini B/S
36. Generator seri tanpa beban akan menghasilkan tegangan penuh B/S
37. Gambarkan sambungan standar NEMA untuk generator kompon (halaman 20).
38. Tujuan medan seri pada generator kompon adalah untuk menstabilkan tegangan keluaran B/S
39. Output daya dari generator kompon berlebih dikendalikan ke bawah oleh sebuah kontrol B/S
40. Mengalihkan beberapa ampere medan seri akan mengurangi kemampuan medan seri untuk meningkatkan output generator B/S
41. Sambungan kompon kumulatif dalam generator kompon mengurangi tegangan keluaran saat beban bertambah B/S
42. Sambungan kompon diferensial pada generator kompon mengurangi tegangan keluaran saat beban bertambah B/S
43. Medan seri dihubungkan sama pada motor seperti pada generator B/S
44. Tukang las busur terhubung diferensial B/S
45. Bidang shunt seorang tukang las dieksitasi secara terpisah B/S
46. Memilih ketukan yang menambahkan lebih banyak putaran ke bidang seri akan meningkatkan ampere B/S
47. Reaktor di sirkuit tukang las menerima perubahan mendadak dan membuat pengelasan lebih mudah B/S
48. Interpol terhubung dalam rangkaian jangkar (A1 dan A2) B/S
49. Polaritas antar kutub dalam generator akan sama dengan kutub medan di belakangnya (dalam arah putaran) B/S
50. Polaritas antar kutub dalam motor akan sama dengan kutub medan di depannya (dalam arah putaran) B/S
51. Interpol menciptakan tegangan pembatalan yang mengurangi lengkung sikat B/S
52. Apa yang terjadi jika interpol terhubung salah?
53. Jika interpol dilepas dari stator, sangat penting bahwa mereka (dan shimnya) dipasang kembali persis seperti aslinya B/S
54. Belitan kompensasi diperlukan pada mesin yang memiliki lubang besar, dan yang memiliki ayunan oad yang tiba-tiba B/S
55. Apa yang mengontrol ampere pada motor yang berjalan dengan kecepatan penuh ?

56. Mengapa tidak ada aliran ampere antara baterai yang memiliki tegangan yang sama ?
57. Kontrol tegangan balik ampere di sirkuit jangkar motor B/S
58. Jika armature motor diputar cukup cepat, itu menjadi generator B/S
59. Tentukan kecepatan dasar.
60. Di bawah kecepatan dasar dicapai dengan mengurangi ampere jangkar, dan menerapkan tegangan penuh ke medan shunt B/S
61. Kecepatan dasar di atas dicapai dengan menerapkan tegangan penuh ke angker, dan mengurangi kekuatan medan shunt B/S
62. Torsi motor berkurang ketika medan shunt melemah B/S
63. Tenaga kuda motor tetap sama ketika medan shunt melemah dan RPM meningkat B/S
64. RPM motor shunt lebih tinggi tanpa beban dibandingkan dengan beban penuh B/S
65. Motor DC besar akan mengalami kerusakan komutator jika distarter melewati garis B/S
66. Medan shunt yang terbuka akan menyebabkan motor (tanpa beban) berhenti B/S
67. Kecepatan motor magnet permanen akan meningkat jika magnet menjadi lemah B/S
68. Kekuatan magnet permanen dapat diterima jika motor berjalan 20% lebih tinggi dari RPM papan nama B/S
69. Kekuatan magnet permanen dapat dipulihkan hampir seketika dengan unit re-gaussing B/S

BAB 2

PERBAIKAN DAN PENGUJIAN MESIN DC

2.1 Kerusakan pada Armature (Anker Dinamo)

Persentase yang tinggi dari masalah mesin DC terjadi pada komutator dan sikat (Sikat). Berikut ini adalah beberapa prosedur pengujian, masalah, penyebab, dan solusinya:

Batang Komutator yang Terbakar

Batang komutator menunjukkan masalah serius, dan mesin akan memerlukan pengujian lebih lanjut. Jika dua titik muncul pada 180 derajat listrik dari satu sama lain (dua pemegang sikat yang berdekatan terpisah pada komutator dari kebanyakan anker), Armatur mungkin memiliki kumparan korsleting. Armature dengan kumparan korsleting harus digulung ulang. Dalam beberapa kasus, koil korsleting dapat dipotong terbuka dan segmen komutator yang melekat padanya dapat dikorsletingkan bersama. (Ini harus dilakukan hanya dalam keadaan darurat.)

Komutator Kotor

Mika di antara segmen harus tahan terhadap tegangan rendah, panas tinggi, dan tekanan mekanis yang ekstrem. Karena panas, mika ini tidak memiliki bonding atau sealing agent. Ini memiliki butiran linier yang cacat dengan rongga. Segmen individu dapat diganti dalam komutator besar. Pada komutator yang lebih kecil, seluruh komutator harus diganti. Pola warna yang sama ini akan muncul jika beban menghentikan jangkar di tempat yang sama setiap waktu. Jika memungkinkan, beban harus disesuaikan untuk menghindari masalah ini.

Masalah Kontrol dan Beban

Setiap perubahan kecepatan yang cepat akan mempersingkat masa pakai komutator dan sikat. (Motor besar harus memiliki ampere jangkar yang dikurangi saat memulai.) Peningkatan kecepatan yang tiba-tiba akan merusak komutator sebanyak pengasutan lintas jalur. Perubahan beban yang tiba-tiba juga akan menyebabkan kerusakan komutator. Dalam beberapa kasus, interpol tidak akan punya waktu untuk bereaksi, menyebabkan sikat melengkung berlebihan untuk waktu yang singkat. (Mesin dengan lubang besar memiliki belitan kompensasi untuk mengurangi masalah ini, seperti yang dijelaskan sebelumnya pada "Interpol" di Bab 1.)

Sikat (Brushes)

Sikat diklasifikasikan dalam kelompok berikut: karbon-grafit, elektrografitik, grafit, dan grafit logam. Masing-masing memiliki karakteristik pembawa arus, keausan, dan pembuatan filmnya sendiri. Mereka dapat dirancang untuk persyaratan khusus seperti tegangan rendah/arus tinggi, kondisi kering, tindakan pembersihan untuk pembuatan film berlebih, dan kecepatan tinggi.

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

2.2 Problem Brush (Sikat)

Sikat karbon yang digunakan dalam mesin DC memiliki pekerjaan yang sulit:

- Sikat harus menggosok komutator cukup keras untuk menghantarkan ampere.
- Sikat harus mentolerir panas tinggi dari gesekan, aliran ampere, dan busur.
- Sikat harus menyebabkan keausan minimal dari bahan komutator.

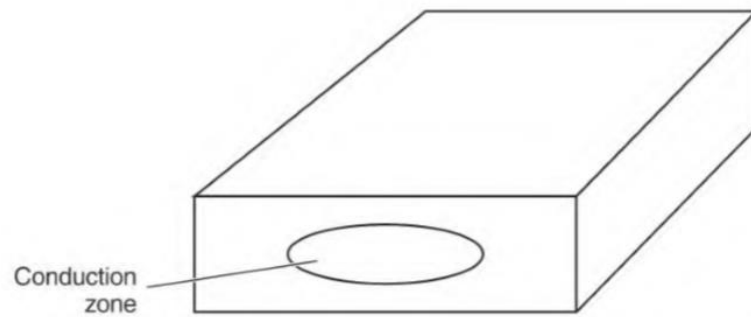
Sikat yang dirancang dengan benar menyelesaikan semua hal di atas. Sikat peralatan asli tidak selalu berfungsi. Kondisi sekitar terkadang membutuhkan campuran elemen Sikat yang berbeda. Perusahaan sikat aftermarket mengkhususkan diri dalam memecahkan masalah ini. Berikut ini adalah beberapa masalah dan solusi sikat dan komutator untuk mesin DC.

Zona Konduksi

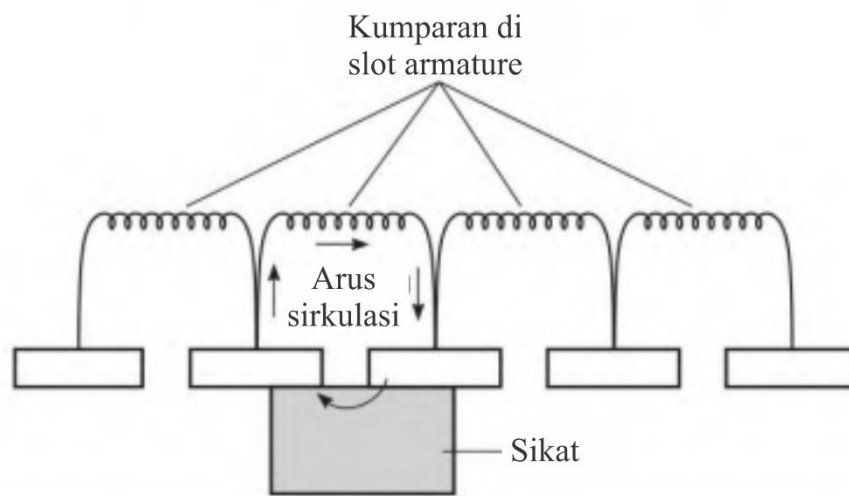
Ada area kecil arus tinggi di permukaan sikat yang disebut zona konduksi (Gambar 2.1). Arus zona adalah arus beban sebagian dan arus sirkulasi sebagian. Karbon melakukan lebih baik saat suhunya naik. Ini berkontribusi pada konsentrasi saat ini di area kecil. Zona konduksi kira-kira 10 persen dari total area wajah sikat. (Bisa ada lebih dari satu zona konduksi pada permukaan Sikat.)

Arus yang bersirkulasi disebabkan oleh korsleting sikat pada dua segmen komutator (terhubung ke kumparan jangkar yang diberi energi). Ketika sikat memperpendek dua segmen kumparan, arus saluran berhenti, dan magnet kumparan runtuh. Tindakan ini menciptakan tegangan di koil. Sikat telah bergabung dengan segmen di ujung koil, menciptakan sirkuit loop tertutup. Sirkuit ini memiliki resistansi rendah, sehingga pulsa arus tinggi mengalir di dalamnya (Gambar 2.2). Arus mengalir dalam arah yang berlawanan dari apa yang dilakukannya ketika kumparan adalah bagian dari kutub sebelumnya. Mengalir ke arah yang sama seperti ketika kumparan menjadi bagian dari kutub berikutnya.

Komutator akan aus secara merata jika zona konduksi bergerak maju mundur di bawah sikat. (Zona bergerak sebagaimana mestinya jika percikan di trailing edge sikat bergerak maju mundur.) Jika tidak bergerak, atau jika arus sirkulasi di zona terlalu tinggi, komutator akan rusak. Dua batang komutator menghantarkan ampere sirkulasi zona dan ampere beban. Jika arus yang bersirkulasi menyebabkan panas berlebih, itu terlalu tinggi dan harus dikurangi. Sikat dengan resistansi yang lebih tinggi akan mengurangi arus yang bersirkulasi; namun, mereka juga menurunkan ampere operasi. Sikat yang dibagi menjadi dua atau lebih bagian yang sama membantu mengontrol arus yang bersirkulasi. Resistansi antara segmen sikat menurunkan arus sirkulasi tanpa mempengaruhi ampere operasi. Sikat split juga meningkatkan pergerakan zona konduksi. Bagian sikat membagi area zona, meninggalkan setiap bagian sikat hanya bagian dari zona.



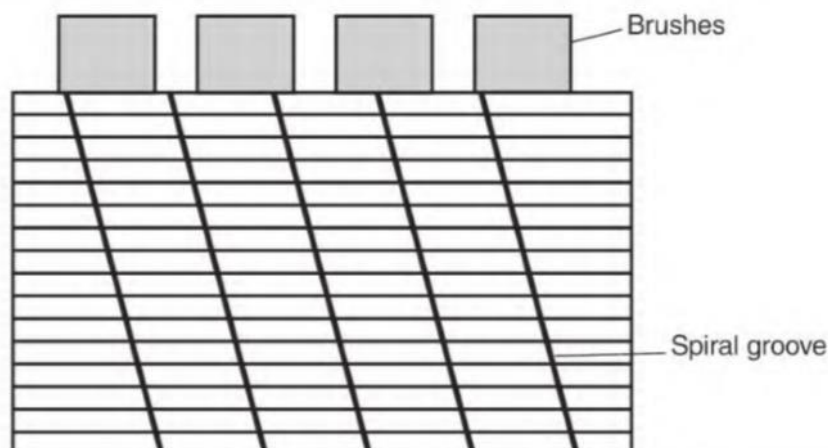
Gambar 2.1 Zona konduksi sikat, di mana sebagian besar arus mengalir.



Gambar 2.2 Arus pelepasan mengalir dalam loop tertutup ketika sikat memendekkan dua batang yang terhubung ke kumparan.

Alur spiral

Sebuah mesin terkadang kelebihan beban selama siklus kerjanya, menyebabkan kerusakan komutator. Sebuah alur spiral dipotong menjadi segmen komutator (Gambar 2.3) akan mengurangi atau menghilangkan kerusakan ini dan memaksa zona konduksi untuk bergerak.



Gambar 2.3 Sebuah alur spiral dipotong pada batang komutator untuk meningkatkan pergantian.

Beberapa Sikat

Jika ada beberapa sikat di tempat sikat, setiap sikat harus membawa bagiannya dari ampere. Sikat akan aus secara tidak merata jika tidak membawa arus yang sama. Mesin bingkai terbuka dapat diperiksa dengan pistol inframerah. Ambil suhu setiap sikat saat mesin sedang berjalan. Sebuah sikat yang lebih panas dari yang lain mungkin membawa lebih dari bagian ampere-nya. Sikat akan melengkung dan menjadi panas jika tidak memiliki tegangan pegas yang cukup.

Kotak Sikat dan Jarak Komutator

Kotak sikat mesin harus ditempatkan pada jarak yang sama dari komutator. Jaraknya harus cukup dekat agar sikat tidak berceloteh. Pengukuran ini bisa dari 1/16 inci pada mesin kecil hingga 1/8 inci pada mesin besar. (Beberapa mesin besar mungkin menentukan lebih banyak ruang.) Sepotong plastik (ketebalan yang tepat) dimasukkan di antara kotak dan komutator berfungsi dengan baik untuk mengatur tinggi kotak. Plastik atau bahan serupa tidak akan menggores komutator.

Jarak Antar Sikat

Jarak antara sikat di sekitar komutator harus sama persis. Tempatkan selembar kertas (tambahkan pita mesin) di bawah dua set Sikat yang berdekatan. Tarik kertas ke arah putaran mesin sehingga Sikat menempel pada sisi belakang kotak Sikat. Tandai kertas di sisi belakang setiap set Sikat. Bandingkan pengukuran ini dengan sisa Sikat memasukkan pita di bawahnya dengan cara yang sama. Perbedaan sekecil 0,05 inci dapat mempengaruhi pergantian.

Penjajaran Pemegang Sikat

Bila ada beberapa sikat per pemegang, semua sikat harus menyentuh segmen yang sama, kecuali dirancang lain. Misalignment akan mengubah jumlah kumparan per kutub, menyebabkan ketidakseimbangan magnet dan lengkung sikat.

Ketegangan Musim Semi

Semua sikat harus menekan komutator dengan tekanan yang sama. Sikat dengan tegangan pegas lebih banyak akan membawa lebih banyak ampere. Timbangan yang dirancang untuk menimbang tekanan pegas tersedia dari perusahaan sikat (Gambar 2.4).

Produk Karbon Helwig, Inc.

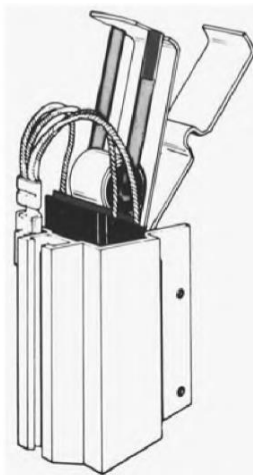
Tekanan pegas yang direkomendasikan adalah sebagai berikut:

Cincin turbin berkecepatan tinggi dan sikat grafit lembut	2.25-2.75 lb
Cincin slip kecepatan normal	3.5-4.5 lb
Sebagian besar motor industri	4-5 lb
grafit logam	4.5-5.5 lb
Tenaga kuda pecahan	5-8 lb
Motor traksi	5-8 lb
Sikat miring dengan sudut lebih besar dari 25°	tambah ½ lb



Gambar 2.4 Skala yang digunakan untuk pengukuran yang tepat dari tegangan pegas sikat.

Berat sikat harus dipertimbangkan ketika mesin memiliki sikat besar. Berat Sikat yang terletak di atas dikurangi dari nilai ini, dan berat Sikat di bagian bawah ditambahkan ke dalamnya. (Nilai tegangan sikat yang terletak di sisi komutator adalah sama.) Mengganti kotak sikat pegas yang dapat disesuaikan dengan kotak sikat tekanan pegas konstan telah sangat berhasil (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Tempat sikat bertekanan terus menerus. Produk Karbon Helwig, Inc

Brush Shunt

Shunt sikat harus ditambatkan dengan baik di sikat dan tidak menunjukkan perubahan warna karena panas. Kawat shunt harus cukup besar untuk membawa bagian sikat dari ampere. (Jika kawat berubah warna karena panas, itu tidak cukup besar.) Sambungan shunt ke tali-temali sikat harus bersih dan kencang. Sikat harus diganti sebelum shunt (atau komponennya) menggosok komutator.

Sikat dengan sambungan shunt yang buruk atau kawat shunt yang terlalu kecil akan menyebabkan keausan samping pada sisi belakang sikat. Kotak sikat dan shunt terhubung ke konduktor yang sama. Ketika kotak sikat menghantarkan beberapa ampere, terjadi keausan samping. Sambungan antara kotak dan sikat tidak solid; oleh karena itu gerakan sikat yang normal akan menghilangkan bahan sikat.

Segmen Komutator Tidak Merata

Segmen komutator yang tidak rata akan menyebabkan brush terpentol dan melengkung secara berlebihan. Segmen yang rusak dapat terangkat saat Armatur berputar tetapi tidak keluar dari tempatnya saat berdiri diam. Sebagai komutator memanas ke suhu normal, pertumbuhan termal dapat mendistorsi beberapa segmen. Sikat terkelupas adalah gejala segmen tinggi. Menekan bagian atas sikat dengan batang kayu atau serat (saat mesin bekerja) akan mendeteksi segmen komutator yang tidak rata.

Sikat Debu

Debu sikat adalah kontaminan yang sangat konduktif yang dapat menyebabkan korsleting di sirkuit mesin. Underloading (kepadatan arus sikat rendah) adalah penyebab paling umum dari debu sikat; penyebab lainnya adalah kelembaban yang rendah. Keausan sikat dan komutator tinggi tanpa pelumasan yang disediakan uap air.

Arus Beban Rendah

Kebanyakan sikat harus membawa 40 sampai 50 ampere per inci persegi luas permukaan sikat. Jika beban lebih rendah dari ini, jenis sikat yang berbeda mungkin diperlukan. Secara umum, sikat abu-abu akan menangani underloading lebih baik daripada sikat hitam. Beberapa dapat beroperasi serendah 25 ampere per inci persegi. Namun, ampere puncak untuk sikat abu-abu adalah 80 hingga 90 ampere per inci persegi—jauh lebih rendah daripada sikat hitam. Sikat abu-abu lebih lembut, sehingga lebih sedikit keausan komutator. Sikat hitam dapat menangani 110 hingga 125 ampere puncak, tetapi tidak lebih rendah dari 40 hingga 50 ampere per inci persegi. Produsen sikat aftermarket harus dikonsultasikan untuk memecahkan masalah sikat jika produsen mesin tidak dapat memberikan informasi. Gunakan rumus rapat arus berikut untuk menentukan rapat arus normal. (Pertama, ganti ampere armature motor yang sebenarnya dengan ampere pelat nama untuk melihat apakah tindakan korektif harus diambil.)

$$\text{Kepadatan arus} = \text{ampere pelat nama} + 1/2 \text{ sikat} \times \text{lebar} \times \text{tebal}$$

Menghapus beberapa sikat akan menurunkan total area sikat jika mesin kekurangan beban, tetapi siklus kerja lengkap mesin harus dipertimbangkan. (Pertama, gunakan rumus di atas untuk menentukan apakah ini akan berhasil.) Setiap pemegang Sikat harus memiliki jumlah Sikat yang sama. Sikat yang dilepas tidak boleh sejajar satu sama lain. Gambar 2.6 menunjukkan cara yang tepat untuk mengatur lokasi Sikat.

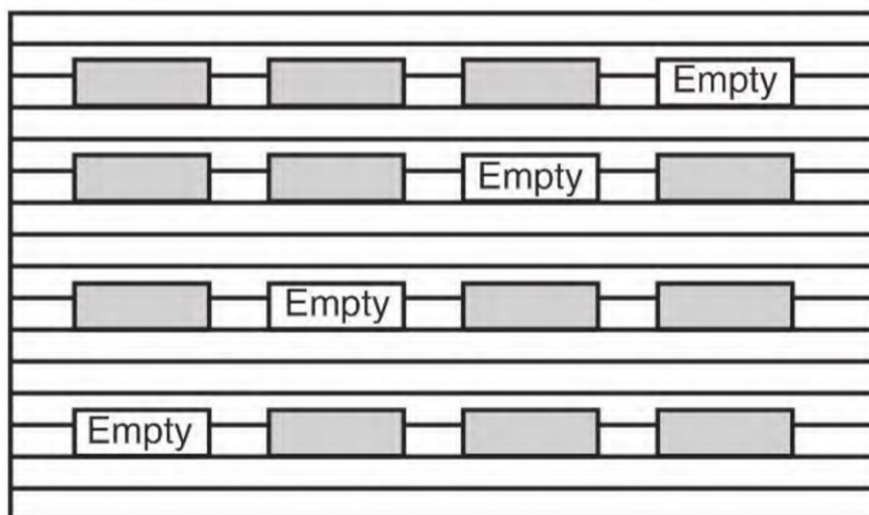
Uap Silikon dan Kondisi Sekitar yang Merugikan

Uap silikon akan menyebabkan debu sikat. Gemuk silikon tidak boleh digunakan pada bantalan mesin DC karena alasan ini. Ventilasi paksa (menggunakan udara luar) dianjurkan ketika kontaminan silikon tidak dapat dihindari. Menyegel penutup ventilasi dan mengganti gasket dengan silikon akan menyebabkan uap silikon, dan harus dihindari.

Kondisi ambien yang merugikan mempengaruhi komutator dan sikat. Udara yang mengandung bahan kaustik, korosif, abrasif atau kelembaban rendah akan memperpendek umur komutator dan sikat. Udara bersih (dengan kelembapan terkontrol) akan memaksimalkan waktu kerja alat berat.

Dudukan Brush

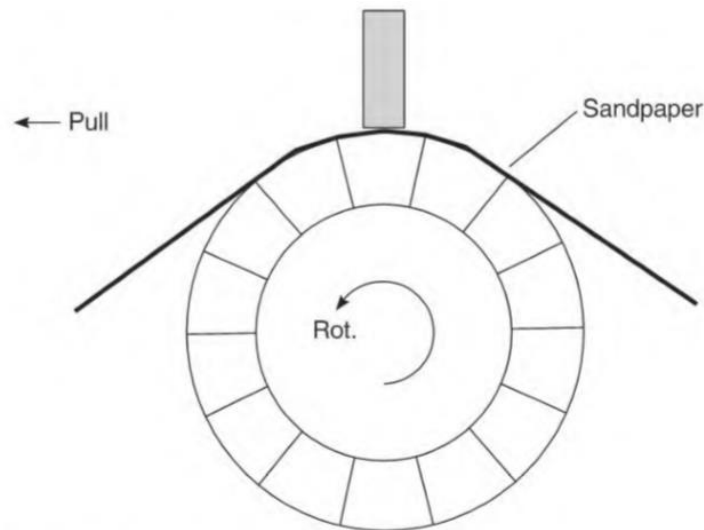
Dudukan Sikat diletakkan agar sesuai dengan komutator harus dilakukan dengan hati-hati. Wajah Sikat harus membuat kontak yang baik dengan semua segmen di bawahnya. Pengoperasian normal membutuhkan segmen dari satu atau lebih kumparan untuk dihubungkan singkat di bawah sikat. Jika kontak penuh antara sikat dan segmen tidak dilakukan, magnet netral (dijelaskan di bagian selanjutnya) akan bergeser, menyebabkan sikat lain melengkung. Motor akan kehilangan tenaga dan menjadi panas. Ini akan berlanjut sampai sikat terpasang dengan benar. Amplas tipis digunakan untuk melakukan dudukan awal (Gambar 2.7). Ini harus dipegang erat-erat pada komutator, sambil menggulung armature atau menggeser amplas ke depan dan ke belakang. Pukulan terakhir harus searah dengan putaran. Batu tempat duduk dapat digunakan untuk dudukan terakhir.



Gambar 2.6 Lokasi yang benar dari sikat yang dilepas saat meningkatkan kerapatan arus (sikat yang tersisa).

Gunakan penyedot debu selama dan setelah proses ini untuk menghilangkan semua residu. Disarankan untuk menutupi ujung komutator (riser) dan belitan (hingga setrika) dengan selotip. Sikat harus bergerak bebas di dalam kotak Sikat dan membuat kontak yang baik dengan komutator. Permukaan Sikat, yang berhubungan dengan komutator, harus

mengkilat. Jika ada bagian dari permukaan Sikat yang memiliki warna hitam datar, itu tidak membuat kontak yang baik dengan komutator.



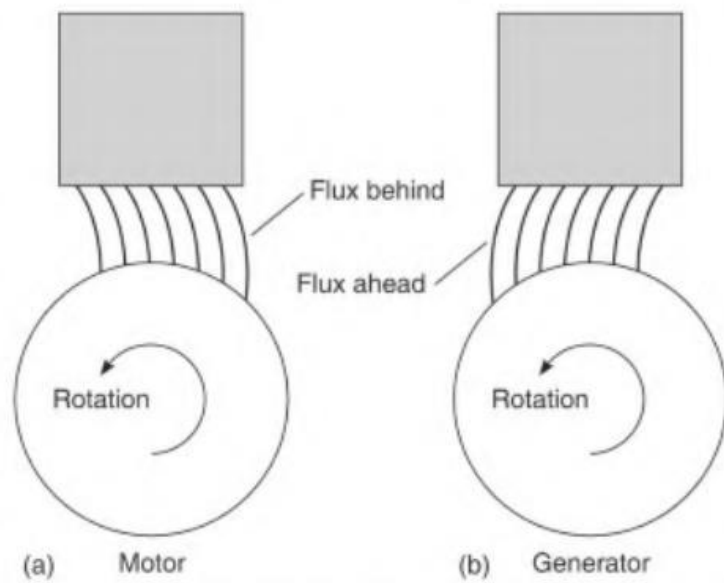
Gambar 2.7 Meletakkan Sikat dengan amplas

2.3 Lokasi Netral Pada Stator dan Armature

Lokasi netral di stator adalah titik tepat di antara kutubnya. Ini 90 derajat listrik dari setiap pusat kutub yang berdekatan. (Interpol ditempatkan di lokasi netral.) Titik netral pada armature iron adalah gigi yang mengelilingi slot atau slot yang berisi gulungan (yang dikorsletingkan dengan sikat) Baik menggunakan metode tendangan DC (lihat "Menyetel Netral). di Generator") atau menerapkan AC ke medan shunt, lokasi netral ditemukan dengan memeriksa tegangan bar-to-bar komutator. (Komutator akan memiliki sedikit atau tidak ada tegangan bar ke bar di lokasi netral.) Bar ini adalah terletak di mana tegangan yang diubah menjadi belitan armature dari satu kutub stator dibatalkan oleh tegangan yang diubah oleh kutub stator yang berdekatan. Ketika mesin sedang berjalan, sikat mengpendekkan kumparan armature yang terletak di posisi ini. Dengan kumparan idle) pada posisi ini, gigi armature menjadi pusat kutub, sama seperti besi kutub dari kumparan medan shunt (Gambar 2.8).

Serring Netral di Motor

Pengaturan netral pada motor dapat dilakukan dengan menggunakan voltmeter tegangan rendah dan AC 120 volt. (Tegangan AC harus kurang dari peringkat tegangan medan shunt.). Pasang voltmeter ke A1 dan A2 (kabel jangkar) dan berikan tegangan AC ke F1 dan F2 (kabel medan shunt). Gerakkan pemegang sikat maju mundur sampai pembacaan tegangan terendah ditemukan. Amankan pemegang sikat di tempat ini. Sebagian besar mesin tidak akan memiliki titik tegangan 0. (Tegangan di bawah 0,5 volt dapat diterima.)



Gambar 2.8 Garis gaya dibengkokkan pada beban penuh.

Penyesuaian Pita Hitam

Jika memungkinkan, periksa lengkungan sikat pada beban penuh. (Penyesuaian lebih lanjut mungkin diperlukan.) Fluks (garis gaya) akan berubah bentuk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Pindahkan pemegang sikat satu segmen pada satu waktu melawan rotasi (Gambar 2.8a) sampai ada percikan paling sedikit. Ini disebut metode pita hitam untuk menyesuaikan Sikat. Istilah pita hitam tidak mengacu pada pita hitam dalam bentuk apa pun. Sebaliknya, itu berarti jumlah percikan paling sedikit, berbeda dengan cahaya yang terjadi dengan percikan berlebihan di sepanjang tepi belakang Sikat.

Mengatur Netral di Generator

Untuk menyetel netral pada generator menggunakan metode kick, gunakan sumber tegangan DC dan voltmeter tegangan rendah. Tegangan DC tidak boleh lebih tinggi dari nilai medan shunt. Pasang voltmeter tegangan rendah ke A1 dan A2. Pasang ujung positif sumber tegangan DC ke F1. Buat dan putuskan hubungan antara kabel negatif dan F2. Saat pemegang sikat dipindahkan, pembacaan voltmeter terendah akan menunjukkan titik netral yang dibongkar. Amankan pemegang sikat pada posisi ini. Gunakan metode pita hitam (dijelaskan di bagian sebelumnya) untuk pengaturan akhir. Jika sikat melengkung ketika generator dibebani, pindahkan pemegang sikat dengan rotasi satu segmen pada satu waktu sampai busur dapat diterima (Gambar 2.8b)

Memulihkan Magnetisme Sisa Setelah Mengatur Netral

Tegangan AC dapat digunakan untuk mengatur netral dalam generator, tetapi magnet sisa di besi tiang dapat menjadi terbalik, atau mengalami demagnetisasi. Jika metode ini digunakan, berikan tegangan DC (tidak lebih tinggi dari nilai medan shunt) selama beberapa menit, dengan kabel positif pada F1 dan kabel negatif pada F2. Ini akan mengembalikan

magnet sisa di besi kutub ke kutub kanan. Sebuah generator dapat diuji dengan menjalankannya sebagai motor. Metode pengujian ini akan selalu membalikkan sisa magnet pada besi kutub generator. Gunakan prosedur sebelumnya untuk mengembalikan polaritas kanan pada besi tiang.

Motor Overhead

Ketika motor terlalu panas sampai berasap, yang terbaik adalah mengganti atau memundurkannya. Itu harus diperiksa dengan sangat hati-hati untuk belitan yang terbakar. Akan ada bau belitan terbakar yang sangat jelas (itu sta3 di motor setelah dingin). Komponen yang terlalu panas semuanya ada di sirkuit jangkar—angker, interpol, dan medan seri. Bidang shunt mungkin rusak jika bidang seri dililitkan di atasnya. Terkadang motor yang terlalu panas akan beroperasi untuk waktu yang lama. Oleh karena itu, harus diuji lebih sering dari biasanya. Fakta bahwa itu terlalu panas harus dicatat.

2.4 Pengujian Medan (Field) Pada Mesin DC

Istilah mesin digunakan ketika motor dan generator menggunakan prosedur yang sama. Motor atau generator digunakan ketika penjelasan berlaku untuk satu atau yang lain. Prosedur pengujian berikut dirancang untuk menguji mesin DC di tempatnya dengan cepat. Tes ini mengidentifikasi masalah dan menentukan apakah mesin harus dilepas, dapat diperbaiki di tempatnya, atau dapat terus beroperasi apa adanya. Teks tersebut menjelaskan sirkuit dari mesin majemuk. Medan shunt dan jangkar menggunakan pengujian yang sama, masing-masing, di semua jenis mesin. Kumparan medan motor seri mungkin memiliki lebih banyak putaran daripada medan seri mesin kompon dan dapat diuji seperti belitan shunt. Semua informasi pengujian harus dicatat.

Pengujian Medan (Field) Armature

Ohmmeter ukuran yang tepat atau arus DC terbatas dan ammeter dapat digunakan untuk memeriksa Armatur(saat mesin terpasang). Tes ini dapat dilakukan dari kontrol mesin. Hubungkan peralatan uji ke A1 dan A2. Putar armature secara perlahan, perhatikan bacaannya. Nilai akan berubah saat Armaturberputar. Akan ada pembacaan tinggi dan rendah. Ini mungkin variasi (tetapi harus mengulangi varians yang sama) selama revolusi penuh. (Setiap perubahan menunjukkan masalah dan membutuhkan pengujian yang lebih rinci.)

Armature dapat diuji di tempat untuk menentukan apakah motor perlu dilepas dan diperbaiki. Lepaskan beban dan angkat semua sikat. Terapkan tegangan pengenalan penuh ke medan shunt, dan putar poros. Akan ada lebih banyak hambatan ketika medan shunt diberi energi. Jika hambatannya keras dan tidak rata, ada hubungan pendek pada belitan jangkar. Putaran korsleting membentuk sirkuit loop tertutup. Putaran dalam rangkaian ini menghasilkan tegangan dan arus saat memotong garis gaya medan shunt. Daya yang dihasilkan oleh rangkaian loop membutuhkan torsi, sama seperti generator. Torsi perlambatan tidak merata karena hanya terjadi saat belokan korsleting melewati kutub stator. Pengujian ini dapat disimulasikan dengan menggunakan motor yang tidak bermasalah. Angkat

Sikat dan pendekkan dua batang komutator secara bersamaan. Putar poros sebelum dan sesudah menerapkan tegangan pengenal ke medan shunt. Prosedur ini memberikan gambaran tentang apa yang diharapkan saat pengujian medan benar-benar singkat.

Pengujian Medan untuk Ground di Sirkuit Armature dengan Ohmmeter

Lead A1 dan A2 termasuk brush holder dan interpoles. Tes untuk ground harus dilakukan dari A1 atau A2 ke poros dan ke rangka dengan multimeter yang diatur pada ohm. Bantalan mesin tidak boleh dimasukkan dalam rangkaian uji menggunakan ampere (seperti yang dimiliki mikrohmeter). Sebuah tanah yang kokoh di Armaturakan membutuhkan rewinding. Indikasi 1 megaohm atau kurang membutuhkan pengujian lebih lanjut. Pembacaan Rendah 1 hingga 50 megaohm dapat ditingkatkan dengan membersihkan dan meningkatkan mesin.

Pengujian Medan Bidang Shunt

Semua informasi pengujian harus dicatat dan tersedia untuk perbandingan di masa mendatang. Sadapan medan shunt F1 dan F2 harus memutuskan dari rangkaian jangkar untuk pengujian berikut. Masalah di bidang shunt adalah:

- Bidang ke frame
- belokan korsleting
- Buka medan shunt
- Dipendekkan ke bidang seri
- Gejala Ground to the Frame

Berikut ini adalah gejala bingkai:

- Kehilangan kekuatan
- RPM lebih tinggi tanpa beban
- Beberapa atau semua Sikat melengkung
- Kegagalan bantalan bola yang sering terjadi
- Lebih tinggi dari ampere pelat nama jika lebih dari satu kumparan dihubungsingkat ke ground
- Beberapa kumparan medan shunt menjadi lebih panas dari yang lain

Uji Medan Menggunakan Ohmmeter untuk Menguji Ground di Medan Shunt Pastikan daya diputus dan kabel medan shunt F1 dan F2 tidak terhubung ke rangkaian jangkar. Amankan satu probe ohmmeter ke rangka mesin, lakukan kontak listrik yang baik. Kemudian, sentuh F1 dengan probe lainnya. Tidak ada masalah akan membaca mendekati tak terhingga.

Jika pembacaannya dari 1 hingga 50 megaohm, masalahnya mungkin kelembaban. Kumparan medan harus dibersihkan, dikeringkan, dan diuji ulang. Kelembaban dalam jumlah ekstrim mempengaruhi kumparan yang terletak di bagian bawah mesin terlebih dahulu. Jika kumparan longgar pada besi tiang, gerakkan setiap kumparan untuk mencari tanah. Kumparan medan harus diikat erat pada besi tiang. Gulungan yang longgar akhirnya aus melalui isolasi, menyebabkan kontak listrik ke besi tiang.

Gejala Korsleting

Berikut ini adalah Gejala korsleting:

- Lebih tinggi dari ampere pada papan nama
- Kumparan medan shunt panas
- Lebih tinggi dari biasanya tanpa kecepatan beban
- Beberapa atau semua Sikat melengkung berlebihan
- Torsi awal yang lebih rendah

Uji Medan untuk Medan Shunt yang Dihubungkan Menggunakan Ohmmeter Pastikan daya diputus dan kabel medan shunt F1 dan F2 tidak terhubung ke rangkaian jangkar. Catat pembacaan ohmmeter di F1 dan F2. Bandingkan pembacaan ini dengan resistansi medan shunt yang diberikan pada pelat nama. Jika resistansi tidak diberikan, bagi tegangan medan shunt dengan ampere-nya. Jika kumparan medan tidak korsleting, hasilnya harus sangat dekat dengan nilai ohmmeter yang tercatat di F1 dan F2.

Gunakan prosedur berikut jika resistansi setiap kumparan diperlukan: Ukur tegangan uji yang diterapkan, dan bagi dengan ampere yang dihasilkan (untuk mendapatkan resistansi total). Bagilah hambatan dengan jumlah kumparan di sirkuit untuk mendapatkan hambatan per kumparan. Jika ada lebih dari satu sirkuit, kalikan resistansi total dengan jumlah sirkuit. Hasilnya akan menjadi resistansi per sirkuit. Bagilah hambatan per rangkaian dengan jumlah kumparannya untuk mendapatkan hambatan per kumparan. Resistansi kumparan lebih rendah saat dingin daripada saat suhu berjalan. Nilai papan nama ditentukan pada suhu berjalan. Pembacaan 5 persen atau lebih rendah dari nilai yang diharapkan menunjukkan kumparan medan shunt harus diuji lebih lanjut.

Uji Medan Menggunakan Amperemeter untuk Menguji Medan Shorted Shunt Terapkan tegangan DC pengenal papan nama ke kabel medan shunt F1 dan F2. Mungkin ada belokan korsleting jika pembacaan berada di atas peringkat amp bidang shunt (pelat nama). Biarkan medan memanaskan ke suhu normal jika ampere 5 persen atau kurang di atas nilai pelat nama. (Ampere pelat nama mengasumsikan mesin berada pada suhu kerja normal.) Tembaga memperoleh resistansi saat panasnya meningkat. Ampere akan turun menjadi normal saat mesin mencapai suhu operasinya.

Gejala Medan Shunt Terbuka

Berikut ini adalah gejala medan shunt terbuka:

- Torsi awal yang sangat kecil
- terlalu cepat
- Sikat melengkung berlebihan
- Ampere tinggi di sirkuit jangkar pada kecepatan apa pun

Catatan

Jika sirkuit medan shunt terbuka saat motor berjalan tanpa beban, hal itu akan membahayakan kecepatan berlebih dan merusak atau menghancurkan komponen angker.

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

Uji Medan dengan Ohmmeter untuk Sirkuit Terbuka di Medan Shunt Satu Sirkuit

Pastikan daya terputus dan medan shunt mengarah F1 dan F2 tidak terhubung ke sirkuit angker. Tidak akan ada pembacaan ohmmeter (tak terhingga) antara F1 dan F2 jika rangkaian terbuka. Uji ke frame dengan F1 dan F2 untuk ground.

Uji Medan dengan Ohmmeter untuk Sirkuit Terbuka di Medan Shunt Sirkuit Paralel

Pastikan daya terputus dan medan shunt mengarah F1 dan F2 tidak terhubung ke sirkuit angker. Jika mesin memiliki lebih dari satu sirkuit di medan shuntnya, sebuah terbuka akan memiliki hambatan lebih dari normal antara F1 dan F2 (Gambar 2.9). Tentukan hambatan medan shunt. (Jika resistansi tidak diberikan pada pelat nama, bagi tegangan medan shunt menjadi ampere.) Jika pengujian dari F1 hingga F2 menunjukkan resistansi yang lebih tinggi dari yang diharapkan, salah satu rangkaian terbuka. Koneksi dua sirkuit akan memiliki dua kali lipat resistansi yang diharapkan. Jika ada tiga sirkuit, resistansi akan menjadi 1,5 kali resistansi yang diharapkan. (Semakin banyak sirkuit di medan shunt, semakin kecil perbedaannya.) Uji ke rangka dengan F1 dan F2 untuk ground.

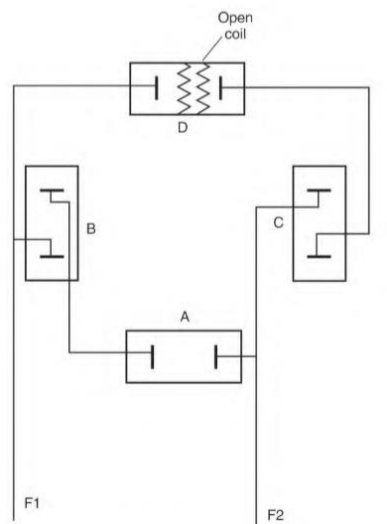
Medan Shunt Dihubungsingkat ke Gejala Medan Seri

Berikut ini adalah korsleting medan shunt ke gejala medan seri:

- Ampere medan shunt tinggi
- Beberapa kumparan panas
- Kecepatan tidak menentu

Uji Medan dengan Ohmmeter untuk Bidang Shunt yang Dihubungkan ke Medan Seri

Pastikan daya diputus dan kabel medan shunt F1 dan F2 tidak terhubung ke sirkuit lain. Jika tidak ada short, tes dari F1 ke S1 akan membaca tak terhingga. Pada mesin yang lebih kecil, kumparan seri dililitkan di atas kumparan shunt, dengan isolasi yang memisahkannya. Overloading adalah penyebab umum kerusakan isolasi antara dua bidang (Gambar 2.10). Kelebihan beban membuat medan seri menjadi terlalu panas, memburuk dan akhirnya membakar isolasi pemisah. Masalah ini membutuhkan rewinding semua kumparan medan. Jika mesin belum terlalu panas dan pembacaannya 50 megaohm atau kurang, pembersihan dan pengeringan harus ditingkatkan.



Gambar 2.9 Medan shunt dua sirkuit dengan koil D terbuka

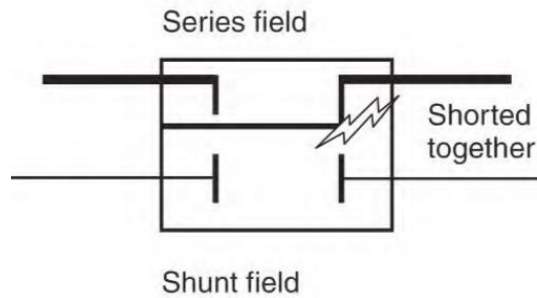
Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

Pengujian Medan Bidang Seri

Untuk pengujian ini, lead medan seri (SI dan S2) dihubungkan secara seri dengan armature dan interpoles. Masalah di bidang seri meliputi:

- Tanah ke bingkai
- belokan korsleting
- Membuka

Bidang seri disingkat ke bidang shunt (juga tercakup dalam masalah bidang shunt)



Gambar 2.10 Medan shunt dihubungkan singkat ke medan seri

Gejala Ground to the Frame

Berikut ini adalah gejala ground to frame:

- Tidak ada gejala (kecuali lebih dari satu kumparan di-ground)
- Menyentuh mesin memberikan kejutan
- Ampere tinggi di angker
- Kehilangan kekuatan
- Melengkung di beberapa Sikat
- Kegagalan bantalan bola yang sering terjadi

Uji Medan Menggunakan Ohmmeter untuk Menguji Ground di Bidang Seri

Seri kumparan medan biasanya dililitkan di atas kumparan medan shunt. Di beberapa mesin, itu adalah koil yang terpisah. Pastikan daya terputus. Putuskan sambungan bidang seri SI dan S2. Amankan satu probe ohmmeter ke rangka mesin, lakukan kontak listrik yang baik. Kemudian, sentuh SI dengan probe lainnya. Tidak ada masalah akan membaca mendekati tak terhingga. Pembacaan (hampir sama dengan menyentuh probe bersama-sama) menunjukkan ground yang serius. Jika kumparan longgar pada besi tiang, kumparan yang rusak mungkin tidak membuat kontak terus menerus ke rangka. Pindahkan semua kumparan saat probe uji berada di tempatnya. (Koil medan harus terpasang erat pada besi tiang dan tidak bergerak.) Kumparan yang longgar akhirnya aus melalui insulasi, menyebabkan kontak listrik ke besi tiang. Jika pembacaannya rendah yaitu 50 megaohm atau kurang, pembersihan dan pengeringan harus ditingkatkan.

Korsleting dalam Gejala Medan Seri

Gejala berikut menunjukkan korsleting di bidang seri:

- Kehilangan keluaran daya

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

- Melengkung di beberapa atau semua Sikat
- Output tidak menanggapi perubahan beban

Uji Medan untuk Putaran Korsleting di Bidang Seri Medan seri adalah rangkaian ampere tinggi (dengan kabel besar). Lokasi belokan terbuka, tanah, atau korsleting biasanya sangat jelas. Ketika gangguan terjadi, ada busur besar, kawat meleleh, dan isolasi hangus di area gangguan, seperti yang terlihat pada Gambar 2.11.



Tiang *compensating winding* yang meleleh

Gambar 2.11 Hubungan pendek dalam bidang seri ini juga melelehkan belitan kompensasi.
Layanan Pro Tambang P&H

Bidang shunt dengan kesalahan yang sama tidak akan menyebabkan banyak kerusakan. Kawat kecilnya akan meleleh dan membuka sirkuitnya, dengan ampere yang lebih sedikit dan busur yang lebih sedikit. Operasikan mesin yang dimuat (dengan bidang seri) dan periksa gejala yang dijelaskan di atas. Selanjutnya, operasikan mesin tanpa bidang seri. Sekarang akan beroperasi sebagai mesin laka shunt. Jika mesin adalah motor, RPM akan turun beberapa saat beban diterapkan. Jika itu generator, tegangan akan turun beberapa saat beban diterapkan.

Lengkungan Sikat akan menjadi normal.

Jika medan seri mesin adalah multicircuit, akan ada ketidakseimbangan magnet yang besar. Beberapa (tidak semua) Sikat akan melengkung berlebihan. Arcing akan meningkat dengan meningkatnya beban. Putaran korsleting di bidang seri sulit ditemukan tanpa membuka mesin. Tes penurunan tegangan di setiap kumparan adalah cara paling pasti untuk mendeteksi masalah ini. Ini membutuhkan mengakses koneksi antara kumparan.

Gejala Medan Seri Terbuka

Gejala berikut menunjukkan bidang seri terbuka;

- Bidang seri satu sirkuit
 - Motor: Tidak akan berjalan.

- Generator: Tidak ada tegangan di A1 dan S1. Akan ada tegangan penuh di A1 dan A2.
- Bidang seri multisirkuit
 - Motor: Berjalan normal tanpa beban, tetapi RPM turun dan beberapa sikat melengkung berlebihan saat dimuat.
 - Generator: Output tegangan penuh tanpa beban tetapi tegangan turun dan beberapa sikat melengkung berlebihan saat dimuat.

Uji Medan untuk Medan Seri Terbuka dengan Mengoperasikan Tanpa Bidang Seri

Putuskan hubungan S1 dan S2. Operasikan mesin sebagai motor shunt atau generator. Ini harus beroperasi sebagai mesin shunt, tanpa efek menstabilkan medan seri. Motor akan melambat saat beban ditambahkan. Output tegangan generator akan turun saat beban ditambahkan.

Uji Medan dengan Ohmmeter untuk Bidang Seri Terbuka

Pastikan daya terputus dan bidang seri mengarah S1 dan S2 tidak terhubung ke sirkuit lain. Bidang seri satu sirkuit akan membaca tak terhingga di S1 dan S2. Bidang seri multisirkuit membutuhkan pembongkaran mesin dan membuka koneksi. Ini dijelaskan kemudian dalam bab di bawah "Menempatkan Sirkuit Terbuka di Bidang Seri."

Bidang Seri Dipendekkan ke Bidang Shunt

Sebuah tes antara F1 dan S1 dengan ohmmeter harus membaca tak terhingga. Pembacaan setinggi 1 megaohm menunjukkan masalah yang berpotensi serius. Medan seri dililitkan di atas medan shunt dengan insulasi Δ mr di antaranya. Isolasi ini harus menahan tekanan lilitan kawat kumparan seri besar dengan rapat di sekitar kumparan shunt. Itu juga harus menahan tekanan pertumbuhan termal yang disebabkan oleh pemanasan dan pendinginan koil seri. Kerusakan isolasi biasanya membuat medan shunt terbuka, dan membuat titik terbakar yang sangat terlihat pada koil. Perbedaan tegangan antara dua rangkaian dapat berupa nilai tegangan yang diberikan.

2.5 Lokasi Kerusakan Pada Mesin DC

Tes berikut menemukan masalah dan merekomendasikan tingkat perbaikan yang harus dilakukan. Sebagian besar prosedur memerlukan pembongkaran mesin untuk mengakses komponen. Semua informasi pengujian harus direkam untuk referensi di masa mendatang.

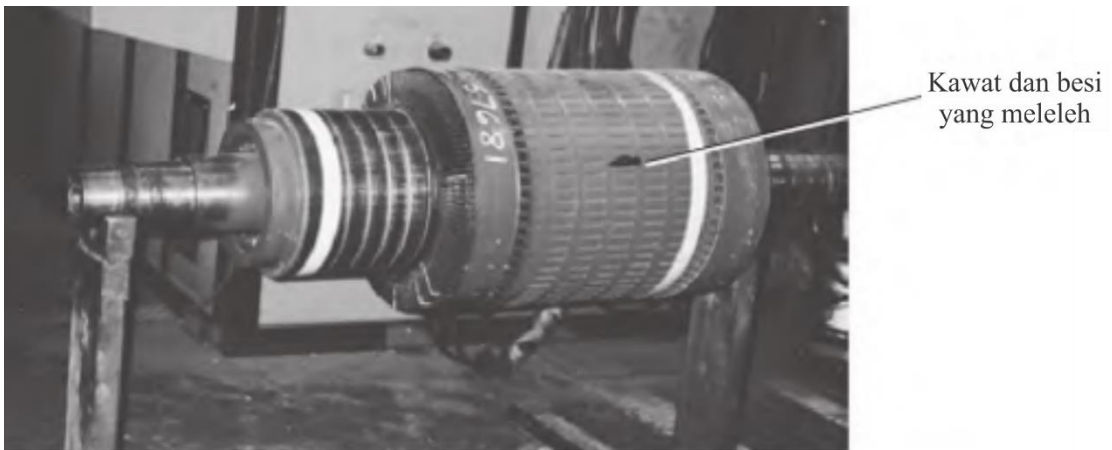
Menemukan Masalah di Armature

Tes Ohmmeter untuk Ground di Sirkuit Armature

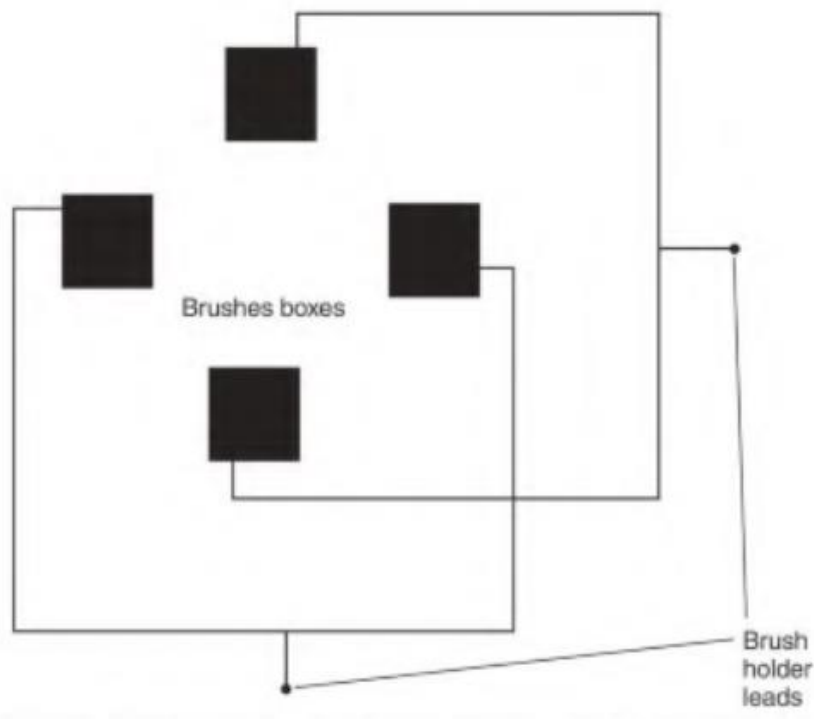
Kabel A1 dan A2 termasuk tempat sikat dan interpol. Uji arde dari A1 ke rangka dengan ohmmeter. Jika pembacaannya rendah (dari 1 hingga 50 megaohm), pembersihan dan pengeringan mungkin sudah cukup. Itu normal untuk Armatur memiliki pembacaan megohm rendah ke poros (1 hingga 50 megohm). Debu sikat, yang sangat konduktif, terakumulasi di

belakang komutator selama operasi normal. Inilah sebabnya mengapa daya DC tidak di-ground.

Jika tanah berkembang di mesin (misalnya, lokomotif), semua motor pada mesin memiliki hubungan yang sama satu sama lain. Indikasi pertama dari tanah adalah kegagalan bantalan. (Arus bocor dari komutator mengalir melalui bantalan.) Gunakan prosedur berikut untuk menemukan masalahnya: Angkat sikat dan periksa dari komutator ke poros dengan ohmmeter. Sebuah tanah yang kokoh di Armatur (seperti yang terlihat pada Gambar 2.12) akan membutuhkan rewinding. Jika tidak ada masalah yang ditemukan di angker, uji kotak sikat—baik polaritas atau kotak sikat yang berdekatan—ke bingkai (Gambar 2.13).



Gambar 2.12 Armature dengan lilitannya meleleh dan menyatu dengan setrika.



Gambar 2.13 Setiap pemegang sikat lainnya memiliki polaritas yang sama; pemegang sikat yang berdekatan adalah polaritas yang berlawanan. Tempat sikat (dengan sikat dilepas) harus diisolasi dari semua sirkuit dan dari rangka mesin.

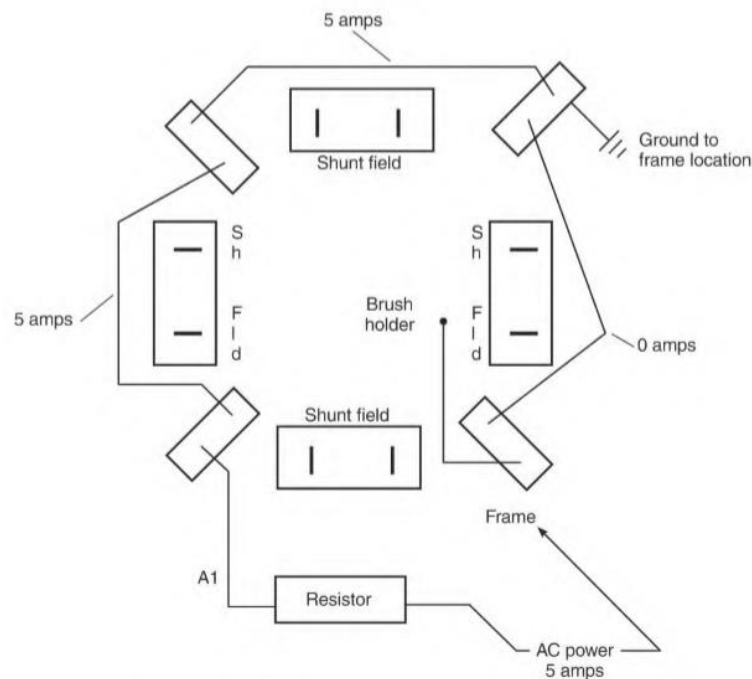
Jika kotak sikat yang terhubung ke interpol memiliki pembacaan yang rendah, lepaskan interpol dan uji lagi. Jika pembacaan rendah di interpol, membersihkan dan mengeringkannya akan meningkatkan pembacaan. Tanah yang kokoh membutuhkan penggantian atau isolasi ulang koil. Jikaudukan sikat memiliki pembacaan yang rendah, bersihkan dan/atau ganti busing dan isolatornya.

Interpol yang rusak karena panas

Interpoles, seperti medan seri, seri dengan angker. Jika Armaturkelebihan beban atau korsleting, ampere tinggi sangat mungkin membuat kumparan interpol menjadi terlalu panas. Jika kumparan berubah warna, mereka harus diganti atau diisolasi.

Menemukan Interpole yang Dibumikan dengan AC dan Amperemeter Penjepit

Untuk alasan keamanan, transformator tegangan rendah (dengan kapasitas ampere tinggi) dan resistor pembatas arus harus digunakan. Ini akan mengisolasi mesin DC dari rangkaian ground peralatan dari sumber listrik AC. Trafo harus memiliki daya yang cukup untuk memberikan jumlah ampere yang dapat dibaca. Pistol solder kadang-kadang digunakan tetapi dapat menjadi terlalu panas. Kencangkan satu jalur sumber tegangan ke rangka dan jalur lainnya ke kabel interpol. Terapkan sejumlah kecil ampere ke sirkuit. Dengan amperemeter penjepit, periksa ampere pada setiap sambungan koil-ke-koil. Sambungan yang tidak menunjukkan pembacaan (Gambar 2.14) akan berada di luar koil yang rusak. Putuskan sambungan koil ini, dan periksa apakah ada arde di antara koil itu dan koil yang diuji sebelumnya. Jika kumparan ujung berisi tanah, beri makan sirkuit dari sambungan pemegang sikat, dan lanjutkan ke arah A1. Keputusan untuk memperbaiki atau memundurkan interpole tunggal akan tergantung pada usia dan kondisi mesin. Jika ada komponen rangkaian seri yang menunjukkan tanda-tanda kerusakan akibat panas akibat arus tinggi, semua kumparan di rangkaian harus digulung ulang atau diisolasi kembali.



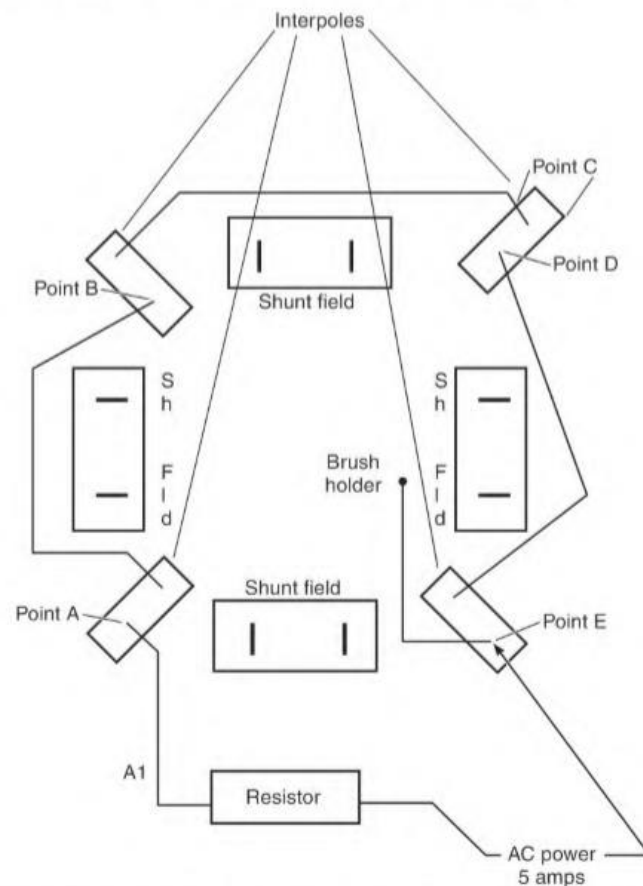
Gambar 2.14 Menempatkan ground di sirkuit interpole dengan ammeter AC penjepit dan arus AC terbatas

Menemukan Interpole Korsleting Menggunakan Uji Jatuh Tegangan AC

Sumber tegangan AC 120 volt dengan resistor pembatas arus dan voltmeter dapat digunakan untuk uji jatuh tegangan ini. Batasi ampere ke peringkat pelat nama jangkar atau kurang. AC bekerja lebih baik karena induktansi, yang dijelaskan dalam Bab 3.

Catatan : Armature tidak boleh disertakan dalam rangkaian uji AC.

Setidaknya dua kumparan interpole secara seri diperlukan untuk metode pengujian ini. Kumparan dibandingkan, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.15. Lakukan uji jatuh tegangan pada setiap kumparan. (Tegangan yang lebih rendah ditemukan di koil korsleting.) Tes jatuh tegangan ini dapat menghasilkan "tes asap" berikut jika ampere yang digunakan cukup



Gambar 2.15 Menempatkan interpol korslet dengan voltmeter dan arus AC terbatas.

Menemukan Interpole Korsleting Menggunakan Uji Asap

Satu atau dua belokan korsleting bisa sangat sulit dideteksi ketika kawat besar digunakan dalam kumparan interpol. Uji asap dapat digunakan untuk menemukan belokan korsleting. Gunakan 120 volt AC untuk pengujian. Batasi ampere ke nilai pelat nama rangkaian dinamo dengan resistor. (Pastikan Armaturnya tidak termasuk dalam rangkaian uji.) Arus sirkulasi yang tinggi akan diubah menjadi belokan dalam waktu singkat, menyebabkan belokan tersebut langsung berasap. Pengujian harus dihentikan sebelum sisa kumparan terlalu panas. Jika kumparan terbuat dari kawat datar, mereka dapat diisolasi (jika tidak dilebur atau dilebur bersama).

2.6 Lokasi Kerusakan Pada Medan Shunt

Strategi pemecahan masalah berikut ini berlaku untuk mesin shunt dan belitan shunt dari mesin kompon.

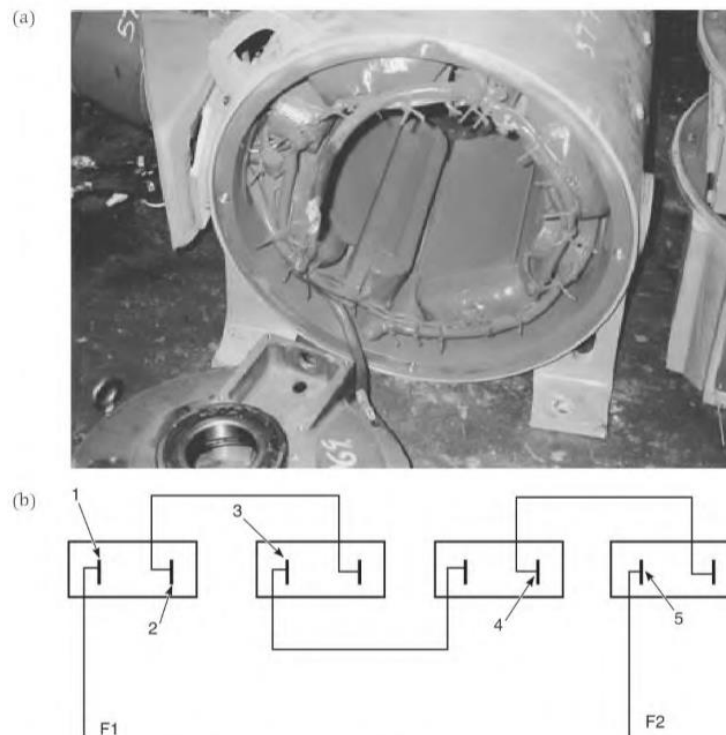
Tes Perbandingan

Metode terbaik untuk menguji medan shunt (F1 dan F2) adalah membandingkan data uji satu kumparan dengan data uji kumparan lainnya. Ada sedikit kemungkinan bahwa semua kumparan akan memiliki jumlah lilitan yang sama korsleting. Pengecualian: Jika semua kumparan memberikan hasil pengujian yang sama dan ampere terlalu tinggi atau terlalu

rendah, data belitan mungkin telah didesain ulang untuk beroperasi pada tegangan yang berbeda. Ini kadang-kadang dilakukan ketika medan shunt dieksitasi secara terpisah.



Gambar 2.16 Jarum probe untuk memasang insulasi menggunakan voltmeter atau ohmmeter. Kumparan dan sirkuit dapat diuji dengan cepat tanpa melepas insulasi. Kebetulan.



Gambar 2.17 (a) Sisi sambungan stator medan shunt satu sirkuit. (b) Sketsa sambungan medan shunt pada (a).

Jarum Probe

Jika instrumen uji adalah ohmmeter standar atau voltmeter, probe jarum tajam dapat digunakan untuk menusuk insulasi yang menutupi sambungan kumparan-ke-kumparan (Gambar 2.16). Instrumen tidak akan menyebabkan aliran ampere yang cukup tinggi untuk

merusak probe kecil. Jika tidak ada masalah yang ditemukan, tusukan dapat dipernis atau dibungkus dengan selotip.

Variasi dalam Sirkuit Medan Shunt

Penting untuk memahami koneksi internal bidang shunt sebelum mengujinya;

- Semua kumparan yang diuji harus sama.
- Mungkin ada lebih dari satu sirkuit di bidang shunt.
- Beberapa mesin memiliki lebih dari satu kumparan medan shunt per kutub.

2.7 Menggambar Skema Sederhana Medan Shunt

Gambar 2.17a adalah mesin shunt DC dan Gambar 2.17b adalah gambar sederhana dari sambungan mesin ini. (Ini adalah medan shunt satu sirkuit.) Panah pada Gambar 2.17b menunjukkan di mana probe uji harus menghubungi koneksi.

Menggambar Diagram Medan Shunt Dua-Sirkuit

Gambar 2.18a adalah contoh mesin shunt dua sirkuit. Gambar 2.18b adalah gambar sederhana dari sambungan mesin ini. (Ini adalah medan shunt dua sirkuit.) Setiap sirkuit memiliki dua kumparan seri.

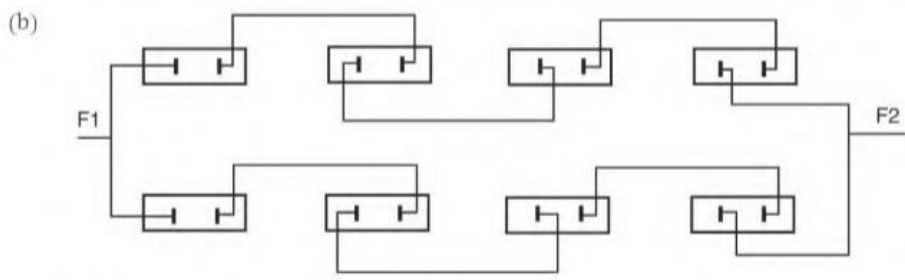
Menggambar Diagram Medan Shunt Dua Sirkuit, Dua Kumparan per Kutub

Gambar 2.19a adalah contoh mesin shunt dua sirkuit, dua kumparan per kutub. Gambar 2.19b adalah gambar sederhana dari sambungan mesin ini. Setiap rangkaian memiliki empat kumparan secara seri. Masalah di bidang shunt adalah:

- Tanah ke bingkai
- belokan korsleting
- Sirkuit terbuka dan medan shunt
- Dipendekkan ke bidang seri



Gambar 2.19 (a) Sisi sambungan dari stator medan shunt dua sirkuit.



Gambar 2.19 (b) Sketsa koneksi medan shunt di (a).

Gejala Ground to the Frame

Kegagalan bantalan bola yang sering terjadi.

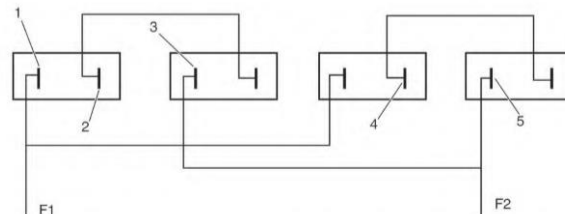
Gejala Ground to Frame Ketika Lebih dari Satu Coil Dihubungsingkatkan ke Frame

- Lebih tinggi dari ampere pelat nama di bidang shunt
- Beberapa kumparan medan shunt menjadi lebih panas dari yang lain
- Melengkung di beberapa Sikat
- Motor akan kehilangan tenaga dan kecepatan berlebih (tanpa beban)
- Generator tidak akan mengembangkan tegangan penuh dan output daya

(a)



(b)



Gambar 2.18 (a) Sisi sambungan dari stator medan shunt dua sirkuit. (h) Sketsa sambungan medan shunt pada (a).

Menemukan Kumputan Medan Shunt Beralas Menggunakan Ohmmeter

Pisahkan F1 dan F2 dari lead lainnya. Periksa hambatan medan shunt dengan ohmmeter. Nilai 25 persen lebih kecil dari resistansi pengenal medan shunt menunjukkan lebih dari satu koil diarde—atau ada belokan korsleting. Amankan satu probe ohmmeter ke rangka motor, buat kontak listrik yang baik. Sentuh F1 dengan probe lainnya. Tidak ada masalah yang akan terbaca mendekati tak terhingga. Pembacaan yang kurang dari resistansi total medan shunt menunjukkan koil yang diarde. Pembacaan yang sangat rendah berarti tanah dekat dengan timah yang disentuh. Pembacaan yang dekat dengan resistansi medan shunt menunjukkan bahwa tanah berada di dekat sadapan lainnya.

Lepaskan insulasi dari sambungan koil ke koil, dan uji setiap koil ke rangka. Kumputan dengan hambatan paling kecil ke rangka akan berisi tanah. Lepaskan koil ini dan verifikasi bahwa itu berisi tanah. Uji sisa kumputan medan shunt untuk mencari ground. Ketika dua kumputan pendek ke bingkai, setidaknya satu kumputan akan dilewati. Hasilnya adalah ampere tinggi, dan semua kecuali kumputan yang dilewati akan menjadi panas. Gulungan harus kencang pada besi tiang. Jika tidak, pindahkan dengan ohmmeter terpasang ke bingkai dan F1. Kumputan medan shunt dibungkus dengan insulasi dan diisolasi dengan sangat baik dari rangka. Debu sikat tidak dapat menembus insulasi ini. Jika pembacaan lead-to-frame kurang dari 50 megaohm, kumputan mungkin lembab dan harus dibersihkan, dipanaskan, dan dikeringkan.

Jika ada kelembaban, periksa koil di lokasi terendah. Lepaskan koil bawah untuk menentukan apakah itu menyebabkan pembacaan rendah. Jika pembersihan dan pengeringan tidak menghasilkan pembacaan yang mendekati tak terhingga, ganti koil. (Sebuah kumputan ground tunggal adalah salah satu dari beberapa kasus di mana penggantian hanya satu kumputan dianjurkan.) Mesin DC tidak boleh memiliki ground peralatan. Batang tembaga telanjang dari komutator (dikombinasikan dengan debu sikat yang sangat konduktif) membuat sirkuit kebocoran tinggi. Jika kumputan medan shunt memiliki ground, arus bocor akan mengalir melalui bantalan ke komutator, sehingga sering menyebabkan kegagalan bantalan dan kerusakan komutator.

Putaran Korsleting di Gejala Bidang Shunt

Gejala berikut menunjukkan belokan korsleting di bidang shunt:

- Ampere tinggi
- Kumputan medan shunt panas
- Beberapa atau semua Sikat melengkung berlebihan
- Motor akan memiliki torsi awal yang rendah dan kecepatan tanpa beban yang lebih tinggi dari normal
- Generator tidak akan mengembangkan tegangan dan daya penuh saat dimuat

Menemukan Kumparan Medan Shunt Korsleting Menggunakan Ohmmeter

Pastikan daya diputus dan salah satu kabel medan shunt (F1 atau F2) tidak terhubung ke sirkuit jangkar. Catat pembacaan ohmmeter di setiap kumparan. (Seharusnya ada perbedaan tidak lebih dari 2 persen.)

Menemukan Kumparan Medan Shunt yang Dihubungkan Menggunakan Voltmeter

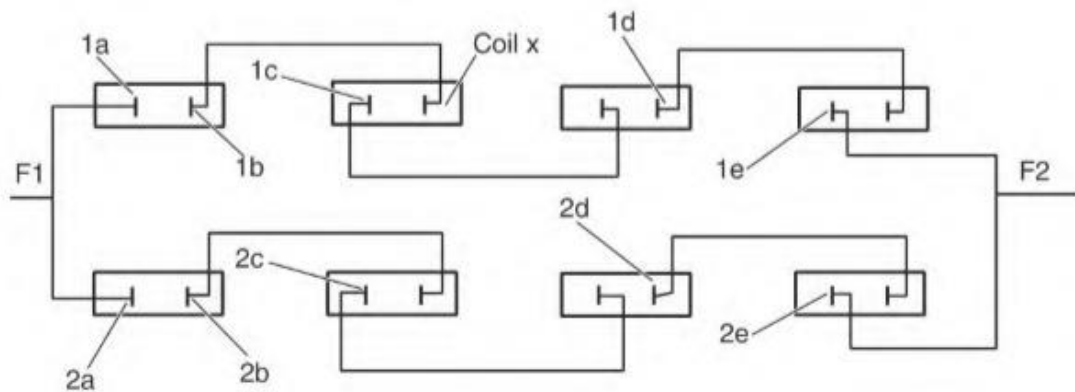
Terapkan tegangan DC pengenal pelat nama ke medan shunt (F1 dan F2). Jika perlu, gunakan resistor untuk membatasi ampere (tidak lebih dari 10 persen lebih tinggi dari ampere pelat nama bidang shunt). Bagilah tegangan medan shunt pelat nama dengan jumlah kumparan seri untuk menemukan tegangan normal di setiap kumparan. Jika semua kumparan baik, tegangan di setiap kumparan akan berada dalam 5 persen satu sama lain. Kumparan korsleting akan memiliki tegangan yang lebih rendah daripada kumparan lainnya. Ketika tegangan pengenal medan shunt diterapkan, perbedaan antara tegangan kumparan korsleting dan tegangan kumparan normal dibagi di antara kumparan lainnya. Tegangan di setiap kumparan meningkat (yang menaikkan ampere dan meningkatkan panas).

Memverifikasi Bahwa Kumparan Medan Shunt Dihubungsingkat Menggunakan Uji Asap

Sebuah kumparan yang memiliki pembacaan ohmmeter 4 atau 5 persen lebih rendah daripada yang lain mungkin atau mungkin tidak memiliki belokan korsleting. Tes asap akan menentukan apakah ada. (Pengujian ini tidak akan merusak kumparan yang tidak korslet.) Buka sambungan kumparan dan berikan tegangan AC pada sambungan tersebut. Tegangan harus dibatasi pada tegangan pelat nama medan shunt. Jika mesin telah berjalan (dengan ampere dan suhu tinggi) cukup lama untuk merusak isolasi koil, semua koil dalam rangkaian harus diganti.

Menemukan Kumparan Korsleting di Bidang Shunt Sirkuit Paralel dengan Ohmmeter

Gambar 2.20 menunjukkan koneksi motor ini. Dua rangkaian medan shunt secara paralel harus memiliki ampere yang identik. Sebuah sirkuit dengan ampere lebih tinggi dari yang lain akan memiliki koil korsleting. Saat menguji dari a ke b pada Gambar 2.20, ohmmeter akan menunjukkan hambatan yang lebih kecil daripada yang dimiliki kumparan ini. (Ini karena rangkaian loop melalui kumparan yang tersisa di rangkaian paralel.) Meskipun resistansi rangkaian loop bukanlah resistansi kumparan, nilai ini dapat dibandingkan dengan semua kumparan di dua rangkaian. Jika tidak ada kumparan korsleting, nilainya akan berada dalam 2 persen satu sama lain.



Gambar 2.20 Gambar medan shunt dua sirkuit, dengan titik-titik untuk pengujian ditunjukkan.

Menemukan Kumputan Korsleting di Rangkaian Paralel Menggunakan Voltmeter

Jika uji jatuh tegangan digunakan pada mesin pada Gambar 2.20, setiap kumputan harus terbaca dalam 5 persen dari yang lain. Tegangan di setiap kumputan dalam contoh ini harus kira-kira seperempat dari tegangan yang diberikan. Jika kumputan x mengalami korsleting, tegangan pada sisa kumputan di sirkuit ini akan lebih tinggi dari seperempat tegangan yang diberikan. (Semua kumputan di sirkuit ini harus diganti.) Berikut ini adalah gejala medan shunt terbuka:

- Distorsi awal kecil
- terlalu cepat
- Sikat melengkung berlebihan
- Ampere tinggi di sirkuit jangkar pada kecepatan apa pun

Medan Shunt dengan Sirkuit Terbuka

Motor tidak akan memulai beban jika rangkaian medan shunt terbuka. Jika sedang berjalan saat pembukaan terjadi, kontrol harus segera memamatkannya. Sebuah motor dimuat akan mencoba untuk overspeed. Ini akan kehilangan sebagian besar tegangan baliknya, dan ampere yang melalui jangkar akan menjadi sangat tinggi. Jika tidak ada beban, motor akan berakselerasi sampai armature hancur. Saat menguji menjalankan motor tanpa beban dengan medan shunt, pastikan F1 dan F2 terhubung dengan aman.

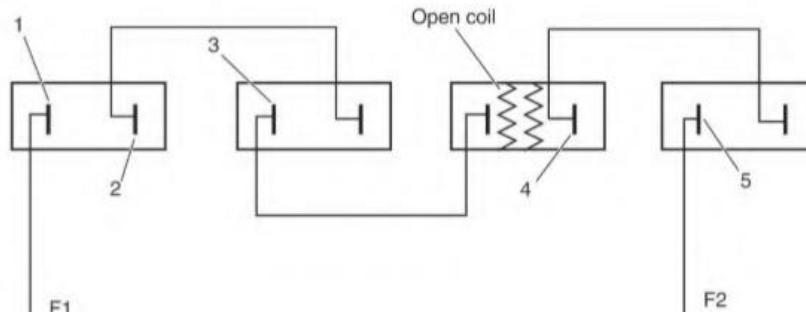
Menemukan Sirkuit Terbuka Menggunakan Ohmmeter

Motor dalam pengujian ini memiliki medan shunt satu sirkuit (Gambar 2.21). Tidak ada pembacaan ohmmeter antara F1 dan F2. Hubungkan satu kabel ohmmeter dengan aman ke F1. Tusuk insulasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.21 di titik #5. (Ini ada di sisi koil sambungan dari kabel F2.) Jika tidak ada pembacaan, lanjutkan ke poin 4, dst., sampai pembacaan ditemukan. Jika kumputan terbuka korsleting sebelum dibuka, semua kumputan di sirkuit mungkin terlalu panas. Dalam hal ini, mereka semua harus diganti. Satu-satunya

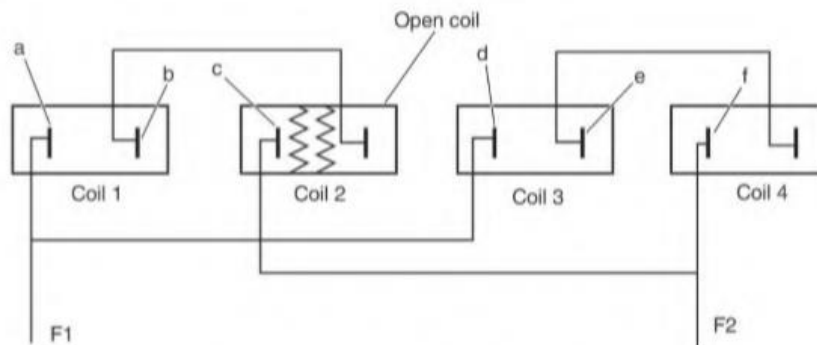
pengecualian untuk mengganti semua kumparan adalah kumparan terbuka yang telah aus melalui isolasi (karena longgar pada setrika) atau kumparan yang telah rusak secara fisik.

Menemukan Sirkuit Terbuka di Paralel Menggunakan Ohmmeter

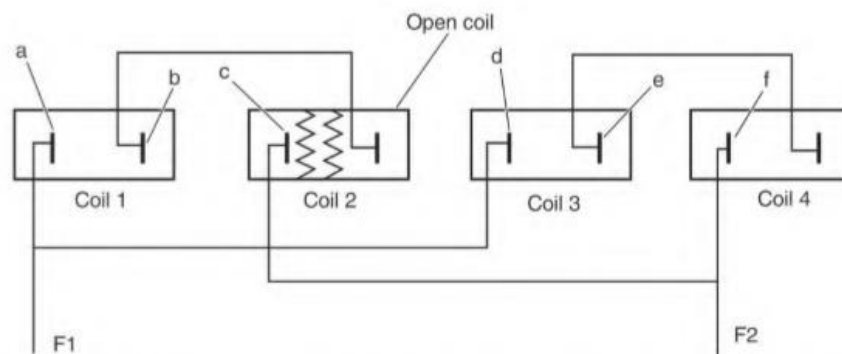
Gambar 2.22 menunjukkan medan shunt dua sirkuit. Dengan informasi pelat nama untuk medan shunt adalah 100 volt dan 10 ampere, gunakan prosedur berikut untuk menentukan resistansi kumparan medan shunt:



Gambar 2.21 Medan shunt satu sirkuit dengan kumparan terbuka.



Gambar 2.22 Medan shunt dua rangkaian dengan kumparan terbuka



Gambar 2.23 Titik uji untuk menemukan sirkuit terbuka di medan shunt dua sirkuit, menggunakan ohmmeter.

100 volt -r 10 ampere = 10 ohm (hambatan medan shunt)

10 ohm x 2 sirkuit = 20 ohm per sirkuit

Ada dua kumparan per sirkuit:

20 ohm -r 2 koil = 10 ohm per koil

Tes dari F1 ke F2 akan menunjukkan 20 ohm. Ini adalah dua kali resistansi normal medan shunt. Pertama, koneksi harus diperiksa dengan cermat. Sambungan yang rusak akan menjadi panas, hangus, dan akhirnya terbuka sepenuhnya. Pada Gambar 2.23 titik a, b, c, d, e, dan f adalah hubungan internal antara kumparan dan sadapan. Jika kumparan 2 terbuka, pengujian dari a ke b akan menunjukkan hambatan kumparan 1 saja (10 ohm). Nilai yang sama akan ditemukan dari d ke e dan dari e ke f.

Di seberang kumparan terbuka 2, b ke c, rangkaian akan melalui kumparan 1, 3, dan 4. Hasilnya akan menjadi hambatan dari tiga kumparan ditambahkan bersama-sama, atau 30 ohm. Pembacaan resistansi tinggi akan mengidentifikasi kumparan terbuka dalam medan shunt yang terhubung paralel.

Menemukan Terbuka di Sirkuit Paralel Menggunakan Voltmeter

Medan shunt pada Gambar 2.24 diberi nilai 100 volt dan 10 amp. kumparan 2 terbuka. Jika 100 volt diterapkan ke F1 dan F2, itu akan menarik 5 ampere, setengah dari peringkat papan nama. Menusuk sambungan pada titik a dan b dengan probe voltmeter tidak akan menunjukkan tegangan. Titik d ke e dan e ke f akan membaca 50 volt, atau setengah dari tegangan yang diberikan. Titik b ke titik c akan membaca tegangan penuh, mengidentifikasi koil terbuka.

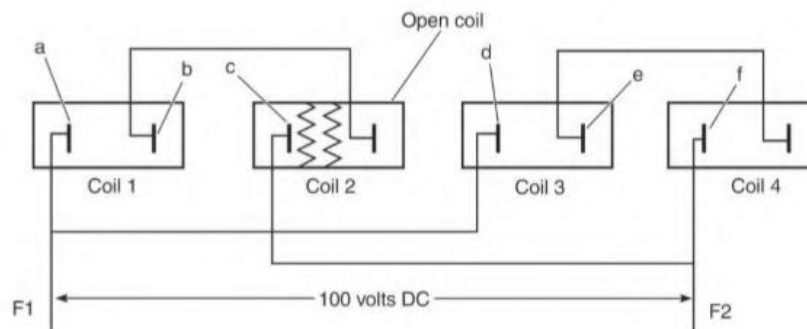
Bidang Shunt Dihubungsingkat ke Seri Gejala Bidang

Gejala berikut menunjukkan bidang shunt yang disingkat ke bidang seri:

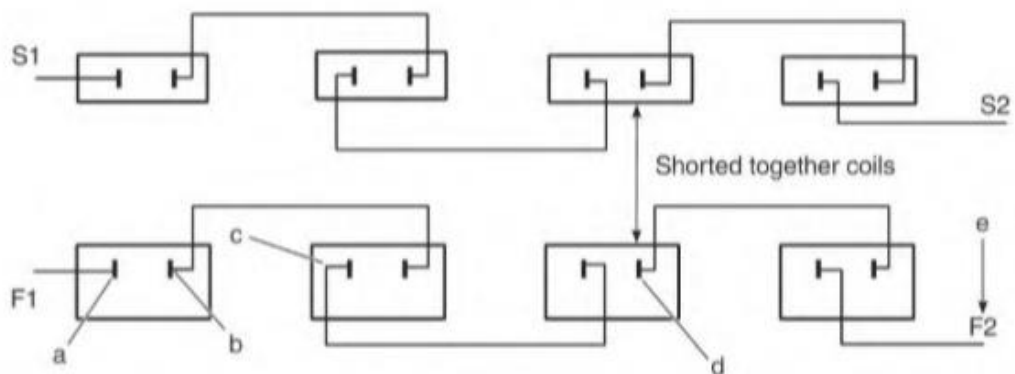
- Ampere medan shunt tinggi
- Beberapa kumparan medan shunt panas
- Kecepatan tidak menentu

Menemukan Bidang Shunt yang Dihubungsingkat ke Bidang Seri Menggunakan Ohmmeter

Biasanya ada lead terpisah untuk mengakses bidang armature dan seri. Ketika mesin dibuat khusus untuk beban tertentu, kedua sirkuit mungkin memiliki koneksi internal yang menghilangkan salah satu kabel medan shunt.



Gambar 2.24 Menempatkan sirkuit terbuka di medan shunt dua sirkuit dengan voltmeter, dan tegangan pengenal medan.



Gambar 2.25 Menemukan hubungan pendek ketika medan seri dan shunt dihubungkan singkat (menggunakan ohmmeter).

Pastikan daya terputus dan lepaskan kabel medan. Jika tidak ada short, tes dari F1 ke S1 akan membaca tak terhingga. Gambar 2.25 mengilustrasikan koil-ke-koil pendek pada koil 3. Hubungkan satu probe ohmmeter ke S1. Dengan probe lainnya, tusuk sambungan medan shunt pada titik a, b, c, d, dan e. Titik c dan d akan memiliki pembacaan terendah, menunjukkan short terletak di kumparan di antara mereka. Kerusakan insulasi medan shunt dan seri biasanya disebabkan oleh insulasi yang terbakar di antara medan. Beban ampere mengalir melalui medan seri. Kelebihan beban membuat medan seri menjadi terlalu panas, memperburuk (dan akhirnya menghancurkan) isolasi pemisah. Masalah ini membutuhkan rewinding semua kumparan medan.

Menemukan Masalah di Bidang Seri

Jika sikat melengkung berlebihan dan diduga ada kumparan yang rusak di bidang seri, jalankan mesin tanpa bidang seri. Kemudian akan beroperasi sebagai mesin shunt. (Pada motor, RPM akan turun dengan peningkatan beban; dengan generator, output tegangan akan turun dengan peningkatan beban.) Jika lengkung sikat normal, medan seri memiliki masalah. Medan seri (S1 dan S2) adalah rangkaian resistansi rendah, dengan putaran yang sangat sedikit. Di mana saja dari 5 hingga 50 putaran kawat besar biasa terjadi. Counter-voltage di armature mengontrol ampere melalui sirkuit ini di motor. Masalah berikut terjadi di bidang seri:

- Tanah ke bingkai
- belokan korsleting
- Rangkaian terbuka
- Pendek ke bidang shunt (dibahas sebelumnya dalam bab di bawah "Pengujian Medan Bidang Shunt")

Gejala Ground to Frame

- Tidak ada gejala
- Kejutan listrik
- Kegagalan bantalan bola yang sering terjadi

Jika lebih dari satu kumparan korsleting ke tanah, gejalanya akan melengkung di beberapa atau semua sikat, dan beberapa kumparan medan seri akan menjadi lebih panas daripada yang lain. Sebuah motor akan memiliki:

- Kehilangan kekuatan
- RPM lebih rendah (dimuat)
- Ampere jangkar lebih tinggi dari papan nama
- Kegagalan bantalan prematur

Dalam generator, hal berikut akan terjadi:

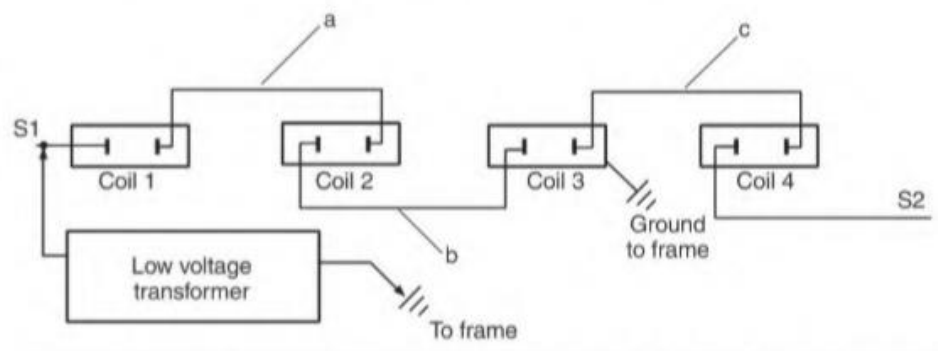
- Tegangan rendah/output daya
- Kegagalan bantalan prematur

Menempatkan Ground di Medan Seri dengan Clamp-On Ammeter dan AC Terbatas

Tegangan AC harus dibatasi hingga 5 volt atau kurang. Trafo dan resistor (pembatas arus) harus digunakan. Trafo harus memiliki daya yang cukup untuk memberikan jumlah ampere yang dapat dibaca. Hubungkan satu kabel transformator ke rangka dan yang lainnya ke SI (Gambar 2.26). Letakkan klem ammeter di sekitar sambungan kumparan-ke-kumparan, mulai dari kumparan terdekat ke S2. Periksa setiap sambungan sampai ampere muncul di meteran. Cabut koil yang rusak dan periksa koil yang tersisa.

Menemukan Ground di Bidang Seri dengan Ohmmeter

Putuskan hubungan SI dan S2. Amankan satu probe ohmmeter ke rangka mesin, buat kontak listrik yang baik. Kencangkan SI ke probe lainnya. Jika ada pembacaan yang rendah, buka sambungan koil ke koil, mulai dari koil terdekat ke S2 (Gambar 2.27). Ketika pembacaan mencapai tak terhingga, tanah yang terletak di koil terakhir terputus. Ketika dua kumparan pendek ke bingkai, belokan (atau kumparan) di antara keduanya dilewati. Putaran atau kumparan yang dilewati menyebabkan medan magnet yang sangat tidak seimbang. Hal ini menyebabkan beberapa atau semua sikat melengkung ketika mesin dimuat. Jika gulungan tidak kencang pada besi tiang, pindahkan semuanya, dengan ohmmeter terpasang pada rangka dan kabel. Jika pembacaan lead-to-frame kurang dari 50 megohm, bidang harus dibersihkan dan/atau dipanaskan dan dikeringkan.



Gambar 2.26 Menempatkan ground di medan seri dengan AC tegangan rendah dan ammeter penjepit.

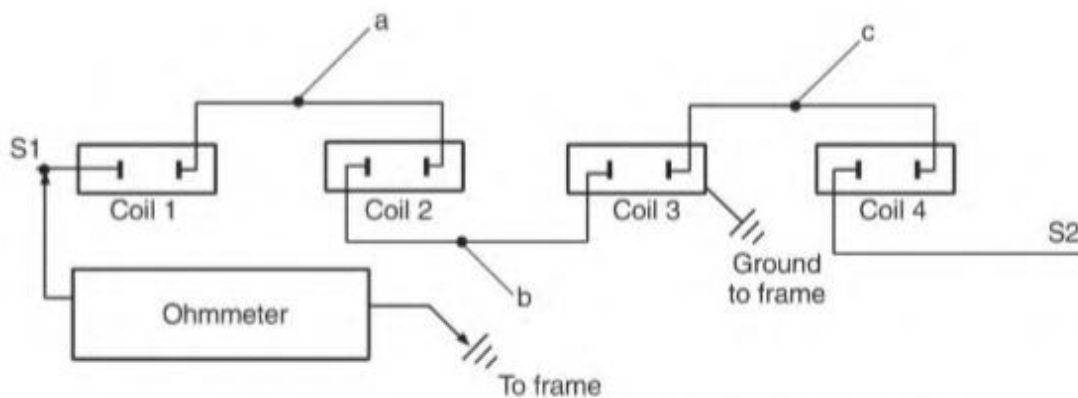
Putaran Korsleting dalam Gejala Medan Seri

Jika belokan korsleting di bidang seri, hal berikut dapat terjadi:

- Beberapa atau semua sikat melengkung saat mesin dimuat
- Kehilangan kekuatan
- Mesin tidak bereaksi sebagaimana mestinya untuk memuat perubahan

Menemukan Putaran Korsleting di Bidang Seri Menggunakan AC dan Bidang Shunt

Terapkan 110 volt AC ke F1 dan F2 (Gambar 2.28). Menusuk koneksi medan koil-ke-koil, dan membaca tegangan di setiap koil. Pembacaan yang lebih rendah akan ditemukan di kumparan korsleting. Arus yang bersirkulasi dalam belitan korsleting dari kumparan seri dapat menaikkan ampere dalam medan shunt. Jangan biarkan bidang shunt menjadi terlalu panas



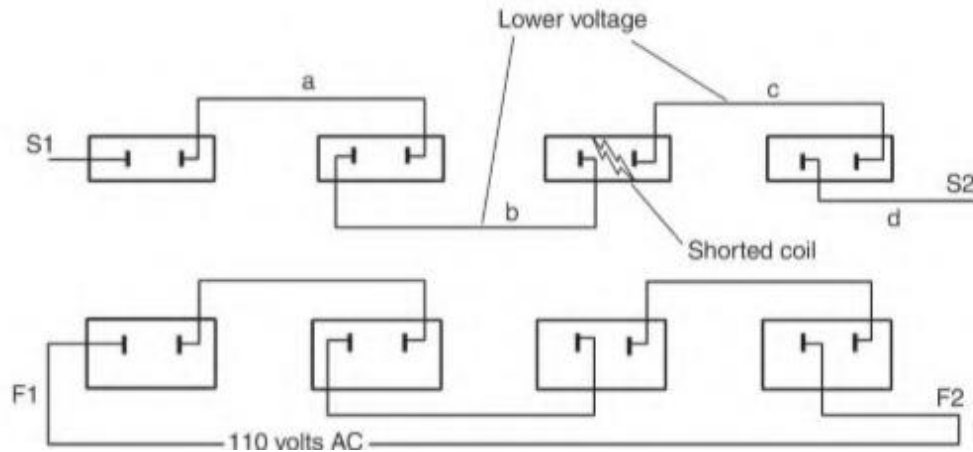
Gambar 2.27 Menemukan arde dengan membuka sambungan koil ke koil.

Menemukan Ternyata Korsleting Menggunakan Uji Jatuh Tegangan dan AC

Ohmmeter tidak akan mendeteksi perbedaan antara kumparan ketika hanya beberapa lilitan yang korslet (karena resistansi rangkaian yang rendah). Sebuah microhmmeter akan bekerja; uji jatuh tegangan (menggunakan 2 sampai 5 volt AC) juga akan bekerja (Gambar 2.29).

Perhatian : Jangan sekali-kali menerapkan lebih dari 2 sampai 5 volts AC ke medan seri (S1 dan S2). Tegangan tinggi yang merusak akan diubah menjadi medan shunt.

Lepaskan insulasi dari koneksi kumparan-ke-kumparan medan seri. Terapkan 2 hingga 5 volt AC ke S1 dan S2. Baca tegangan di setiap kumparan medan seri. Pembacaan yang lebih rendah akan ditemukan di kumparan korsleting



Gambar 2.28 Menempatkan belitan korsleting pada medan seri dengan menggunakan medan shunt sebagai transformator

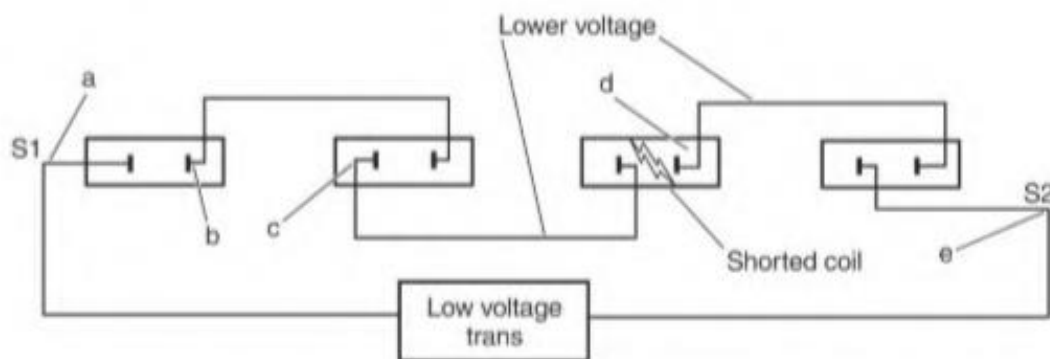
2.8 Lokasi Kerusakan Pada Medan Serie

Medan seri satu sirkuit dengan sirkuit terbuka akan memiliki gejala sebagai berikut:

- Sebuah motor tidak akan hidup. Satu-satunya sirkuit yang lengkap adalah medan shunt.
- Sebuah generator tidak akan memiliki output tegangan. A1 dan A2 akan membaca tegangan penuh.
- Medan seri dua sirkuit dengan sirkuit terbuka akan memiliki gejala berikut:
- Sebuah motor akan kehilangan daya, dan beberapa atau semua sikat akan melengkung berlebihan (dari ketidakseimbangan magnetik).
- Sebuah generator akan memiliki output tegangan penuh (tanpa beban). Saat dimuat, output tegangan akan turun sebagian, dan beberapa atau semua sikat akan melengkung berlebihan.

Menemukan Bukaan di Bidang Seri Satu Sirkuit Menggunakan Ohmmeter

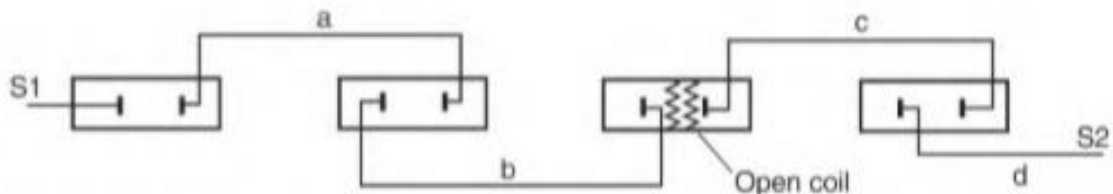
Sebuah ohmmeter yang terhubung ke S1 dan S2 akan membaca tak terhingga (Gambar 2.30). Dimulai dengan probe ohmmeter yang terhubung ke S1, tusuk setiap koneksi koil dari S1 ke S2 hingga tidak ada pembacaan. Pembacaan di kumparan kesalahan akan tak terhingga.



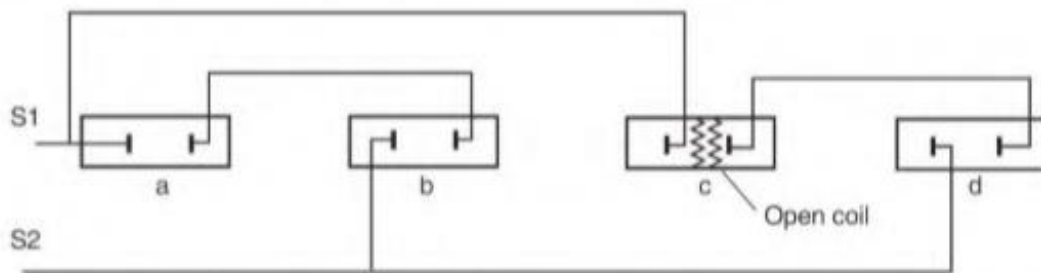
Gambar 2.29 Menemukan kumparan korsleting dalam medan seri menggunakan AC tegangan rendah dan uji jatuh tegangan.

Menemukan Bukaannya di Medan Seri Dua-Sirkuit Menggunakan Voltmeter

Lepaskan insulasi dari koneksi kumparan-ke-kumparan medan seri. Gunakan resistor yang membatasi ampere ke nilai pelat nama jangkar, dan berikan tegangan DC ke S1 dan S2 (Gambar 2.31).



Gambar 2.30 Menempatkan kumparan terbuka dalam medan shunt sirkuit tunggal dengan ohmmeter.



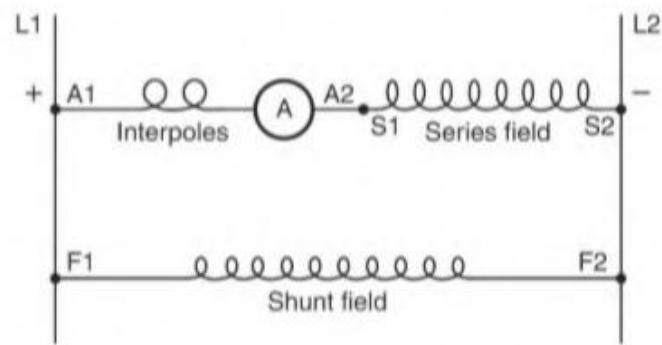
Gambar 2.31 Menempatkan kumparan terbuka dalam medan seri dua rangkaian menggunakan arus DC terbatas dan volt-meter.

Perhatian : Jangan sekali-kali menerapkan tegangan pengenalan motor ke S1 dan S2.

Periksa di setiap kumparan dengan voltmeter. Tegangan penuh akan ditemukan di seluruh kumparan terbuka. Kumparan a dan b akan menunjukkan setengah tegangan. Kumparan c akan membaca tegangan penuh dan kumparan d akan membaca tegangan nol.

2.9 Petunjuk identifikasi Motor DC Compound dengan Ohmmeter

Kebanyakan motor DC kompon memiliki tiga sirkuit, Armatur(A1 dan A2), medan seri (S1 dan S2), dan medan shunt (F1 dan F2). Gunakan ohmmeter untuk menemukan tiga pasang (yang memiliki sirkuit untuk masing-masing lainnya) Sadapan medan shunt (F1 dan F2) biasanya lebih kecil daripada sadapan medan Armatur dan seri. Medan shunt memiliki resistansi yang jauh lebih tinggi daripada medan dinamo dan seri. Identifikasi dan beri label sementara pada sadapan medan shunt F1 dan F2. Identifikasi armature lead dengan menyentuh satu probe ohmmeter ke lead dan yang lainnya ke komutator. Beri label A1 dan A2. Untuk sementara label lead yang tersisa S1 dan S2.



Gambar 2.32 Mengidentifikasi lead yang tidak bertanda agar sesuai dengan standar NEMA. Hubungkan motor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.32 dan berikan daya DC yang cukup untuk membuatnya berputar. Putarannya harus berlawanan arah jarum jam menghadap komutator. Tukarkan A1 dan A2 jika putarannya salah. Putuskan sambungan F1 dan berikan daya yang cukup ke A1 dan S2 untuk mendapatkan rotasi. Jika rotasi berbalik, tukar dan beri label ulang pada lead bidang seri. Rotasi standar NEMA berlawanan arah jarum jam menghadap ujung komutator, dengan positif pada A1 dan F1.

2.10 Test Pemahaman Materi, Pilih B (Betul) atau S (Salah)

1. Sebagian besar masalah mesin DC terjadi di armature. B/S
2. Pengencer lak adalah cairan yang baik untuk membersihkan komutator.
3. Kumparan jangkar terbuka dapat menyebabkan titik mati. B/S
4. Segmen komutator yang terbakar dengan jarak yang sama dengan jarak dua sikat berpolaritas serupa menunjukkan equalizer terbuka. B/S
5. Semua sikat dapat dipertukarkan jika sesuai dengan pemegang sikat. B/S
6. Sebutkan dua tipe arus yang mengalir di zona konduksi sikat
7. Sikat split mengurangi arus sirkulasi di zona konduksi
8. Pemotongan alur spiral pada komutator meningkatkan kinerjanya. B/S
9. Semua sikat di beberapa tempat sikat harus membawa jumlah ampere yang sama B/S
10. Semua motor harus memiliki kotak sikat dengan jarak yang sama dari komutator B/S
11. Jarak antar Sikat yang tidak rata dapat mempengaruhi pergantian B/S
12. Ketegangan pegas harus sama untuk semua sikat B/S
13. Ampere tinggi membutuhkan tegangan pegas yang lebih berat. B/S
14. Ukuran kawat shunt sikat tidak penting karena kotak sikat akan membawa arus B/S
15. Bagaimana segmen komutator yang tidak rata dapat dideteksi?
16. Sebutkan dua penyebab debu sikat yang berlebihan.
17. Sikat abu-abu lebih baik daripada Sikat hitam untuk:
 - a. ampere tinggi.
 - b. kurang dipakai.
 - c. ampere rendah
18. Berikan rumus untuk mencari rapat arus sikat .
19. Gemuk silikon harus digunakan pada motor DC B/S
20. Mengapa sikat harus ditempatkan dengan benar?

21. Apa yang menyebabkan permukaan Sikat berwarna hitam rata?
22. Pengaturan sikat terakhir untuk motor DC adalah titik yang memiliki voltase kurang dari V_2 di antara segmen B/S
23. Memindahkan pemegang sikat — satu segmen pada satu waktu melawan rotasi — sampai ada percikan paling sedikit disebut penyetelan pita hitam untuk motor B/S
24. Generator harus selalu memiliki magnet sisa yang dipulihkan—dengan menerapkan DC ke F1 dan F2—setelah AC digunakan untuk menyetel sikat ke netral B/S
25. Sebutkan dua waj untuk menguji Armatur di
26. Sebutkan dua gejala medan shunt yang diarde
27. Semua kumparan harus diganti ketika pembacaan ohmmeter antara 1 dan 50 megohm B/S
28. Sirkuit yang sedang diuji untuk ground harus diisolasi dari semua sirkuit lainnya B/S
29. Mengapa belokan korsleting di rangkaian medan seri biasanya sangat jelas?
30. Motor DC lilitan majemuk akan berjalan jika medan seri tidak terhubung? B/S
31. Bagaimana generator luka majemuk terpengaruh ketika bidang seri tidak digunakan?
32. Komutator adalah sirkuit kebocoran tinggi. B/S
33. Mengapa interpol mengalami masalah jika Armatur terlalu panas
34. Mengapa AC dan resistor harus digunakan untuk memasok AC untuk pengujian ?
35. DC akan menyebabkan arus tinggi mengalir dalam lilitan korsleting B/S
36. Mengapa penting untuk menggambar skema rangkaian yang rumit sebelum mengujinya ?
37. Sebutkan empat masalah yang terjadi pada bidang shunt.
38. Sebuah ohmmeter akan menunjukkan pembacaan resistansi yang lebih rendah saat pengujian dekat dengan kumparan yang diarde. B/S
39. Apakah ground peralatan tidak direkomendasikan untuk mesin DC?
40. Sebuah kumparan dengan lilitan korsleting akan menunjukkan pembacaan dari kumparan lainnya.
 - a. resistensi yang lebih tinggi
 - b. resistensi yang lebih rendah
41. Membagi tegangan uji dengan jumlah kumparan yang diuji akan memberikan perkiraan tegangan yang ditemukan pada masing-masing kumparan—jika tidak ada yang korslet B/S
42. Perbedaan A + atau - diperbolehkan saat pengujian perbandingan kumparan dengan ohmmeter (halaman 89).
 - a. 2%
 - b. 5%
 - c. 10%
43. Selisih + atau - diperbolehkan saat pengujian perbandingan kumparan dengan voltmeter (halaman 89).
 - a. 2%
 - b. 5%

c. 10%

44. Apa yang akan terjadi pada Armatur jika medan shunt terbuka saat itu
45. beroperasi tanpa beban ?
46. Kumparan yang kendor dapat menyebabkan arde atau sirkuit terbuka B/S Sebuah kumparan terbuka dalam medan shunt sirkuit dua paralel akan memiliki medan shunt.
47. menurunkan resistensi
48. meningkatkan resistensi
49. Kerusakan isolasi antara medan seri dan shunt biasanya disebabkan oleh ampere tinggi pada medan seri B/S
50. Menjalankan mesin DC gabungan tanpa medan seri adalah cara cepat untuk mengesampingkan medan seri sebagai masalahnya B/S
51. Hambatan medan seri memiliki sedikit pengaruh pada ampere sirkuitnya B/S
52. Kumparan medan seri yang diarde mungkin tidak menunjukkan masalah B/S
53. Medan shunt tidak boleh diberi tegangan AC, karena medan seri akan dihancurkan oleh tegangan tinggi yang ditransformasikan ke dalamnya B/S
54. Kabel F1 dan F2 biasanya lebih besar dari kabel mesin DC B/S

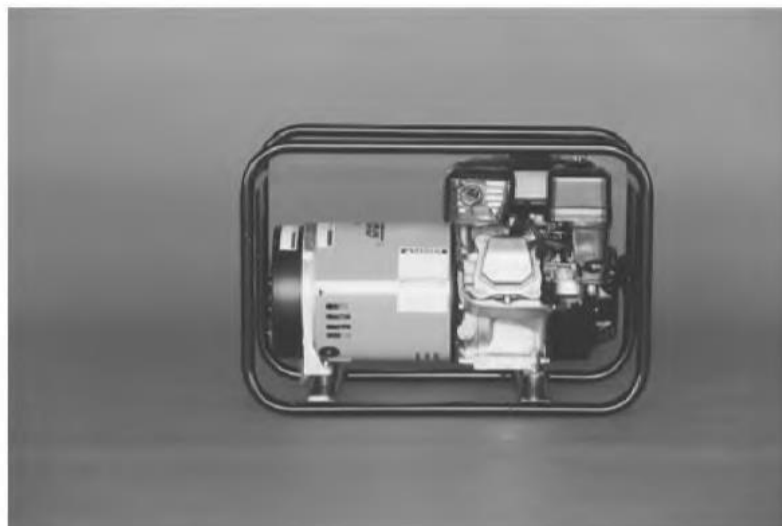
BAB 3

TEORI MOTOR LISTRIK

Hampir semua daya komersial dan domestik yang dikonsumsi di Indonesia adalah AC. Daya AC bertegangan tinggi dibawa jarak jauh oleh saluran listrik, dengan kehilangan daya minimal. Sangat sedikit daya yang hilang mengubah AC ke nilai tegangan yang dibutuhkan oleh konsumen. AC jauh lebih fleksibel dan praktis daripada listrik DC. Motor induksi AC membutuhkan perawatan yang jauh lebih sedikit daripada motor DC karena sebagian besar tidak memiliki komutator. Penggerak variabel-hertz memberikan kontrol kecepatan motor induksi tiga fase yang hampir sama baiknya dengan motor DC.

3.1 Terminologi AC (Arus Bolak-Balik) Menghasilkan Arus Bolak-balik

Pengoperasian sebagian besar motor AC dipengaruhi oleh cara daya AC dihasilkan. Untuk itu pembangkitan daya AC akan dijelaskan terlebih dahulu. Alternator AC (juga disebut generator) terdiri dari rotor yang dirangsang DC dan belitan stator. Gambar 3.1 menunjukkan alternator satu fasa. Stator memiliki satu belitan atau fase. Dalam alternator AC (Gambar 3.2), konduktor kutub stator dipotong oleh garis gaya magnet (fluks) yang disediakan oleh kumparan medan DC yang berputar. Untuk lebih jelasnya, magnet akan digunakan dalam penjelasan berikut. Magnet akan bergerak melewati dua kutub stator. Saat magnet melewati kutub stator pertama, fluks magnetnya memotong konduktor kumparan kutub, menghasilkan tegangan.

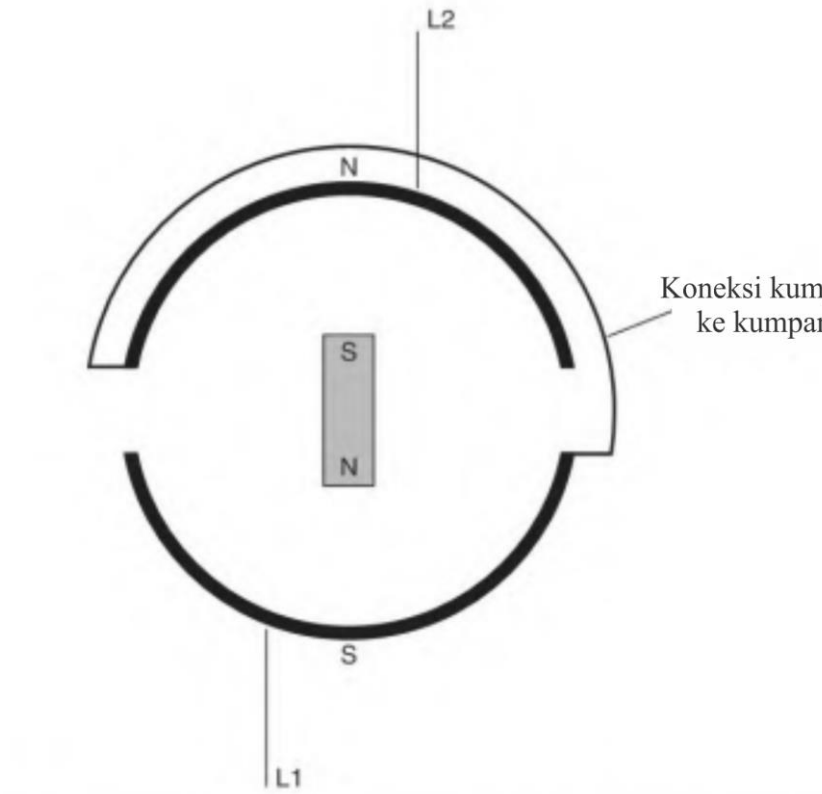


Gambar 3.1 Alternator satu fasa. Winco, Inc.

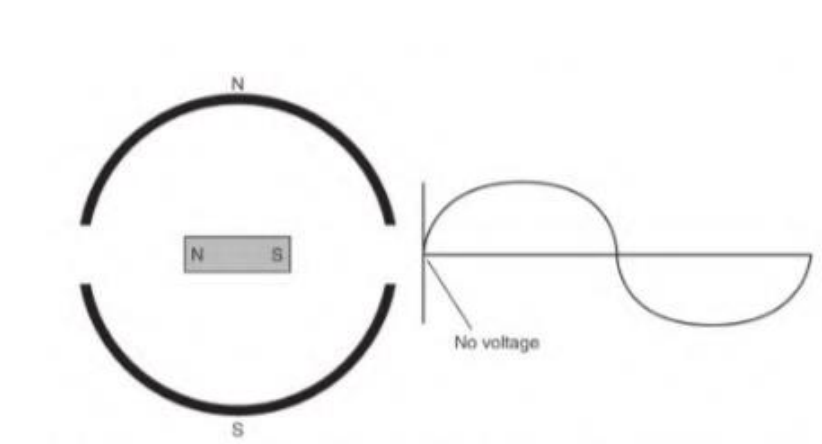
Pada Gambar 3.3 magnet berada pada posisi netral di antara kutub. Saat magnet bergerak maju, fluksnya memotong konduktor dari setiap kutub stator, dan tegangan dihasilkan di dalamnya. Nilai tegangan (output) akan meningkat (Gambar 3.4) hingga magnet sejajar dengan kutub stator. Tegangan sekarang pada nilai positif puncak. Saat magnet

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

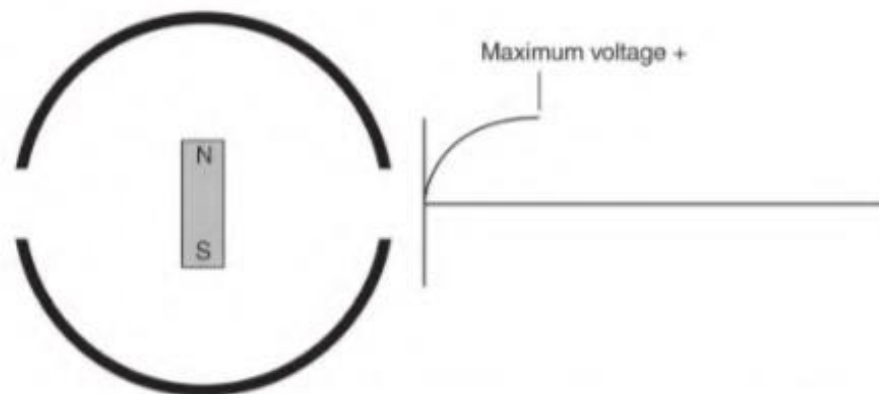
bergerak keluar dari keselarasan, tegangan berkurang. ketika kembali mencapai posisi netral, tegangannya nol. Ketika fluks magnet memotong kutub berikutnya (Gambar 3.5), output tegangan negatif. Ketika magnet menjadi sejajar (Gambar 3.6) dengan kutub stator, tegangan output berada pada nilai negatif tertinggi. Saat magnet bergerak keluar dari keselarasan, output tegangan menurun hingga kembali ke posisi netral. (Satu siklus daya telah dihasilkan.)



Gambar 3.2 Komponen dasar pembangkit arus bolak-balik (magnet batang dan medan dua kutub).



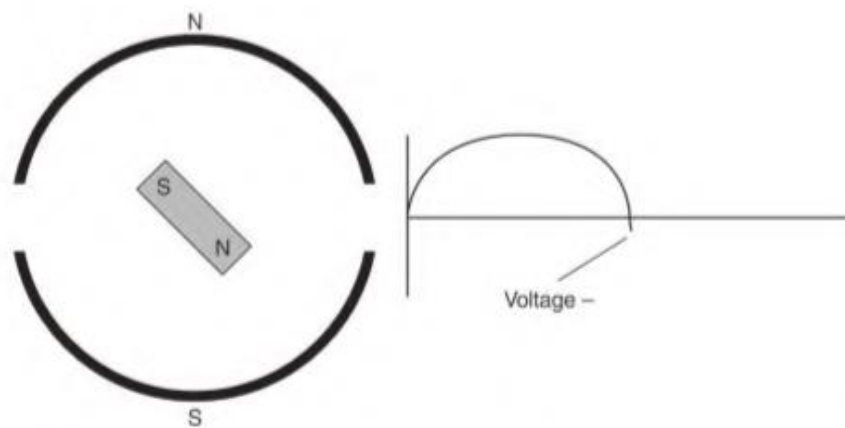
Gambar 3.3 Magnet batang dalam posisi netral, di mana tidak ada tegangan yang dihasilkan.



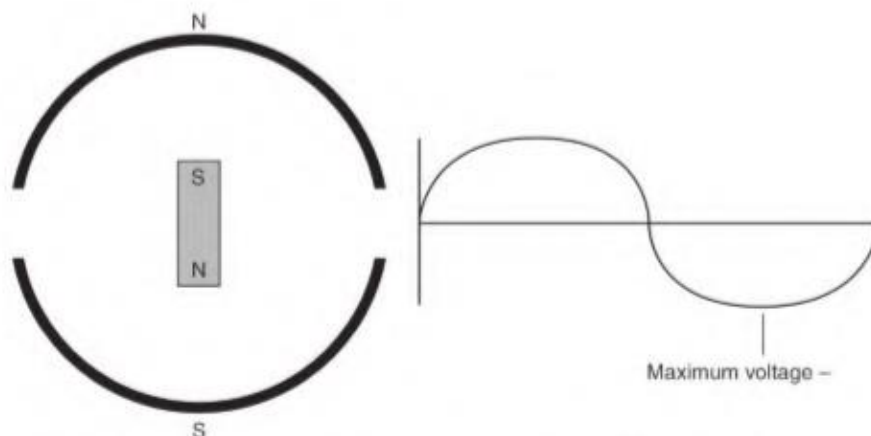
Gambar 3.4 Posisi magnet saat tegangan maksimum dihasilkan

Siklus dan Hertz

Jumlah siklus yang dihasilkan dalam 1 detik adalah frekuensi daya. Jika satu siklus daya dihasilkan dalam $1/60$ detik, frekuensi daya adalah 60 siklus per detik (60 Hz). Kata hertz (Hz) digunakan sebagai pengganti frasa siklus per detik.



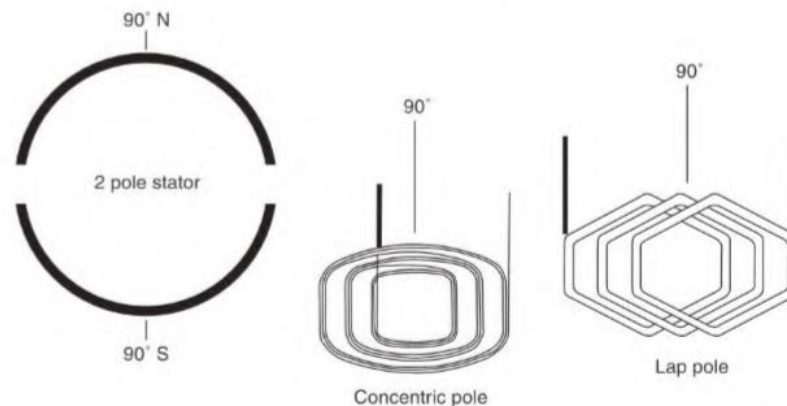
Gambar 3.5 Ketika magnet memasuki daerah dengan polaritas yang berlawanan, tegangan yang dihasilkan berubah polaritasnya.



Gambar 3.6 Tegangan maksimum (dari polaritas ini) dihasilkan pada titik ini.

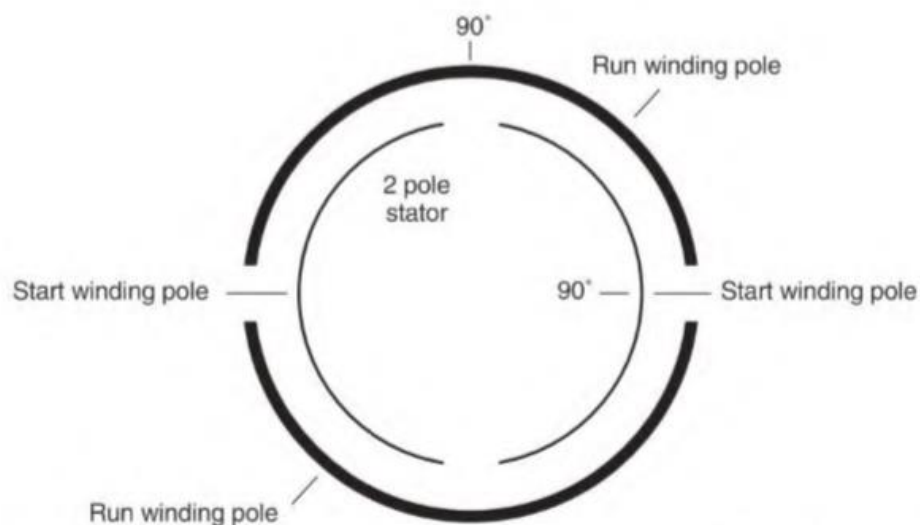
Derajat dan Waktu Listrik

Derajat listrik digunakan sebagai acuan dalam mesin listrik. Motor listrik dan alternator keduanya memiliki kutub yang diatur dalam lingkaran. Kutub ditempatkan secara simetris dan tepat di dalam lingkaran. Setiap kutub sama dengan 180 derajat listrik. Derajat listrik digunakan untuk menggambarkan lokasi pada tiang. Pusat sebuah tiang adalah 90° dari tepi kumparan pertama sebuah tiang (Gambar 3.7). Titik referensi ini adalah di mana kutub belitan awal motor fase tunggal ditempatkan dalam hubungannya dengan kutub belitan-jalan (Gambar 3.8). Mesin tiga fase memisahkan fase 120° (Gambar 3.9).

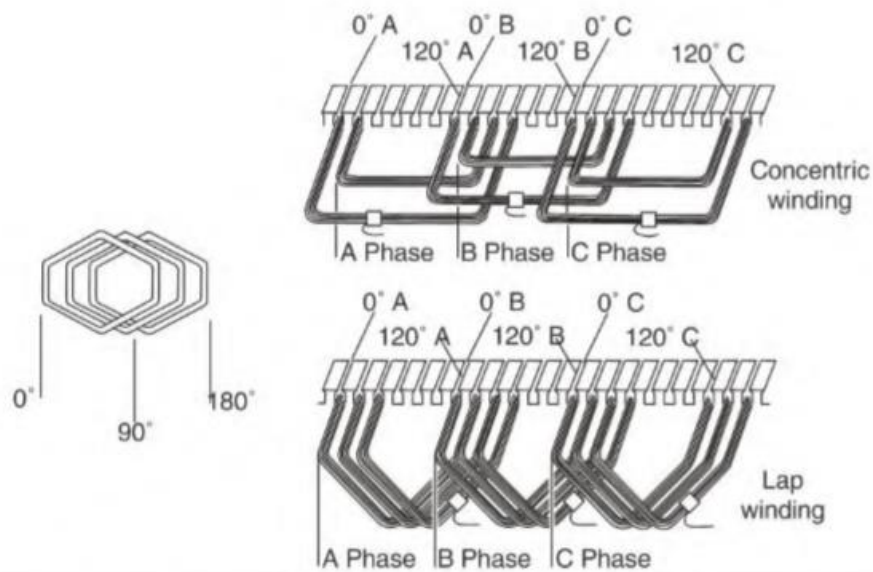


Gambar 3.7 Pusat tiang adalah titik 90 derajat listrik

Satu siklus arus bolak-balik dihasilkan dengan melewati magnet melalui dua kutub (180°) fase. Satu siklus sama dengan 360 derajat listrik. Waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu siklus juga dinyatakan dalam derajat (Gambar 3.10). Derajat listrik digunakan untuk menentukan waktu yang tepat (dalam kaitannya dengan tegangan) bahwa sesuatu terjadi selama siklus. Misalnya, jika ampere dan voltase tidak sesuai (dijelaskan di bawah "Reaktansi Induktif," nanti di bab ini), derajat listrik digunakan untuk menggambarkan lamanya waktu pemisahan. Kata sudut digunakan untuk menggambarkan jumlah pemisahan (dalam waktu). Contohnya adalah sudut fasa (fase berarti lilitan dan sudut berarti waktu).



Gambar 3.8 Kumparan lilitan-start terletak di kedua sisi titik 90° kutub lilitan-jalan.



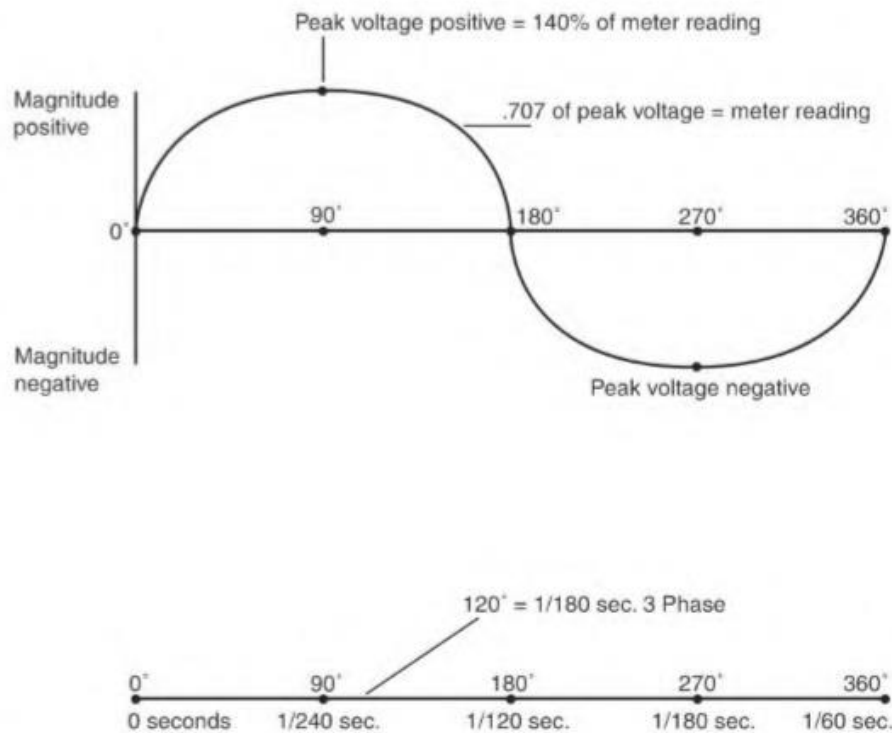
Gambar 3.9 Kutub tiga fasa terletak terpisah 120 derajat listrik.

Listrik dan Mekanik

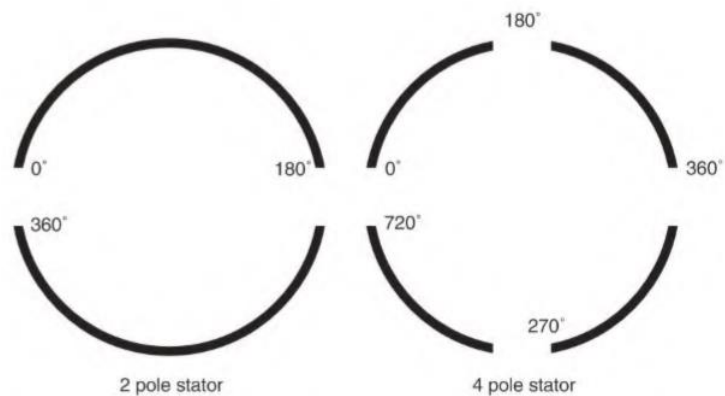
Dua kutub stator menghasilkan satu siklus daya. Setiap tiang berisi 180 derajat listrik. Sebuah stator dua kutub memiliki jumlah derajat listrik yang sama dengan derajat mekanik. Dalam stator empat kutub, ada 720 derajat listrik dalam 360 derajat mekanik stator (Gambar 3.11).

Derajat dan Lokasi

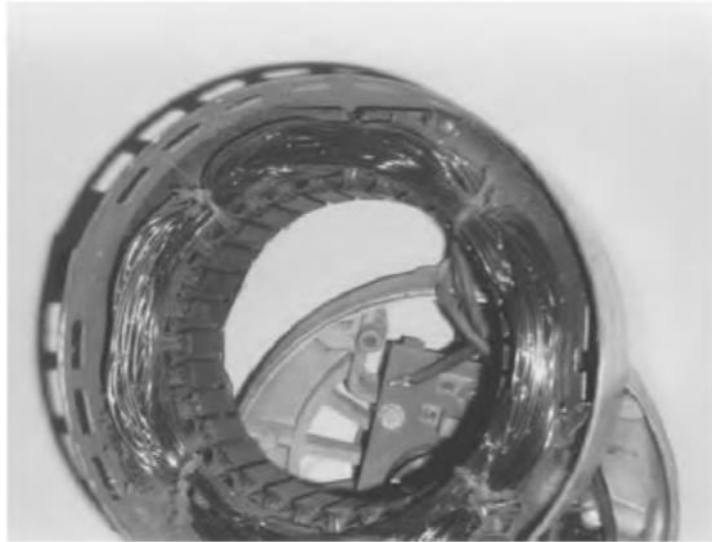
Derajat juga digunakan untuk referensi lokasi di tiang. Contohnya adalah posisi belitan start dan run dari stator fase tunggal (Gambar 3.12). Titik 90° dari kutub run-winding adalah pusat kutub (Gambar 3.7). Kumparan belitan awal terletak di kedua sisi tempat ini (Gambar 3.8). Tiga belitan fase tunggal dari motor tiga fase terletak terpisah 120 derajat listrik (Gambar 3.9).



Gambar 3.10 Gelombang sinus mencakup besar tegangan dan waktu yang diperlukan untuk menghasilkannya.



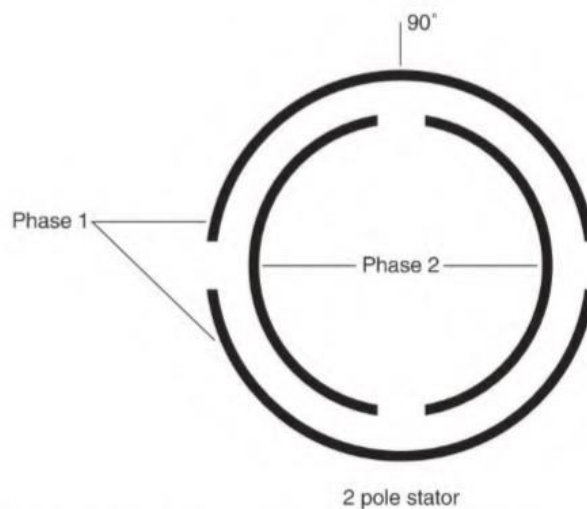
Gambar 3.11 Stator dua kutub memiliki 360 derajat mekanik dan 360 derajat listrik. Stator empat kutub memiliki 360 derajat mekanik dan 720 derajat listrik.



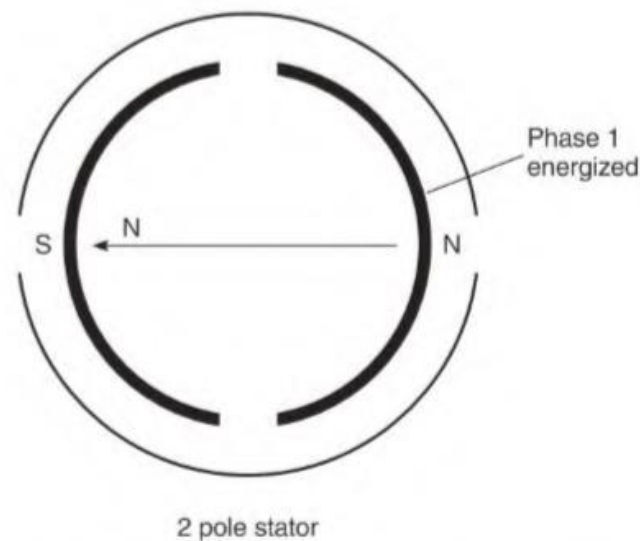
Gambar 3.12 Stator motor fase tunggal empat kutub. Listrik Maraton.

Daya Dua Fasa

Sebuah alternator dua fase ditunjukkan pada Gambar. 3.13. Ada dua belitan fase tunggal identik yang terpisah 90 derajat listrik. Ketika medan DC diputar di stator ini, dua tegangan out-of-step dihasilkan. Kedua tegangan dipisahkan oleh 90 derajat listrik dalam waktu ($1/240$ detik pada 60 Hz).



Gambar 3.13 Motor dua fase memiliki dua fase identik yang berjarak 90 derajat listrik.

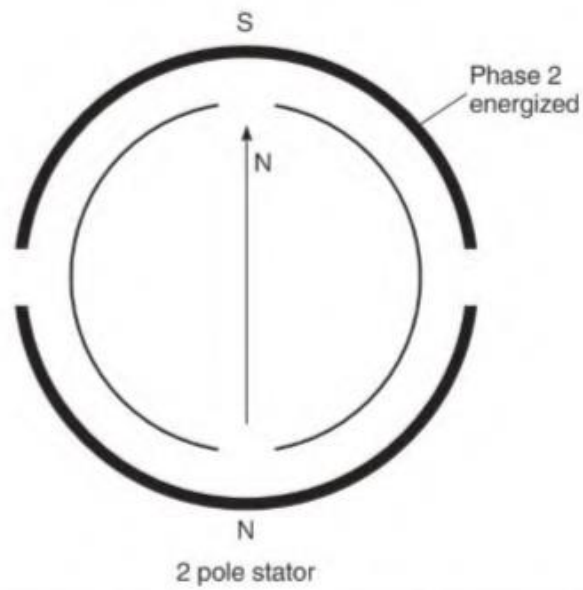


Gambar 3.14 Sebuah stator dua fase dengan jarum kompas (sejajar dengan fase 1) yang diberi energi.

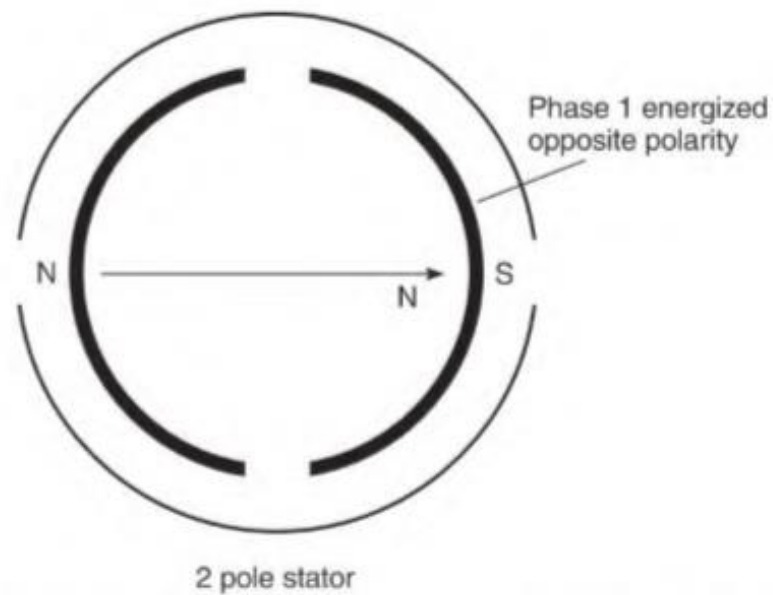
Medan Magnet Berputar Dua Fasa

Ketika tegangan dua fase 60-Hz diterapkan pada belitan motor dua fase, kekuatan magnet puncak dari dua belitannya akan terjadi dalam jarak $1/240$ detik. Ini menciptakan medan magnet berputar di stator. Rotor motor akan mencoba berputar pada kecepatan yang sama dengan medan DC alternator dua fase. Memvariasikan kecepatan alternator akan memvariasikan kecepatan motor.

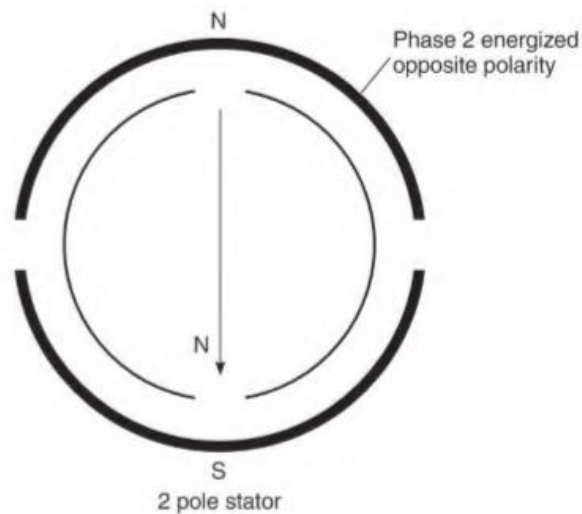
Medan magnet berputar motor AC dibuat ketika arus mengalir di setiap fase pada waktu yang berbeda. Ketika waktu (dalam derajat listrik) arus yang mengalir di setiap fase cocok dengan lokasi (dalam derajat listrik) kutub di setiap fase, medan magnet berputar adalah yang terbaik. Gambar 3.14 menunjukkan stator dua fase dua kutub dengan kompas di lubangnya. Pemberian energi fase 1 dengan DC tegangan rendah akan menyebabkan kompas sejajar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.14. Pemberian energi fase 2 dengan polaritas yang sama menggerakkan jarum kompas 90° seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.15. Balikkan polaritas DC dan terapkan ke fase 1. Kompas bergerak lagi 90° seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.16. Terapkan polaritas terbalik ke fase 2 dan jarum kompas sejajar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.17. Balikkan polaritas DC dan terapkan ke fase 1, dan jarum akan membuat putaran penuh. Ini adalah versi sederhana dari medan magnet berputar yang terjadi ketika tegangan dua fase diterapkan pada belitan dua fase.



Gambar 3.15 Ketika diberi energi, jarum kompas bergerak 90 derajat listrik dan sejajar dengan fase 2.



Gambar 3.16 Membalikkan polaritas dan menerapkannya ke fase 1 menyelaraskan jarum kompas seperti yang ditunjukkan.



Gambar 3.17 Menerapkan daya terbalik ke fase 2 menyelesaikan satu putaran.

Revolusi per Menit, Kutub, dan Hertz

Siklus per detik (output Hz) ditentukan oleh kecepatan di mana alternator AC digerakkan dan jumlah kutubnya. RPM sinkron sebagian besar motor AC ditentukan oleh jumlah kutub dan Hz sumber daya. Rumus berikut memberikan kecepatan sinkron dari induksi AC dan motor sinkron:

Hz x 60 detik (untuk mendapatkan siklus per menit) x dua kutub = pembilang

Pembilang -p kutub = RPM

Pembilang h- RPM = kutub

Pembilang 60-Hz = 7200

Motor dua kutub pada 60 Hz:

7200 -p 2 kutub = 3600 RPM

Kecepatan sinkron dua kutub (pada anjr Hz) dibagi dengan pasangan kutub motor = kecepatan sinkron motor:

Untuk 60 Hz: 3600 -p pasang kutub = RPM

Untuk 50 Hz: 3000 pasang kutub = RPM

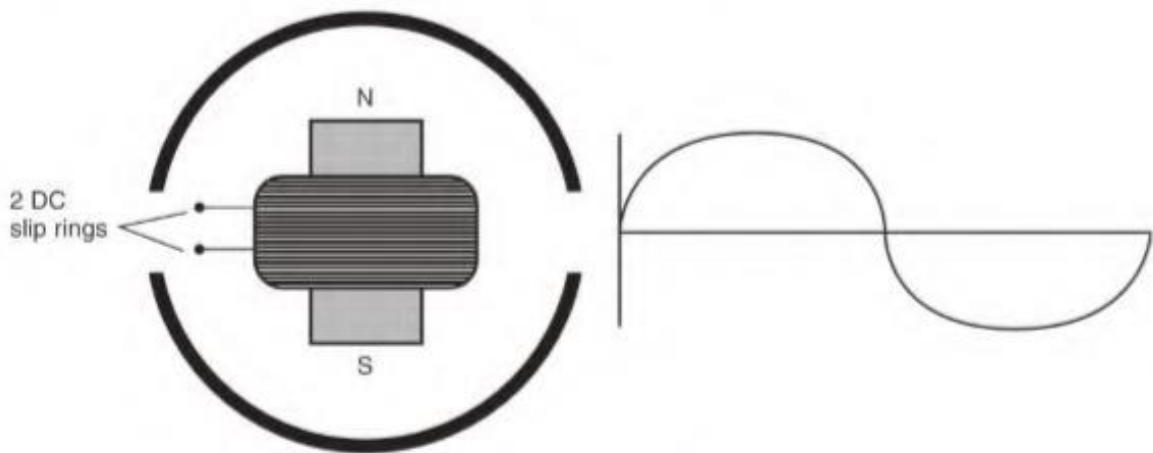
Daya fase tunggal dihasilkan ketika magnet DC diputar melewati belitan fase tunggal (Gambar 3.18). Saat magnet mulai melintasi kutub fase tunggal, tegangan yang dihasilkan meningkat ke nilai puncaknya ketika magnet dan kutub disejajarkan. Nilai tegangan turun menjadi nol saat magnet melewati pusat dan keluar dari kutub. Saat magnet memasuki kutub berikutnya, tegangan yang dihasilkan memiliki polaritas yang berlawanan. Nilai tegangan akan naik ke nilai puncak dan kemudian turun ke nol.

Ketentuan Arus, Ampere, Daya, dan Reaktif

Banyak kombinasi istilah yang digunakan dengan ampere dan daya arus. Arus, amp, dan ampere digunakan secara bergantian. Arus digunakan untuk menggambarkan fakta bahwa beberapa jenis ampere (lagging, leading, in unity with voltage) mengalir dalam suatu

rangkaian. Aliran ampere (atau amp yang mengalir) juga menandakan arus dalam suatu rangkaian. Pertukaran arus antara koil dan sumber daya dapat disebut arus magnetisasi, ampere magnetisasi, arus reaktif, ampere reaktif, dan ampere reaktif. Arus antara kapasitor dan sumber daya dapat disebut sebagai arus reaktif, arus utama, ampere utama, amp terkemuka, ampere reaktif, dan amp reaktif.

Ampere yang diperlukan untuk melakukan kerja, atau yang merupakan bagian dari hasil wattmeter, disebut ampere sejati, ampere sejati, amplitudo nyata, dan ampere nyata. Istilah daya mencakup daya semu, daya nyata, faktor daya, faktor daya tertinggal atau terdepan, dan daya aktual. Semua daya termasuk ampere dan volt. Istilah reaktif dapat berlaku untuk deskripsi terkemuka (kapasitif) dan tertinggal (induktif). Teks berikut menjelaskan pengaruh komponen yang berbeda terhadap ampere rangkaian dan kondisi daya rangkaian.



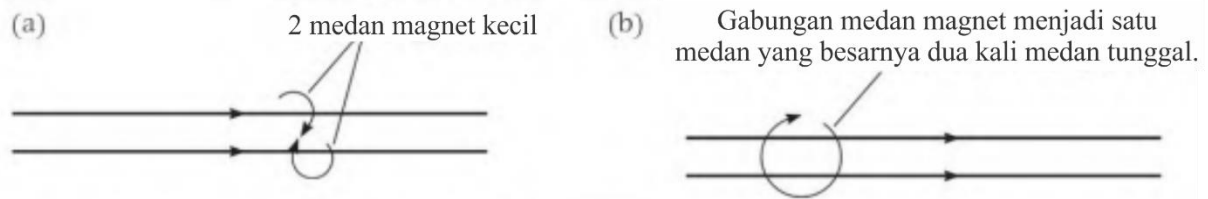
Gambar 3.18 Prinsip dasar pembangkitan daya satu fasa.

3.2 Reaktansi Induktif

Reaktansi induktif adalah bentuk resistensi terhadap aliran arus. Seperti arus DC, arus bolak-balik menciptakan medan magnet di sekitar kawat. Arus bolak-balik terus berubah dalam besaran dan polaritasnya. Kekuatan medan magnet di sekitar kawat berubah dengan jumlah arus. Arah aliran arus dalam kawat berubah dengan polaritas tegangan AC. Polaritas medan magnet di sekitar kawat berubah dengan polaritas tegangan AC.

Ketika dua kabel yang membawa arus AC dalam arah yang sama ditempatkan bersebelahan (Gambar 3.19a), ada interaksi bucking di antara mereka sampai medan magnet mereka bergabung menjadi medan magnet yang lebih besar (Gambar 3.19b). Interaksi ini akan menyebabkan arus mengalir keluar dari langkah dan lebih lambat dari tegangan yang menggerakkannya. Penundaan arus ini disebut induktansi. Resistansi terhadap aliran arus yang disebabkan oleh induktansi disebut reaktansi induktif. Reaktansi induktif terjadi ketika ada magnet yang berubah. Reaktansi induktif dapat ditunjukkan dengan panjang kawat. Jika kawat berada dalam garis lurus, satu-satunya hambatan yang signifikan terhadap aliran arus AC adalah hambatan dari kawat itu sendiri. Jika kawat dililitkan menjadi sebuah kumparan, akan terjadi induktansi dan reaktansi induktif (tahanan terhadap aliran arus). Jika kawat

dililitkan di sekitar lingkaran besi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.20, reaktansi induktif meningkat lebih banyak lagi.



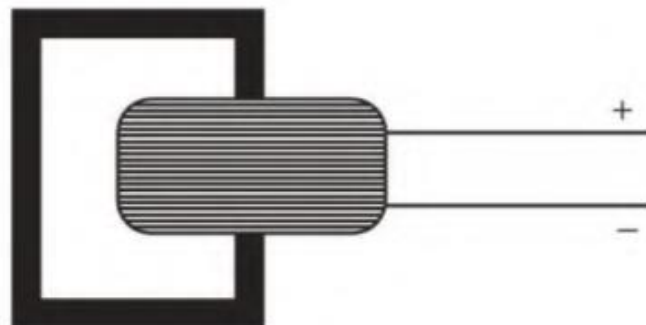
Gambar 3.19 (a) Medan magnet mengelilingi setiap konduktor pembawa arus. Medan saling bergesekan saat besar arus berubah, (b) Mereka bergabung dan membentuk medan yang lebih kuat.

Impedansi

Impedansi adalah jumlah resistansi konduktor dan reaktansi induktif. Reaktansi induktif melengkapi sebagian besar resistensi terhadap aliran arus di motor AC.

Reaktansi Induktif dan Tegangan Kontra

Reaktansi induktif pada belitan motor AC memiliki tujuan yang sama dengan tegangan balik pada jangkar motor DC. Hambatan belitan dinamo DC dan belitan motor AC sangat rendah. Jika tegangan DC diterapkan pada belitan AC, tidak akan ada reaktansi induktif dan belitan akan rusak.



Gambar 3.20 Besi menambah aksi tekuk koil

Faktor kekuatan

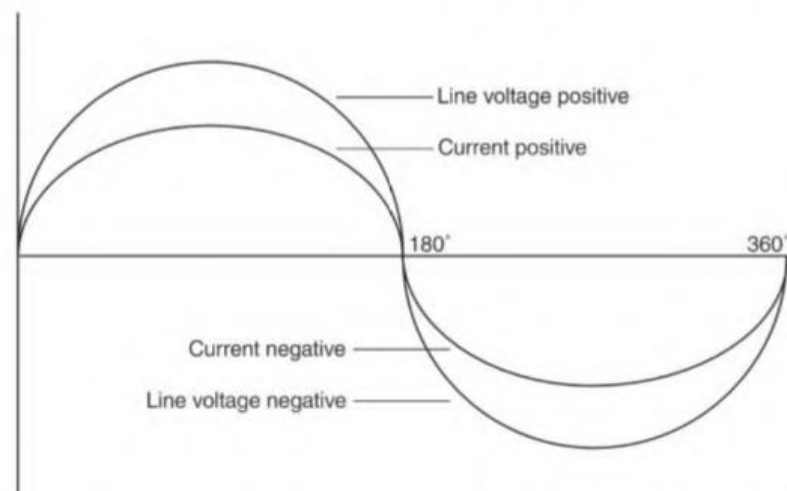
Faktor daya didefinisikan sebagai perbandingan antara daya sebenarnya dan daya semu. Daya sebenarnya adalah daya yang benar-benar digunakan oleh suatu beban. Daya semu adalah jumlah dari ampere daya sebenarnya dan ampere magnetisasi (lihat bagian mendatang "Ampere Magnetisasi dan Faktor Daya Lagging"). Faktor daya suatu rangkaian ditemukan dengan membagi daya sebenarnya dengan daya semu. Ampere daya sejati dapat ditemukan dengan wattmeter. Pembacaan meteran dalam watt dibagi oleh tegangan yang diberikan sama dengan ampere sebenarnya.

Ampere, dibaca dengan ammeter AC, adalah daya nyata rangkaian ditambah daya semu. Amperemeter AC clamp-on menampilkan jumlah ampere magnetisasi ditambah

ampere sebenarnya dari rangkaian induktif. Ampere daya sebenarnya dari wattmeter dibagi dengan ampere daya nyata dari ammeter AC sama dengan faktor daya. Hasilnya adalah nilai desimal atau persentase. Pengukur faktor daya dapat digunakan untuk menemukan faktor daya suatu rangkaian. Ini mengukur tegangan dan ampere, dan menghitung hasilnya. Watthour meter dari pemasok daya mencatat dan mengisi daya hanya untuk daya yang sebenarnya.

Faktor Daya Persatuan

Jika tidak ada daya reaktif, arus dan tegangan selangkah (Gambar 3.21). Kondisi tersebut disebut faktor daya kesatuan. Semua daya yang digunakan pada faktor daya kesatuan adalah daya nyata dan dicatat bj'- meteran daya sebagai daya yang dikonsumsi. (Daya yang digunakan oleh resistor atau elemen kompor berada pada faktor daya kesatuan.)



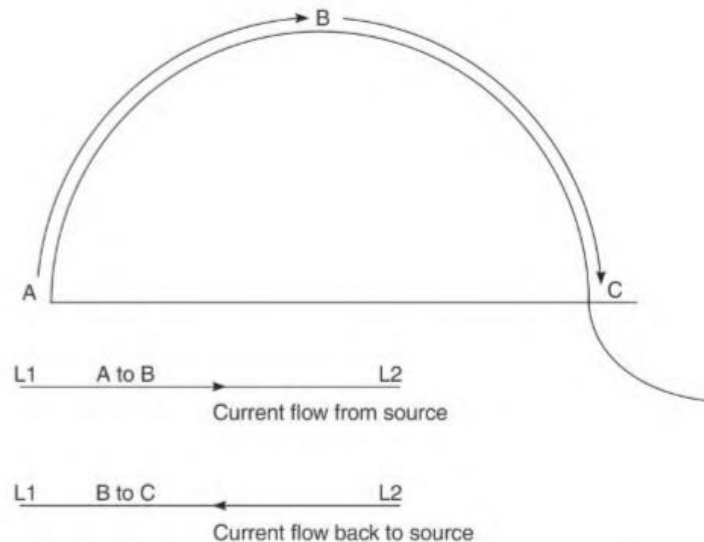
Gambar 3.21 Arus dan tegangan selangkah bila ada faktor daya satu.

Magnetisasi Ampere dan Faktor Daya Lagging

Ketika ampere tidak sesuai dengan tegangan, rangkaian memiliki faktor daya. Faktor daya dapat memimpin atau tertinggal. (Faktor daya utama tercakup dalam "Fungsi Kapasitor," nanti dalam bab ini.) Bagian ini menjelaskan faktor daya tertinggal dan hubungan arus dan magnet dalam kumparan selama satu siklus.

Ketika aliran arus meningkat dari titik A ke titik B pada Gambar 3.22 melalui kumparan kawat, terdapat interaksi bucking antara medan magnet dari setiap lilitan kawat. Medan magnet seluruh kumparan kemudian bergabung membentuk medan magnet yang besar. Sumber daya mensuplai arus yang dibutuhkan untuk memagnetisasi kumparan (magnetizing amps) sampai arus puncak (titik B) tercapai. Arus pada titik ini mulai turun menuju nol. Saat arus berkurang, medan magnet mulai runtuh. Garis gaya magnet yang runtuh memotong lilitan kumparan dan menciptakan tegangan di dalamnya. Daya yang dihasilkan tegangan ini membuat arus (atau ampli magnetisasi) mengalir kembali ke sumber daya. Siklus arus sekarang melintasi garis nol (titik C) dan mengalir ke arah yang berlawanan. Kumparan sekarang sedang dimagnetisasi dalam polaritas yang berlawanan. Ini akan menarik daya dan

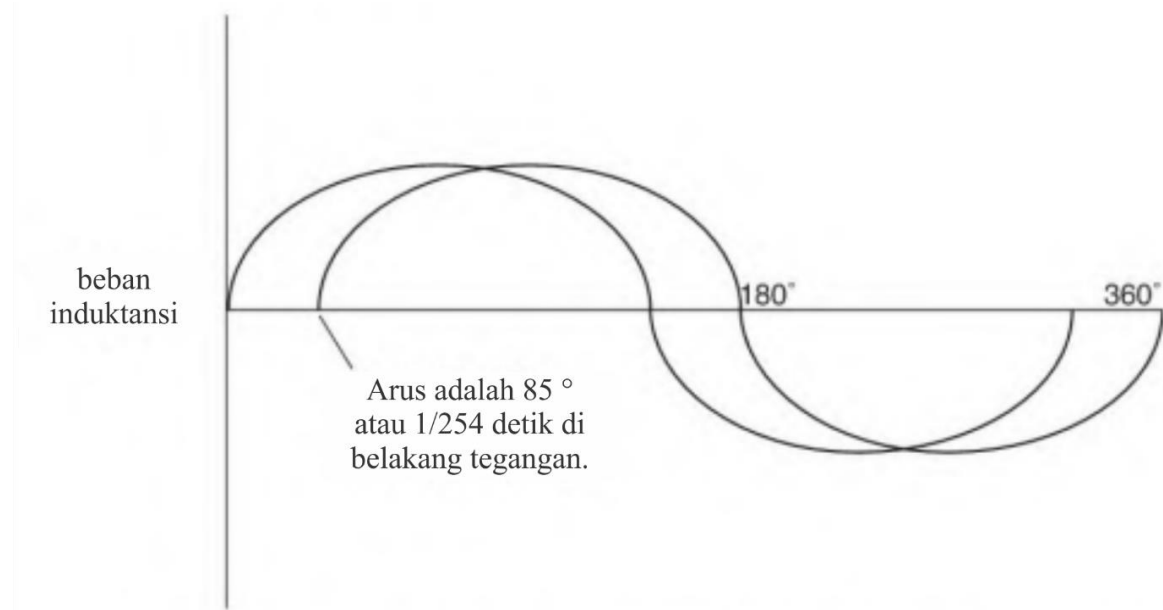
kemudian mengirimkannya kembali ke sumber dalam urutan yang sama seperti setengah siklus sebelumnya. Dengan induktansi di sirkuit, arus keluar dari langkah (lagging) tegangan dengan beberapa derajat (yang mewakili waktu). (Rangkaian memiliki faktor daya tertinggal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.23.)



Gambar 3.22 Saat arus meningkat, daya diambil dari sumber (A ke B). Ketika arus berkurang, daya (B ke C) dibuat dan mengalir kembali ke sumbernya.

Faktor Daya pada Motor

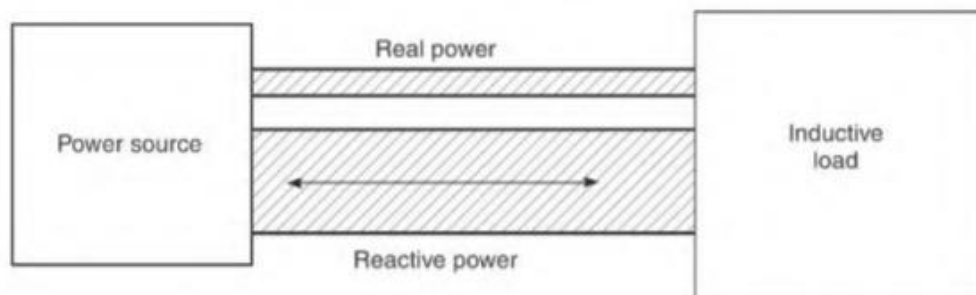
Kebanyakan motor memiliki faktor daya yang tertinggal karena memiliki kumparan yang dikelilingi oleh besi. Magnetisasi koil yang dikelilingi oleh besi menciptakan reaktansi induktif yang jauh lebih banyak daripada magnetisasi koil saja. Besarnya hambatan yang ditimbulkan oleh reaktansi induktif ditentukan oleh jumlah lilitan kawat dan jumlah besi yang mengelilingi kumparan. Faktor daya motor dapat berubah dalam kondisi tertentu. Jika faktor daya diberikan pada pelat nama motor, itu telah dihitung dengan tegangan pengenal, dan dengan beban pengenal yang diterapkan. Faktor daya motor diturunkan jika tegangan yang diberikan lebih tinggi dari peringkat papan nama atau jika motor kekurangan beban. Salah satu atau kedua kondisi ini normal dalam industri.



Gambar 3.23 Hasil dari Gambar 3.22 adalah arus yang tertinggal secara terus-menerus, atau faktor daya. Ampere magnetisasi tidak bekerja. Semakin banyak komponen induktif yang dimiliki rangkaian, semakin tinggi ampere magnetisasi. Dalam rangkaian dengan faktor daya rendah, ampere magnetisasi mungkin lebih besar dari ampere sebenarnya.

Kekhawatiran Faktor Daya Rendah

Masalah yang ditimbulkan oleh faktor daya rendah terjadi pada jalur suplai dan sumber daya. Arus magnetisasi (ampere reaktif atau magnetisasi) ditambahkan ke nilai arus beban (ampere sebenarnya) (Gambar 3.24). Hasilnya adalah kehilangan panas dan penurunan tegangan pada jalur suplai. Ampere magnetisasi tidak menambah biaya daya dan tidak bekerja. Namun, mereka membutuhkan jumlah mil melingkar yang sama (mil lingkaran dijelaskan dalam Bab 1) sebagai daya ampere sebenarnya. Sebuah transformator yang cukup besar untuk memikul beban pada faktor daya satu akan menjadi terlalu panas jika faktor daya beban terlalu rendah. Faktor daya 50 persen membutuhkan transformator dua kali lebih besar untuk menghindari panas berlebih (dengan beban yang sama). Pemasok daya sering mengenakan penalti jika mereka harus menyediakan transformator yang lebih besar atau jika mereka harus memasang kapasitor pengoreksi faktor daya. Pengaruh kapasitor pengoreksi faktor daya dijelaskan kemudian di bawah "Fungsi Kapasitor."



Gambar 3.24 Perbedaan antara daya reaktif dan daya nyata

Reaktansi Induktif dan Perubahan Hertz

Besarnya hambatan yang ditimbulkan oleh reaktansi induktif berhubungan dengan besarnya perubahan polaritas (Hz) sumber daya. Saat Hz naik, begitu juga resistansi rangkaian induktif. Belitan motor yang dirancang untuk 50 Hz memiliki hambatan lebih besar pada daya 60 Hz. Dengan ampere yang lebih sedikit melalui belitannya, motor memiliki daya yang lebih kecil daripada yang dimilikinya dengan 50 Hz. (Saat Hz naik, amp turun.) Perubahan daya sebanding dengan perubahan Hz. Jika tegangan dinaikkan dalam proporsi yang sama dengan peningkatan Hz, daya yang hilang dipulihkan.

Rumus untuk 50-Hz hingga 60-Hz

Perubahan Daya Ada dua cara untuk meningkatkan daya motor 50 Hz bila dioperasikan pada 60 Hz. Salah satunya adalah memundurkan motor menggunakan putaran yang lebih sedikit. Yang lainnya adalah untuk meningkatkan tegangan yang diberikan. Kedua metode meningkatkan volt per putaran, yang meningkatkan ampere. Rumus berikut digunakan untuk meningkatkan tegangan yang diberikan:

$V_{60} + 50 = 1,095$ Naikkan tegangan 10%

$60 / 50 = 1,2$ Akar kuadrat dari 1,2 = 1,095

1,10 x tegangan 50-Hz = tenaga kuda yang sama tetapi torsi lebih kecil

$60 - 50 = 1,2$

1,2 x tegangan 50-Hz = torsi yang sama tetapi lebih banyak tenaga kuda

Peningkatan tenaga kuda akan meningkatkan panas motor, tetapi peningkatan RPM akan meningkatkan kemampuan pendinginan motor. Dalam kebanyakan kasus, peningkatan pendinginan mengkompensasi peningkatan panas.

Impedansi dalam Kumbaran Tiga Fasa

Ada dua bentuk resistansi terhadap aliran arus pada belitan motor AC: resistansi kawat dan reaktansi induktif belitan. Jumlah resistansi dan reaktansi induktif disebut impedansi. Berikut ini adalah contoh Irypothetical dari data motor tiga fasa. Ini akan menunjukkan jumlah resistansi terhadap aliran arus yang dimiliki reaktansi induktif dalam impedansi total motor.

- Data pelat nama motor hipotetis: 230 V, 5 A
- Data berliku: koneksi satu delta (koneksi delta menempatkan setiap fase melintasi garis)

Empat kutub: tiga gulungan per grup kutub, 25 putaran kawat #7; setiap belokan berisi 1 kaki kawat. (17 kawat memiliki hambatan 5,05 ohm per 1000 kaki)

- Impedansi satu fasa dari motor tiga fasa empat kutub adalah sebagai berikut:

Perlawanan:

3 gulungan x 25 putaran (1 kaki per putaran) = 75 kaki per grup tiang

75 kaki x 4 kelompok tiang = 300 kaki dari 17 kawat per fasa

300 ft : 1000 ft = 0,3 (pengganda untuk mendapatkan resistansi 300 ft)

0,3 x 5,05 ohm = 1,515 ohm (tahanan satu fasa)

Reaktansi induktif:

$$230 \text{ volt } 5 \text{ ampere} = 46 \text{ ohm impedansi per fase}$$

$$46 \text{ ohm (impedansi)} - 1,515 \text{ ohm resistansi} = 44,48 \text{ ohm reaktansi induktif}$$

Jika 230 volt DC diterapkan pada satu fase:

$$\text{Volt :ohm} = \text{amp}$$

$$230 \text{ volt} + 1,515 \text{ ohm} = 151,8 \text{ amp (melalui satu 17 kawat)}$$

$$1,515 \text{ ohm} + 46 \text{ ohm} = 3,2\%$$

Hanya 3,2 persen dari hambatan aliran arus yang dilengkapi dengan hambatan belitan.

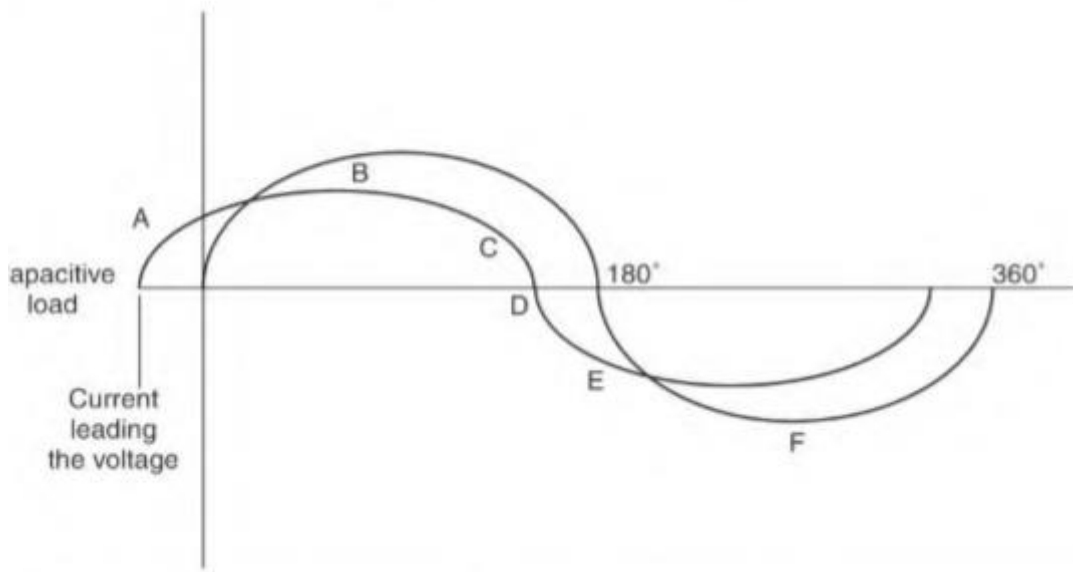
Reaktansi induktif melengkapi 96,8 persen resistansi yang tersisa.

3.3 Kapasitansi dan Reaktansi Kapasitif

Kapasitansi adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan kemampuan komponen atau rangkaian untuk menyimpan energi listrik. Reaktansi kapasitif adalah jumlah efek kapasitansi pada rangkaian. Seperti reaktansi induktif, reaktansi kapasitif memiliki hambatan terhadap aliran arus.

Fungsi Kapasitor

Kapasitor menyimpan daya dalam bentuk elektrostatik. Saat kapasitor yang terisi penuh dilepaskan, daya dihasilkan. Tidak seperti reaktansi induktif, ketika Hz naik, ampere juga naik. Gelombang sinus pada Gambar 3.25 menunjukkan bagaimana elektron mengalir dalam kapasitor. Ketika tegangan naik di titik A, elektron ditarik ke dalam pelat kapasitor seolah-olah ada ruang hampa. Ketika tegangan mencapai nilai puncak (B), aliran elektron (arus) berhenti karena potensial tegangan pada pelat kapasitor sama dengan tegangan gelombang sinus. Saat nilai tegangan turun (C), elektron dikeluarkan dari pelat kapasitor seolah-olah berada di bawah tekanan. Pada titik D dalam gelombang sinus, tidak ada potensial tegangan, sehingga tidak ada aliran elektron. Saat polaritas tegangan terbalik (E), elektron ditarik ke pelat yang berlawanan seolah-olah ada ruang hampa. Pada puncak setengah siklus ini (F), pergerakan elektron berhenti. Saat tegangan turun menuju nol, elektron meninggalkan pelat (seolah-olah di bawah tekanan) sampai tegangan turun ke nol. Tindakan tekanan vakum menghasilkan pemisahan tegangan dan arus, menyebabkan arus memimpin tegangan. Ini adalah kondisi saluran dengan faktor daya terdepan. (Arus memimpin tegangan.)



Gambar 3.25 Reaksi perubahan arus pada kapasitor.

Nilai Kapasitor

Peringkat kapasitansi kapasitor diukur dalam mikrofarad (mfd atau μ). (μ digunakan sebagai pengganti mfd di sisi kapasitor.) Peringkat kapasitor dipengaruhi oleh luas pelatnya dan ketebalan dielektriknya (isolasi antar pelat). Meningkatkan area pelat meningkatkan peringkat mfd. Ketika kapasitor dihubungkan secara paralel, luas pelat meningkat. Peringkat mfd kapasitor ditambahkan bersama untuk mendapatkan nilai kapasitansi total dalam koneksi paralel. Ketika dua kapasitor identik dihubungkan secara seri, ketebalan dielektriknya menjadi dua kali lipat. Sambungan ini mengurangi nilai kapasitansi total. Untuk mendapatkan nilai kapasitansi kapasitor identik yang dihubungkan secara seri, bagi nilai satu kapasitor dengan jumlahnya. Misalnya, untuk dua kapasitor 300-mfd yang dihubungkan secara seri, $300 \text{ mfd} \div 2 \text{ (kapasitor)} = 150 \text{ mfd}$.

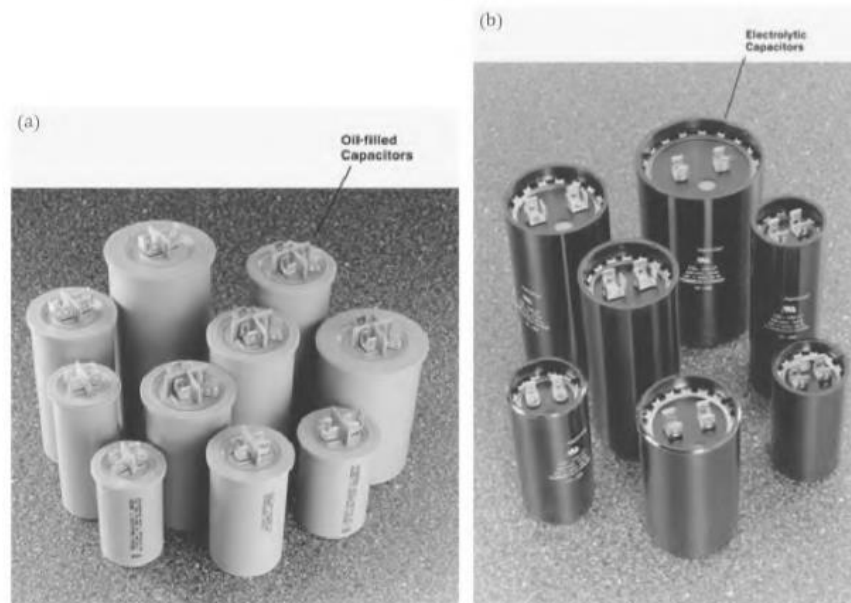
Kapasitor untuk Motor Satu Fasa

Ada banyak jenis kapasitor. Dua jenis yang dibahas di sini digunakan pada motor fase tunggal—kapasitor berisi oli dan kapasitor elektrolitik (Gambar 3.26). Keduanya memiliki dua pelat yang terbuat dari aluminium. Pelat aluminium dipisahkan oleh isolasi yang disebut dielektrik. Pelat dan dielektrik digulung rapat dan ditempatkan dalam wadah.

3.4 Kapasitor Berisi Minyak

Kapasitor Isi Oli pada Motor Satu Fasa

Kapasitor berisi oli digunakan untuk meningkatkan faktor daya motor kapasitor-start, kapasitor-run. Dalam motor kapasitor-run permanen-split itu akan menggeser aliran arus dari belitan awal ke depan (dalam waktu) dari aliran arus di belitan berjalan. Hasilnya adalah medan magnet yang berputar.



Gambar 3.26 (a) Kapasitor berisi oli yang digunakan pada motor. Aerovox. (b) Kapasitor elektrolit yang digunakan pada motor. Aerovox.

Komponen Kapasitor Berisi Minyak Aerovox

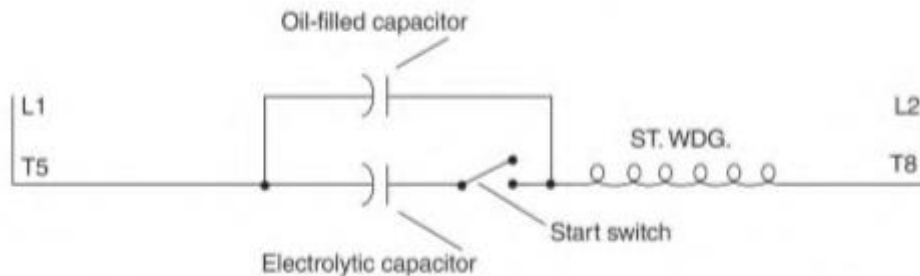
Kapasitor berisi minyak memiliki dua pelat aluminium yang dipisahkan oleh lembaran plastik tipis. Pelat aluminium sangat tipis karena kapasitor jenis ini membatasi ampere ke nilai yang rendah. Aluminium dilebur dan disemprotkan pada dielektrik plastik untuk membentuk pelat. Ini menghasilkan permukaan yang kasar, yang meningkatkan luas pelat untuk panjang dielektrik tertentu. Desain ini mengurangi ukuran keseluruhan kapasitor.

Ukuran fisik kapasitor yang diisi oli sangat besar dibandingkan dengan kapasitor elektrolit. Ini karena dielektrik kapasitor yang diisi minyak jauh lebih tebal daripada dielektrik kapasitor elektrolitik. Kapasitor berisi oli dirancang untuk servis berkelanjutan. Oli digunakan untuk mendinginkan kapasitor. Pelat dan dielektrik digulung rapat, diisolasi, dan disegel dalam wadah logam yang diisi dengan minyak. Peringkat tegangan kapasitor yang diisi oli harus setidaknya dua kali lipat dari motor.

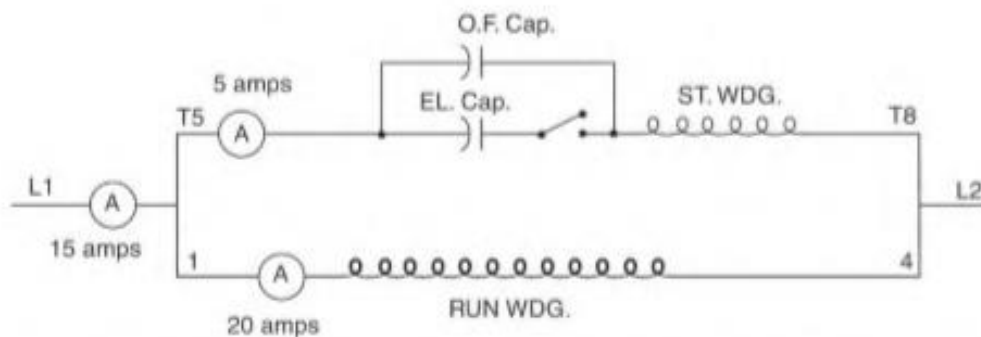
Sambungan Kapasitor Isi Oli dalam Motor Fasa Tunggal Kapasitor Dua Nilai

Kapasitor berisi oli digunakan untuk meningkatkan faktor daya motor satu fasa. Ini terhubung secara seri dengan belitan awal (Gambar 3.27). Mereka selalu terhubung secara paralel dengan kontak sakelar mulai dan kapasitor elektrolitik. Jika dua atau lebih digunakan, mereka selalu terhubung secara paralel satu sama lain dan tidak pernah terhubung secara seri. Kontak start terbuka saat motor berjalan. Kapasitor elektrolit sekarang terputus. Sekarang ada rangkaian dari jalur 1—melalui kapasitor berisi oli dan belitan awal—ke jalur 2. Ampere yang melalui rangkaian belitan awal memimpin tegangan. Hal ini mengurangi ampere magnetisasi yang disebabkan oleh faktor daya rendah belitan run. Jumlah ampere rangkaian-start terkemuka dikurangi dari ampere belitan run. Gambar 3.28 menunjukkan ampere masing-masing rangkaian, dengan hasil yang ditampilkan pada ammeter saluran. Jika kapasitansi

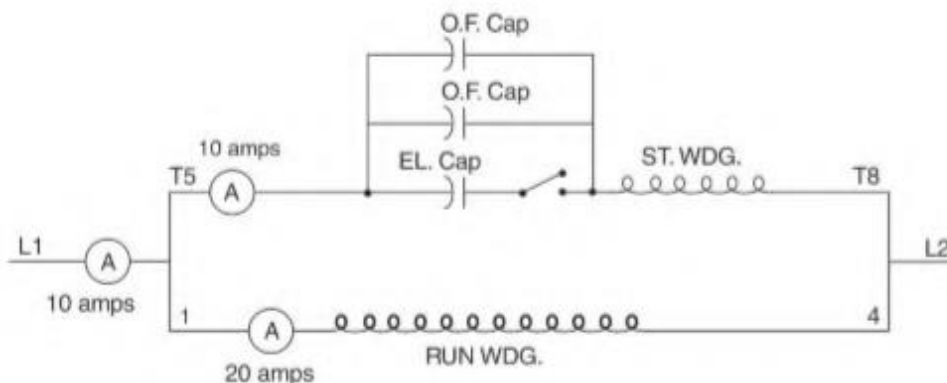
digandakan, seperti pada Gambar 3.29, ampere rangkaian belitan awal digandakan. Ampere lilitan run stay sama, dan ampere saluran juga lebih kecil.



Gambar 3.27 Kapasitor berisi oli dihubungkan secara seri dengan belitan awal.



Gambar 3.28 Pengaruh kapasitor berisi oli terhadap ampere motor.



Gambar 3.29 Ampere saluran (amp magnetizing) turun karena kapasitansi lebih banyak ditambahkan.

Nilai ampere dalam ilustrasi sebelumnya dilebih-lebihkan. Pada kenyataannya, belitan awal akan menjadi panas dan hangus jika ampere terlalu tinggi untuk ukuran kawatnya.

Memasang Kapasitor Berisi Minyak

Berhati-hatilah saat memasang kapasitor berisi oli. Pastikan tutupnya bebas bergerak. Ketika dielektrik kapasitor yang diisi minyak rusak, busur terbentuk di antara pelat. Busur menguapkan minyak dan menyebabkan wadah membengkak, pecah, dan mungkin terbakar.

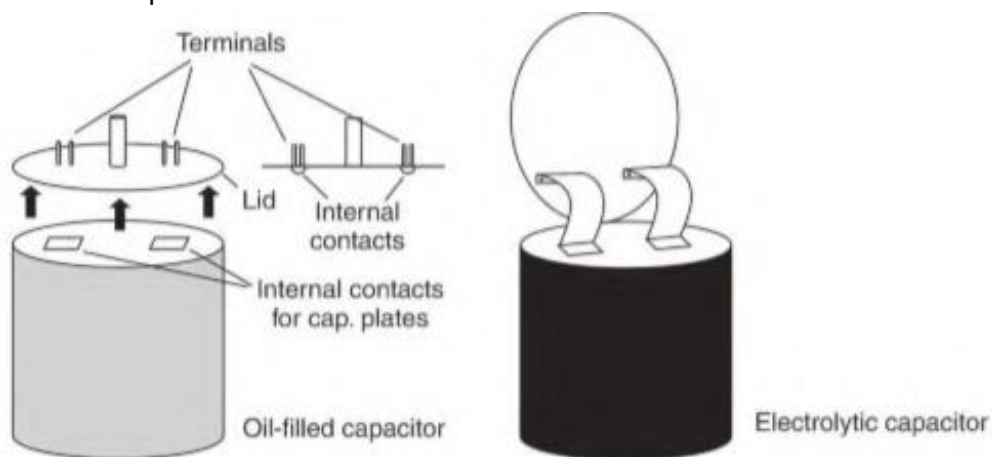
Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

Tutup wadah dirancang sedemikian rupa sehingga secara otomatis memutuskan kapasitor, sehingga menghilangkan masalah. Tutupnya berisi terminal eksternal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.30. Saat terpasang, tonjolan di bawah terminal menekan tali timah pelat. Tutupnya bergerak ke atas ketika minyak yang menguap menyebabkan wadah mengembang. Terminal kemudian secara otomatis terputus dari pelat.

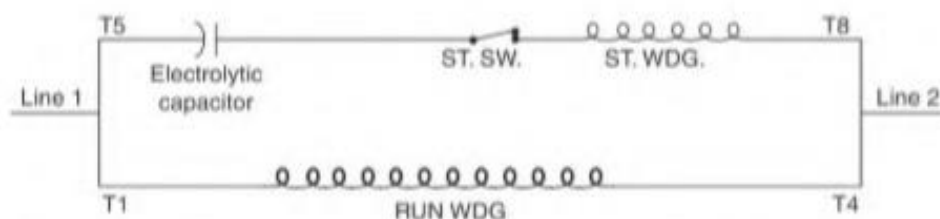
3.5 Kapasitor Elektrolit

Fungsi Kapasitor Elektrolit pada Motor Pengaktifan Kapasitor

Gambar 3.31 menunjukkan sirkuit motor pada posisi start dengan kontak sakelar start tertutup. Ketika motor diberi energi, motor akan berakselerasi hingga sekitar 75 hingga 80 persen dari kecepatan sinkron dalam waktu sekitar 1 detik. Pada saat ini, kontak sakelar terbuka, mematikan sirkuit belitan awal. Motor sekarang beroperasi hanya dengan putaran atau belitan utama yang diberi energi. Kapasitor elektrolit (dengan ukuran yang benar) membantu menciptakan medan magnet berputar yang menghidupkan motor. Mereka mengontrol kapan arus mengalir di sirkuit belitan awal (dalam kaitannya dengan aliran arus di belitan putaran). Gelombang sinus pada ilustrasi berikut menunjukkan mengapa kapasitor harus berukuran tepat.

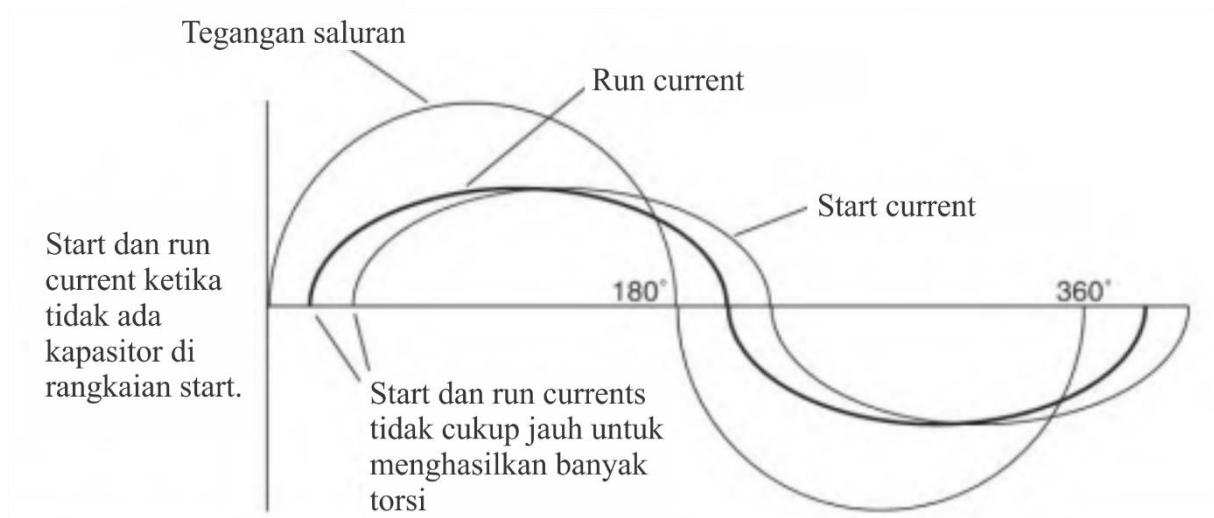


Gambar 3.30 Kapasitor berisi oli terputus dengan sendirinya ketika tutupnya dipaksa menjauh dari kontak internalnya. Kapasitor elektrolit tidak disegel dan memiliki tali yang terpaku pada terminal tutupnya.

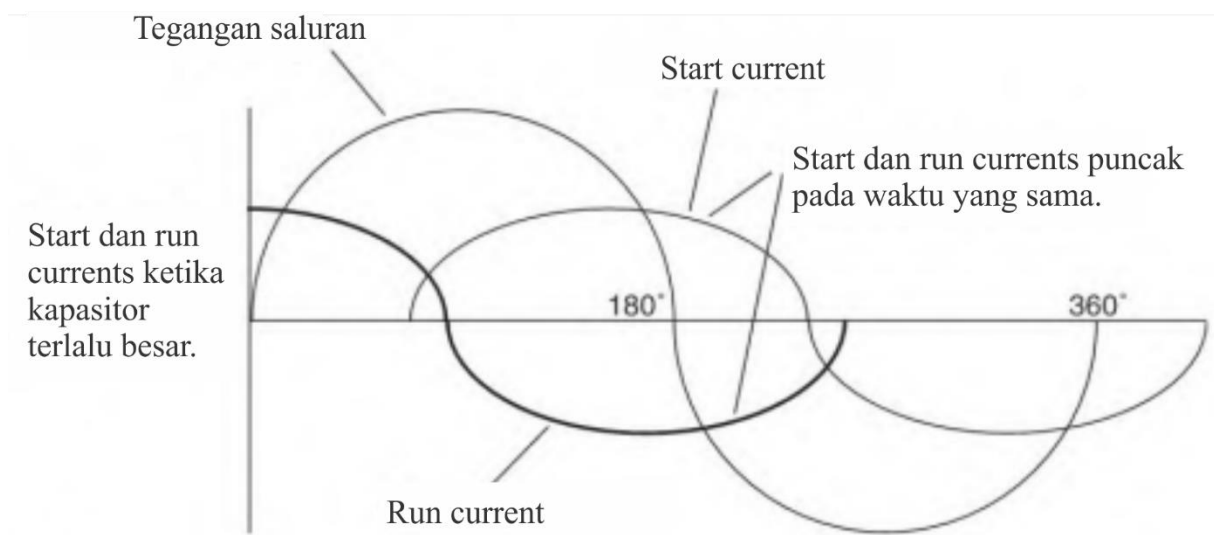


Gambar 3.31 Posisi "diam" dari kontak start motor kapasitor-start

Pada Gambar 3.32, tidak ada kapasitor yang dirangkai seri dengan belitan awal. Gelombang sinus menunjukkan posisi tegangan saluran, amper belitan awal, dan amper belitan. Jalankan belitan dan belitan awal keduanya memiliki induktansi. Belitan run biasanya memiliki lebih banyak lilitan dan terletak lebih dalam di besi (slot) daripada belitan start. Kedua faktor tersebut (lebih banyak lilitan dan lebih dalam pada setrika) memberikan reaktansi induktif yang lebih besar pada lilitan run daripada lilitan start. Reaktansi induktif yang lebih besar pada rangkaian run menyebabkan ampere mengalir sedikit lebih lambat daripada ampere rangkaian start. Perbedaan waktu yang kecil antara arus start dan run ini berarti motor akan memiliki torsi start yang sangat kecil.



Gambar 3.32 Arus belitan start dan run memiliki sedikit pemisahan waktu tanpa kapasitor dalam rangkaian. Sangat sedikit torsi yang dihasilkan



Gambar 3.33 Efeknya sama dengan kapasitansi terlalu banyak seperti tanpa kapasitansi

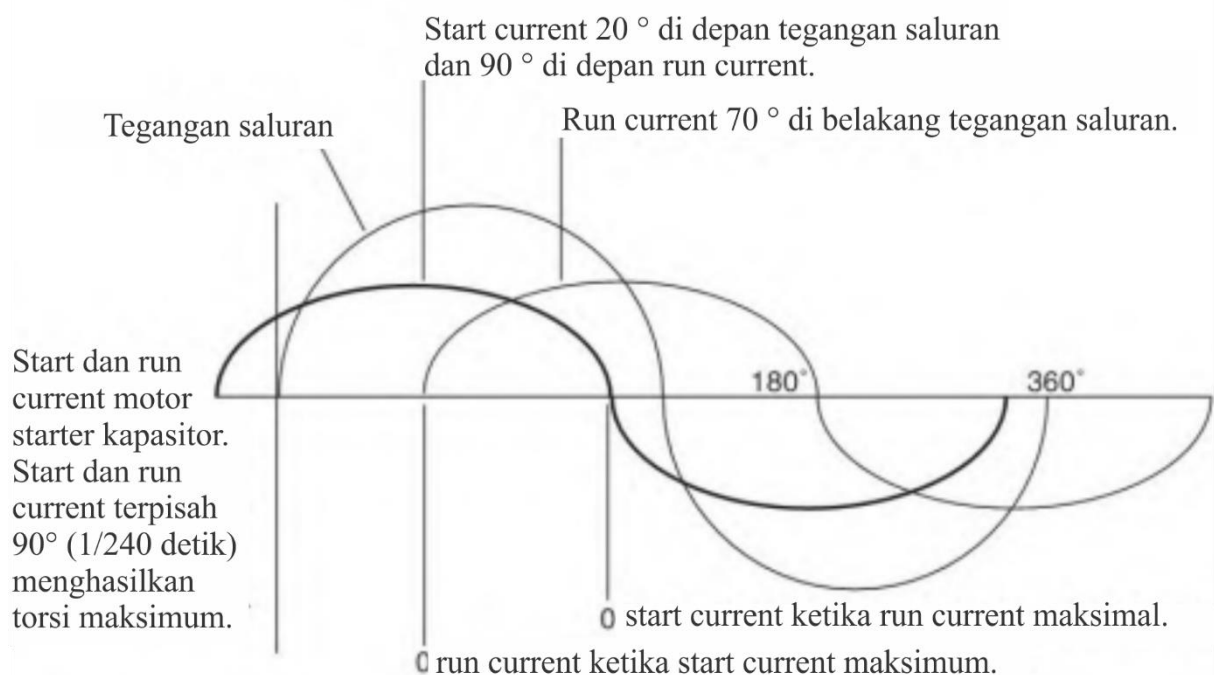
Gambar 3.33 adalah contoh kapasitansi yang terlalu banyak. Dalam ilustrasi ini, dua arus mengalir pada waktu yang hampir bersamaan. Hasilnya sedikit atau tidak ada torsi awal. Gambar 3.34 menunjukkan jumlah pemisahan yang ideal. Pemisahan adalah 90 derajat listrik

atau $1/240$ detik pada daya 60-Hz. Pemisahan sembilan puluh derajat dalam arus cocok dengan pemisahan 90 derajat fisik antara belitan start dan run. Pengaturan waktu ini dilakukan dengan menggunakan kapasitor dengan ukuran yang tepat secara seri dengan belitan awal

Komponen Kapasitor Elektrolit

Luas pelat kapasitor elektrolit kecil dibandingkan dengan kapasitor berisi minyak. Pelat aluminium tebal karena kapasitor elektrolit dirancang untuk arus tinggi. Kertas yang diresapi dengan larutan air, borat, dan glikol memisahkan pelat. Larutan cair adalah elektrolit yang menghantarkan elektron ke salah satu pelat selama setiap setengah siklus. Dielektrik kapasitor elektrolitik adalah lapisan teroksidasi yang sangat tipis pada pelat aluminium. Dielektrik yang sangat tipis memberikan kapasitor jenis ini peringkat mfd yang sangat tinggi untuk ukurannya. Komponen terbungkus dalam wadah plastik dengan terminal terpasang di tutupnya. Tali aluminium yang terhubung ke pelat dipaku ke terminal. Sebuah lubang kecil (disegel dengan karet) juga ada di tutupnya. Segel karet akan pecah dan melepaskan tekanan (ketika air kapasitor mendidih karena terlalu panas).

Perhatian: Aliran arus yang lama (lebih dari 3 detik) akan membuat larutan air mendidih dan dapat menyebabkan kapasitor elektrolit meledak.



Gambar 3.34 Pemisahan arus ideal (90°) sesuai dengan posisi offset 90° dari belitan start dan run.

Kapasitor Elektrolit dan Koneksi Mulai Berliku

Kapasitor elektrolit dihubungkan secara seri dengan sakelar start dan belitan start seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.35. Tidak ada urutan standar untuk menghubungkan komponen rangkaian ini. Beberapa kapasitor elektrolitik biasanya dihubungkan sebagai satu

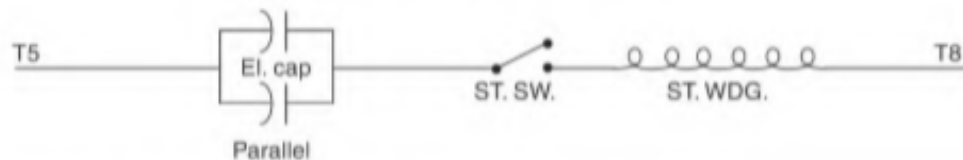
unit dalam urutan koneksi. Mereka terhubung baik paralel atau seri satu sama lain ketika lebih dari satu kapasitor digunakan.

Koneksi Kapasitor Elektrolit Paralel

Sambungan paralel ditunjukkan pada Gambar 3.36. Luas pelat kapasitor total meningkat dengan sambungan ini. Nilai mfd kapasitor ditambahkan untuk mendapatkan kapasitansi total rangkaian. Peringkat mfd dari kapasitor yang terhubung secara paralel dapat berbeda.



Gambar 3.35 Koneksi internal motor kapasitor-start.



Gambar 3.36 Kapasitor terhubung paralel

Nilai tegangan kapasitor harus sama tinggi atau lebih tinggi dari tegangan yang diberikan pada rangkaian belitan awal. Kapasitor dihubungkan secara paralel karena dua alasan: Jika diperlukan nilai mfd yang besar, dua atau lebih kapasitor lebih mudah dipasang pada motor daripada satu kapasitor besar, dan ini memperbesar area pendinginan kapasitor. Panas berkembang dalam kapasitor setiap kali motor mulai. Start yang sering dapat mencegah kapasitor dari pendinginan yang cukup. Semua kapasitor memiliki nilai tegangan tembus. Ketika tegangan mencapai nilai ini, itu akan menusuk dielektrik kapasitor dan menghancurkannya. Ketika suhu kapasitor meningkat, dibutuhkan lebih sedikit tegangan untuk memecah dielektrik.

Jika perlu sering memulai, kapasitor tunggal dapat diganti dengan dua atau lebih kapasitor secara paralel. (Nilai total kapasitor paralel harus sama dengan nilai kapasitor tunggal.) Dua atau lebih kapasitor secara paralel meningkatkan area pendinginan, memungkinkan lebih banyak start per jam. Suhu tertinggi yang direkomendasikan untuk kapasitor adalah 150oF. Suhu tinggi mengeringkan cairan elektrolit. Kehilangan cairan elektrolit menurunkan nilai mfd kapasitor.

Koneksi Kapasitor Elektrolit Seri

Sambungan kapasitor seri digunakan pada motor tegangan tinggi (di atas 200 volt). Ketika dua kapasitor tegangan rendah dihubungkan secara seri, dielektriknya menjadi dua kali lipat, memungkinkan tegangan menjadi dua kali lipat. Area pendinginan dua kapasitor

tegangan rendah lebih besar daripada satu kapasitor tegangan tinggi. Ada dua aturan untuk menghubungkan kapasitor elektrolit secara seri:

- Jangan pernah memiliki lebih dari dua kapasitor yang dihubungkan secara seri satu sama lain.
- Ketika dua kapasitor dihubungkan secara seri, mereka harus diberi label nilai mfd yang sama.

Alasan mengapa kapasitor harus memiliki nilai mfd yang sama adalah karena tegangan membaginya dalam proporsi terbalik dengan peringkatnya. Kapasitor mfd yang lebih rendah akan memiliki tegangan yang terlalu tinggi.

Contoh:

Volts x C_1 - $C_1 + C_2$ = volt melintasi C

Tegangan saluran = 240 volt

Kapasitor #1 (C_1) = 200 mfd

Kapasitor #2 (C_2) = 100 mfd

$240V \times C_1 \div (C_1 + C_2) = 240V \times 200 \div (200 + 100)$ atau, $48.000 \div 300 = 160$ volt melintasi C_2 (kapasitor yang lebih kecil diberi nilai 120V)

Dalam kondisi awal normal, tegangan yang dikembangkan melintasi kapasitor dan rangkaian belitan awal akan menjadi 140 persen dari tegangan yang diberikan selama kurang dari setengah siklus. Kapasitor dengan peringkat mfd yang sama akan memiliki (setengah dari 240 volt) 120 volt x 140 persen = 168 volt di masing-masing kapasitor. Tegangan melintasi C_2 dalam contoh di atas adalah 160×140 persen = 224 volt. Nilai mfd aktual dari kapasitor start elektrolitik berada dalam 10 persen dari nilai capnya. Jika ada dua peringkat, nilai mfd sebenarnya akan berada di antara keduanya. Perbedaan mfd kecil seperti itu tidak penting karena biasanya di sirkuit selama 1 detik atau kurang.

Menguji Kapasitor Elektrolit

Nilai kapasitor dapat diperiksa dengan alat uji elektronik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.37. Instrumen ini dapat dengan cepat memberikan nilai kapasitor dalam mfd. Tes ini menggunakan energi yang rendah dan tidak merusak.

Ohmmeter dapat digunakan untuk menguji kapasitor. Saat menguji kapasitor yang baik, itu akan menunjukkan pembacaan resistansi rendah, yang naik perlahan sampai kapasitor diisi. Tes ini menunjukkan kapasitor memiliki kapasitansi tetapi tidak memberikan besaran kapasitansi. Tidak ada pembacaan berarti kapasitor terbuka; pembacaan resistansi rendah yang stabil menunjukkan korsleting. Beberapa masalah internal dalam kapasitor elektrolitik tidak terungkap dengan menggunakan metode uji energi rendah. Metode pengujian (rumus untuk diikuti) menggunakan tegangan saluran akan menekankan komponen internal dan menentukan nilai mfd kapasitor. Tes ini juga akan menyebabkan bagian yang lemah rusak. (Sebuah kapasitor memiliki jumlah tegangan yang hampir sama setiap kali motor dihidupkan.)



Gambar 3.37 Alat untuk memeriksa kapasitor. Instrumen EKTEK.

Salah satu titik lemah kapasitor adalah di bawah tutupnya di mana tali utama pelat dipaku ke terminal sambungan. Tali ini melentur saat kapasitor memanas dan mendingin, menyebabkannya retak atau patah pada paku keling. Motor kadang-kadang gagal untuk memulai ketika ini terjadi. Ampere tinggi dari metode pengujian ini akan membuka titik lemah. Panas yang berlebihan mengeringkan elektrolit berbasis air di dalam kapasitor. (Terlalu banyak siklus start per jam adalah penyebab umum panas berlebih.) Diperlukan isolasi yang tebal antara kapasitor dan rangka motor panas untuk membatasi perpindahan panas. Peringkat mfd kapasitor diturunkan ketika beberapa elektrolit menguap. Kondisi ini menurunkan ampere kapasitor.

3.6 Rumus Menguji Kapasitor

Rumus berikut menentukan peringkat mfd kapasitor yang tepat:

$$[159.300 \cdot r \text{ Hz}] \times [\text{amps} \cdot \text{h volt}] = \text{mfd}$$

Rumus dapat dipersingkat menjadi satu angka ketika nilai Hz konstan. Angka ini dibagi dengan hasil tegangan bangku tes dalam pengali. Pengganda kali nilai ampere kapasitor (melintasi garis) sama dengan nilai mfd kapasitor:

$$159.300 \cdot 60 \text{ Hz} = 2655$$

$$2655 \times [\text{amps} \cdot \text{f volt}] = \text{mfd}$$

$$2655 \cdot \text{volt} = \text{pengali}$$

$$\text{Pengganda} \times \text{kapasitor amp} = \text{mfd}$$

Di bawah ini adalah beberapa tegangan bangku tes dan pengganda. Terapkan tegangan saluran ke kapasitor dan cepat membaca ampere. Kalikan ampere yang dihasilkan dan pengali untuk nilai mfd kapasitor.

Perhatian : Tempatkan kotak atau ember di atas kapasitor selama pengujian ini karena kapasitor

dapat meledak dan menyebabkan cedera.

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

$$2655 + 110 \text{ V} = 24$$

$$2655 + 120 \text{ V} = 22$$

$$2655 + 130 \text{ V} = 20.4$$

$$2655 + 230 \text{ V} = 11.5$$

$$2655 + 240 \text{ V} = 11$$

$$24 \times 35 \text{ amps} = 840 \text{ mfd}$$

$$22 \times 35 \text{ amps} = 740 \text{ mfd}$$

$$20.4 \times 35 \text{ amps} = 714 \text{ mfd}$$

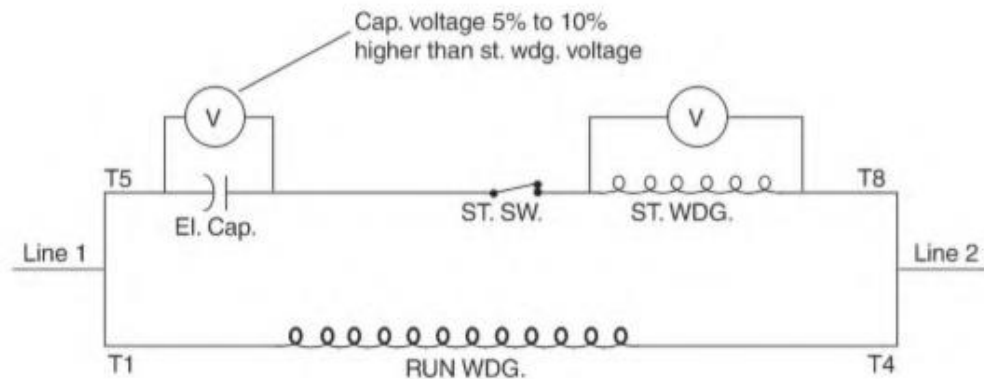
$$11.5 \times 20 \text{ amps} = 230 \text{ mfd}$$

$$11 \times 20 \text{ amps} = 220 \text{ mfd}$$

Ganti kapasitor jika hasil pengujian 20 persen lebih rendah dari nilai cap kapasitor. Jika daya 50-Hz digunakan, bagi 3186 dengan tegangan bangku tes

Menentukan Kapasitor Ukuran yang Tepat

Gambar 3.38 menunjukkan sambungan yang digunakan untuk menemukan ukuran kapasitor yang tepat untuk motor kapasitor-start. Namun, urutan komponen rangkaian awal tidak selalu seperti yang ditunjukkan pada diagram ini.



Gambar 3.38 Skema untuk menentukan ukuran kapasitor yang tepat.

Nomor identifikasi NEMA untuk lead start-winding adalah T5 sampai T8. Terminal kapasitor biasanya dapat diakses, tetapi lokasi belitan awal tidak selalu terlihat. Ohmmeter dapat digunakan untuk menemukan belitan awal. Putuskan sambungan salah satu kabel kapasitor untuk memastikan tidak ada dalam rangkaian. Tempatkan satu probe pada kabel kapasitor yang terputus dan yang lainnya pada T5. Jika tidak ada pembacaan, letakkan probe di ujung kapasitor lainnya. Jika ada bacaan, putar poros motor. Jika belitan awal berada di antara probe, fluktuasi tinggi dan rendah akan terlihat pada ohmmeter. Jika tidak ada fluktuasi, pindahkan probe ke terminal kapasitor lain dan T8, dan putar poros

Dua voltmeter harus dihubungkan (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.38) sehingga daya waktu yang digunakan dijaga agar tetap minimum. Kunci rotor, terapkan tegangan pengenalan motor, baca dua voltmeter dengan cepat, dan matikan daya. Tegangan yang terbaca pada kapasitor harus 5 sampai 10 persen lebih tinggi dari tegangan pada belitan awal. Jika tegangan melintasi kapasitor terlalu tinggi, lakukan pengujian kembali menggunakan kapasitor ukuran lebih kecil. Jika belitan awal adalah tegangan ganda, gunakan prosedur yang sama seperti yang baru saja dijelaskan, dengan pengali tegangan rendah. Gambar 3.39 adalah skema belitan start tegangan ganda. Kapasitor selalu terletak antara T6 dan belitan awal dan antara T8 dan belitan awal. Kedua kapasitor harus memiliki rating mfd

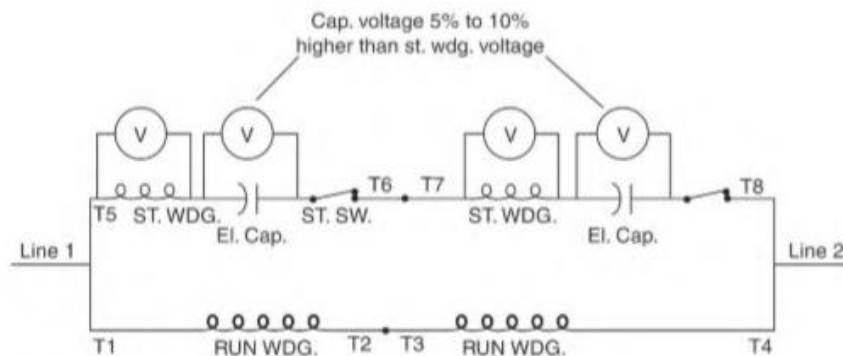
yang sama. Kontak sakelar akan seperti yang ditunjukkan atau sebagai sirkuit terpisah yang terletak antara T9 dan T10.

Jika kapasitor asli tidak tersedia atau dapat dibaca, gunakan data berikut untuk memilih ukuran kapasitor yang cukup dekat untuk memulai proses:

400 mfd : hp (a) 120 volt (motor tegangan ganda menggunakan nilai 120 volt)

100 mfd hp @ 240 volt

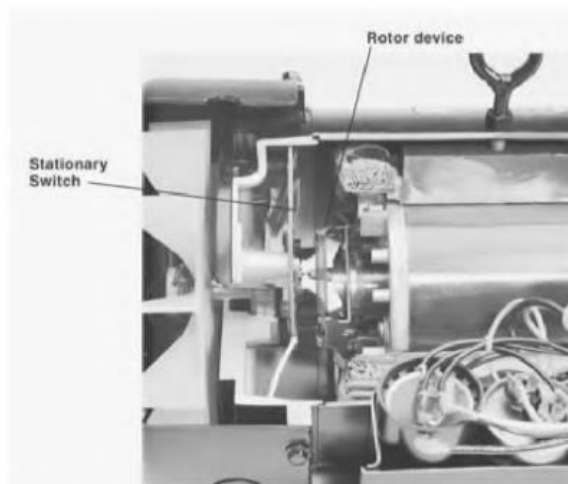
Perhatian : Nilai sebelumnya tidak boleh digunakan untuk memilih kapasitor ukuran sebenarnya untuk motor. Jangan biarkan belitan awal menjadi terlalu panas. Kapasitor elektrolit harus memiliki nilai mfd yang sama ketika dihubungkan secara seri satu sama lain.



Gambar 3.39 Skema untuk menemukan kapasitor ukuran yang tepat untuk belitan start tegangan ganda.

Pengoperasian Motor Mulai Kapasitor Satu Fasa

Motor kapasitor-start mulai sama dengan motor dua fase. Namun, tidak seperti daya dua fase, yang memiliki dua tegangan, hanya ada satu tegangan yang diterapkan. Daya fase tunggal diterapkan pada belitan start dan run untuk menghidupkan motor. Sekitar 1 detik setelah daya diterapkan, rotor harus berputar antara 75 dan 80 persen dari kecepatan sinkron. Pada saat ini sakelar (Gambar 3.40) memutuskan belitan awal. Motor sekarang berjalan hanya pada belitan run (utama). Dengan beban pengenalan yang diterapkan, rotor menarik beban pada atau di dekat RPM papan nama. Tanpa beban, rotor akan berputar pada RPM yang hampir sinkron. (Beban menentukan kecepatan yang tepat dari motor.) Motor induksi kapasitor-start dan tiga fase keduanya memiliki rotor sangkar tupai. Untuk lebih memahami bagaimana rotor mendapatkan kekuatannya, teori transformator harus dipahami terlebih dahulu.



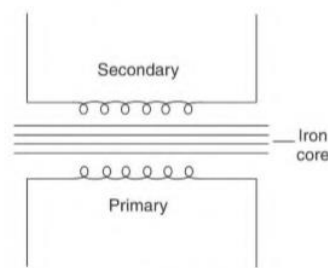
Gambar 3.40 Kontrol lilitan awal. Listrik Maraton.

Teori Transformator

Transformator adalah alat yang digunakan untuk mentransfer daya arus bolak-balik dari satu rangkaian ke rangkaian lain tanpa sambungan listrik langsung. Gambar 3.41 adalah skema sebuah transformator.

Komponen Transformator

Sebuah transformator terdiri dari gulungan primer, gulungan sekunder, dan inti besi berlapis. Gulungan primer terhubung ke sumber listrik AC. Ini mengubah daya ke gulungan sekunder. Gulungan sekunder ada di sisi beban perangkat. Besi laminasi membawa fluks magnet dari belitan primer ke belitan sekunder. Tegangan yang diterapkan pada belitan primer menciptakan arus yang terus berubah di sirkuitnya. Arus yang berubah menciptakan medan magnet di inti besi, yang berubah pada tingkat yang sama. Fluks magnet inti yang dilaminasi memotong konduktor belitan kedua, mengubah tegangan ke dalamnya. Satu-satunya hubungan antara dua belitan adalah tautan magnetis yang disediakan oleh besi laminasi.



Gambar 3.41 Skema sebuah transformator.

Fungsi Transformator

Dengan asumsi tidak ada rugi-rugi, nilai tegangan yang sama dari setiap lilitan lilitan primer ditransformasikan ke dalam setiap lilitan lilitan sekunder. Dalam desain sebagian besar

transformator, 5 hingga 8 persen lebih banyak belitan ditambahkan ke belitan sekunder untuk memperhitungkan rugi-rugi.

Volt Per Putaran

Kumparan primer (Gambar 3.42) memiliki 100 lilitan dengan 100 volt diterapkan padanya: $100 \text{ volt} : 100 \text{ lilitan kumparan primer} = 1 \text{ volt per lilitan pada kumparan primer}$. Setiap putaran kumparan sekunder akan diubah menjadi 1 volt. Nilai tegangan setiap lilitan pada lilitan sekunder ditambahkan pada lilitan berikutnya karena lilitan tersebut dililitkan pada arah yang sama. Jika ada 100 lilitan pada kumparan sekunder, keluaran tegangannya adalah 100 volt; 10 putaran = 10 volt, 1 putaran = 1 volt, 200 putaran = 200 volt, dan seterusnya.

Peringkat Transformator

Daya untuk beban diberikan oleh belitan primer ketika beban diterapkan pada belitan sekunder. Meskipun tegangan dan ampere primer dan sekunder dapat bervariasi, watt—dengan asumsi tidak ada rugi-rugi—adalah sama pada kedua belitan. Beban watt primal ditentukan oleh beban yang diterapkan pada sekunder.

Ukuran fisik (jumlah besi dan ukuran kawat) transformator ditentukan oleh peringkat dayanya. Transformer dan motor serupa dalam hal ini. Di Amerika Serikat, transformator dinilai dalam VA atau KVA ($\text{volt} \times \text{amp}$ atau $\text{volt} \times \text{amp} \cdot f$ 1000) dan motor listrik dinilai dalam tenaga kuda. Di Eropa, baik trafo dan motor listrik diberi nilai voltampere atau kilovoltampere (VA atau KVA). Misalnya (tanpa kerugian):

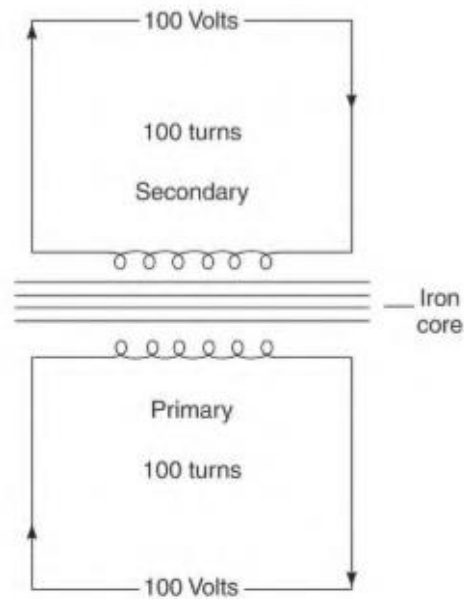
Beban primer adalah 1000 watt @ 100 volt

Beban sekunder adalah 1000 watt @ 10 volt

Gulungan primer: $1000 \text{ watt} / 100 \text{ volt} = 10 \text{ ampere}$ di belitan primer

Gulungan sekunder: $1000 \text{ watt} / 10 \text{ volt} = 100 \text{ ampere}$ pada belitan sekunder

Transformator dirancang untuk menaikkan atau menurunkan tegangan, atau untuk mengisolasi daya, tanpa mengubah nilai tegangan. Hertz tidak diubah oleh transformator.



Gambar 3.42 Volt per putaran pada primer menentukan volt per putaran pada sekunder.

Transformator Pistol Solder

Pistol solder membuat model yang baik untuk teori transformator. Nilai daya dan masalah serupa dengan rotor sangkar tupai dari motor induksi. Gambar 3.43 menunjukkan pistol solder dan komponennya, belitan primer, belitan sekunder, dan besi berlapis (yang membentuk hubungan magnetis antara dua belitan). Data pistol solder adalah 120 volt dan 300 watt, dan memiliki 260 putaran pada kumparan primer dan satu putaran pada kumparan sekunder.

Rumus untuk volt per putaran adalah

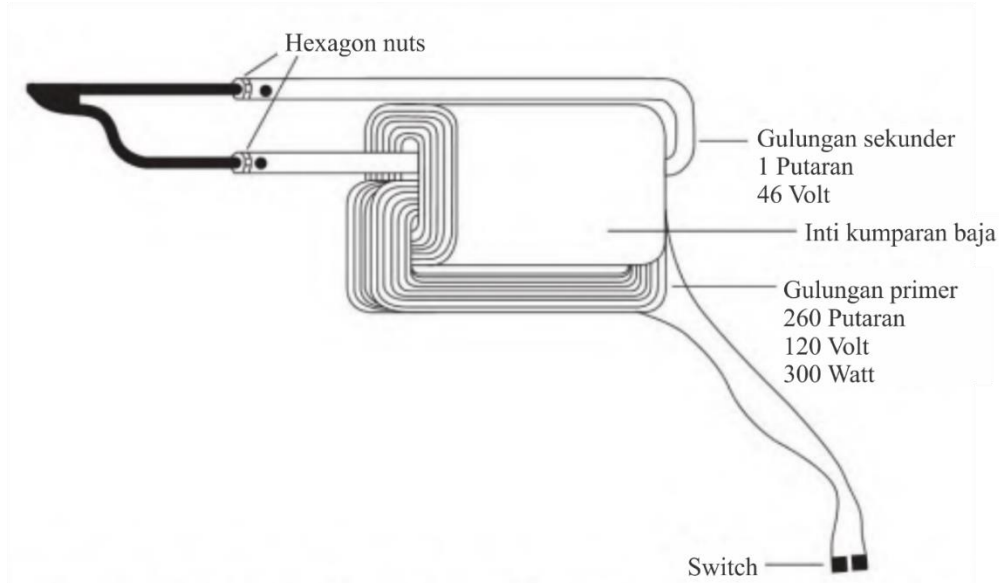
$$\text{Volt} : \text{lilitan} = \text{volt per lilitan}$$

Rumus untuk watt adalah

$$\text{Volt} \times \text{amp} = \text{watt}$$

$$\text{Watt} : \text{ampere} = \text{volt}$$

$$\text{Watt} : \text{volt} = \text{ampere}$$



Gambar 3.43 Pistol solder memiliki nilai tegangan yang mendekati rotor sangkar tuapai

volt primer per putaran dan rumus ampere adalah

$120 \text{ volt} : 260 \text{ putaran} = 0,46 \text{ volt per putaran (primer)}$

$300 \text{ watt} : 120 \text{ volt} = 2,5 \text{ ampere (primer)}$

Rumus untuk volt sekunder per putaran dan ampere adalah

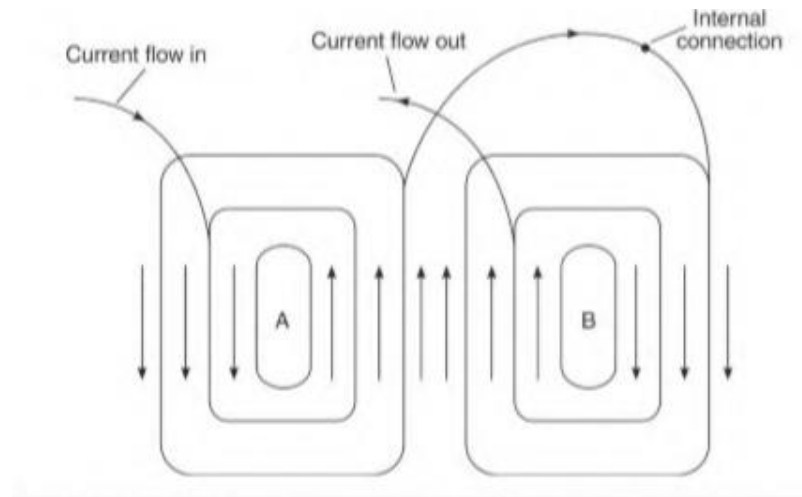
$1 \text{ putaran} = 0,46 \text{ volt}$

$300 \text{ watt } 0,46 \text{ volt} = 652 \text{ amp}$

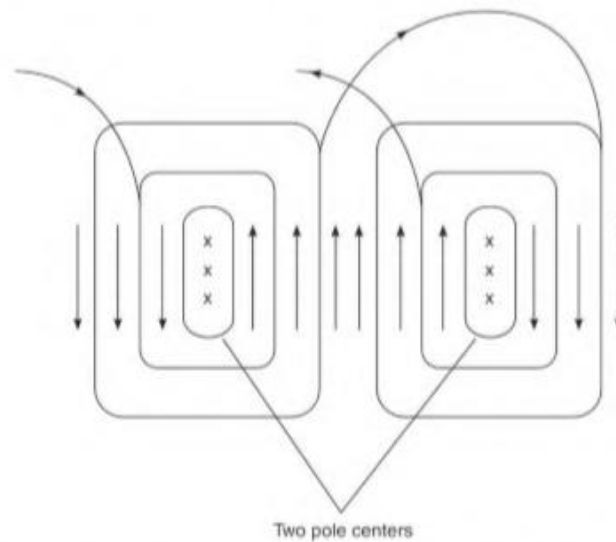
$0,46 \text{ volt} : 652 \text{ amp} = 0,0007 \text{ ohm (tahanan ujung solder)}$

3.7 Rotor Sangkar Tupai

Komponen rotor sangkar tupai adalah batang rotor, cincin ujung, dan besi laminasi. Batang dan cincin ujung dari rotor sangkar tupai diilustrasikan pada Gambar 3.44. Batang (terletak di slot besi rotor) semuanya dihubungkan bersama oleh cincin ujung. Batang rotor dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.45. Cincin akhir bergabung dengan semua batang rotor. Ukuran cincin ujung tergantung pada jumlah batang yang ditutupi oleh permukaan satu tiang. Ukurannya harus sedikit lebih besar dari total luas mil lingkaran setengah batang, ditutupi oleh permukaan di titik A dan B. Kumparan tengah kutub stator (Gambar 3.47) akan mengangkang setidaknya dua slot. Aliran arus di kumparan tengah kutub berlawanan arah pada kedua sisi slot straddled. (Ini menciptakan pusat kutub seperti kutub medan shunt DC.).



Gambar 3.46 Kumpan stator dua kutub menunjukkan hubungan internal



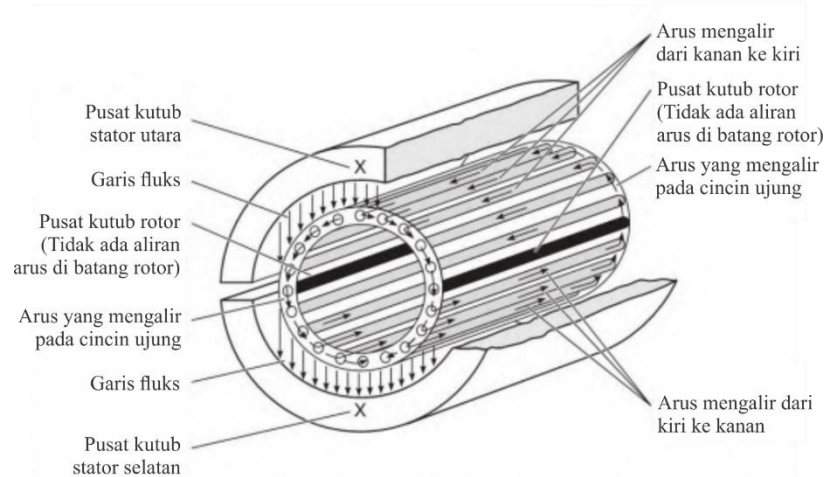
Gambar 3.47 Elektromagnet yang dibentuk oleh aliran arus dalam kumpan stator dua kutub.

Aliran arus pada kumpan luar masing-masing kutub stator searah. Karena arus mengalir dalam arah yang sama, kumpan luar mungkin terletak di slot yang berdekatan, atau mungkin berbagi slot yang sama. Semua kumpan stator diisolasi dengan baik (dari besi slot). Ketebalan insulasi ditentukan oleh nilai tegangan operasi.

Fungsi Rotor Sangkar Tupai

Tegangan yang diubah menjadi jeruji belitan sangkar tupai dari kumpan stator sangat rendah. Batang rotor tidak harus diisolasi dari besi—tidak seperti kumpan stator—karena tegangan yang ditransformasikan ke dalamnya sangat rendah. Rasio putaran belitan stator dan belitan sangkar tupai menurunkan tegangan hingga kurang dari 1 volt (mirip dengan pistol solder). Aliran arus pada batang-batang rotor menciptakan kutub-kutub yang bentuknya sama dengan kutub-kutub stator (kelompok kumpan). Gambar 3.48 menunjukkan aliran arus di batang-batang rotor sangkar tupai pada kecepatan berbeban. Gugus kutub stator

dihubungkan sehingga polaritasnya berlawanan dengan kutub di sebelahnya. Urutan polaritas ini menjadi sama di rotor. Batang rotor masing-masing akan memiliki jumlah daya yang berbeda yang ditransformasikan ke dalamnya. Besarnya daya berhubungan dengan posisi batang-batang yang mengacu pada kutub-kutub stator.



Gambar 3.48 Aliran arus pada batang-batang rotor menciptakan kutub-kutub pada besi rotor.

Batang-batang yang terletak di tengah (90°) kutub-kutub stator dipotong oleh sebagian besar garis gaya; oleh karena itu, mereka menciptakan kekuatan paling besar. Batang yang terletak jauh dari pusat (90°) menghasilkan daya yang semakin berkurang. Ketika sudut batang ke permukaan tiang kurang dari 90 derajat listrik, lebih sedikit garis gaya yang memotongnya. Batang yang terletak di area netral tidak menghasilkan kekuatan apa pun. Tidak ada garis kekuatan yang memotong mereka pada posisi ini. (Setrika di sekitar batang idle menjadi pusat kutub rotor.)

Kutub stator dengan polaritas yang berlawanan mengubah daya dari polaritas yang berlawanan menjadi batang-batang yang terletak di dalam muka kutubnya. Arus mengalir melalui cincin-cincin ujung dari batang-batang yang berpolaritas satu ke batang-batang dengan polaritas yang berlawanan. Dua kutub terbentuk di besi rotor (yang berpusat di area netral kutub stator). Gaya magnet tolak-menarik terbentuk antara belitan stator dan rotor. Interaksi magnetik ini menciptakan torsi yang menarik beban.

Rotor Hertz dan Ampere

Motor induksi sangat sebanding dengan transformator. Ampere primer dari sebuah transformator ditentukan oleh beban yang diberikan ke sekunder. Jika belitan sekunder dihubungkan singkat, belitan primer akan menjadi terlalu panas dan rusak. Pada motor induksi, batang rotor (belitan sekunder) dihubungkan pendek bersama-sama dengan cincin ujung. Pada 0 RPM (rotor terkunci) magnet berputar medan stator berada pada kecepatan sinkron. Garis gaya magnet memotong batang rotor pada maksimum Hz (siklus per detik). Ini mengubah arus AC yang sangat tinggi menjadi batang rotor. (Stator menyediakan daya ini, jadi ampere juga sangat tinggi di stator.) Saat rotor berakselerasi, perbedaan antara kecepatan sinkron medan

magnet putar stator dan kecepatan rotor berkurang. Hz rotor menjadi lebih rendah seiring dengan meningkatnya kecepatan rotor. Saat Hz rotor turun, garis gaya yang lebih sedikit memotong batang rotornya, menghasilkan lebih sedikit ampere pada rotor dan stator. Dengan beban pengenal yang diterapkan, kecepatan rotor akan menjadi RPM pelat nama, dan ampere stator akan berada pada nilai pelat nama. Pada kecepatan beban, Hz rotor sekitar 1,5 hingga 3 siklus per kedua. Ampere cukup tinggi pada belitan rotor (pada RPM ini) untuk menghasilkan torsi pengenal motor.

Slip, Hertz, dan Kecepatan Motor

Perbedaan antara kecepatan sinkron dan kecepatan papan nama disebut slip. Slip menghasilkan jumlah ampere, torsi, dan tenaga kuda yang dihitung yang sama dengan peringkat motor. Sebuah motor dinilai tugas terus menerus tidak akan terlalu panas pada nilai RPM. Perhitungan berikut dimulai dengan dasar-dasar dan menjelaskan hubungan kutub, Hz catu daya, kecepatan sinkron, slip, dan rotor.

Hz:

Satu kutub = 180 derajat listrik.

Dua kutub = 360° (jumlah derajat dalam satu siklus).

Daya satu Hz dihasilkan ketika magnet melewati sepasang kutub dalam 1 detik. Enam puluh Hz = 60 pasang kutub dilewati dalam 1 sekon.

Hz x 60 detik = pasang kutub yang dilewati dalam 1 menit.

60 Hz x 60 detik = 3600 pasang kutub dilewati dalam 1 menit.

3600 jumlah pasang kutub = sjm RPM (a) 60 Hz.

3600 x 2 = 7200 (jumlah total tiang yang dilewati dalam satu menit).

7200 4- jumlah +kutub = sjmchronous RPM (a) 60 Hz.

7200 4- RPM sinkron = jumlah kutub pada motor 60-Hz.

Setiap Hz x 60 detik (untuk mendapatkan cycles per menit) x 2 = pembilang.

Pembilang : poles = sjmchronous RPM.

Pembilang : RPM sinkron = kutub.

Slip = selisih antara kecepatan sinkron dan kecepatan beban.

1800 - 1750 (RPM papan nama) = 50 RPM slip.

50 : 1800 x 100 = slip 2,7%.

Hz x % slip = Hz rotor.

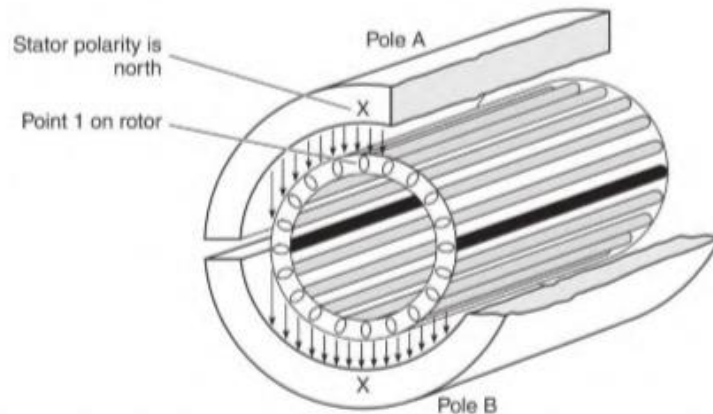
60 x 2,7% = 1,66 rotor Hz.

Kecepatan sinkron motor empat kutub pada 60 Hz adalah 1800 RPM. Rotor slip tinggi memiliki slip 5 persen atau 3 rotor Hz. Motor sinkron tidak memiliki slip. Kutub mereka akan sejajar beberapa derajat (di belakang kutub stator). Besarnya misalignment ditentukan oleh beban dan kekuatan medan putar.

Kecepatan Sinkron dan Torsi Nol

Ketika tidak ada beban, rotor sangkar tupai akan berakselerasi hingga mendekati kecepatan sinkron. Rotor Hz adalah 0, tanpa torsi pada kecepatan sinkron. Gambar 3.49

mengilustrasikan alasannya. Kutub stator A (dalam Gambar 3.49) berada di utara dan titik 1 pada rotor sejajar dengannya. Jika titik waktu 1 dari rotor sejajar dengan kutub B stator, polaritas kutub B telah berubah ke utara. (Ini dibandingkan dengan rotor yang diam di medan magnet DC.)



Gambar 3.49 Tidak ada torsi yang dihasilkan oleh belitan rotor pada kecepatan sinkron karena tidak ada garis gaya yang memotong batang rotor.

Pada kecepatan sinkron, tidak ada garis gaya yang memotong batang rotor dan tidak ada daya yang diubah ke dalamnya. Ketika tidak ada arus yang mengalir di batang rotor, tidak ada torsi. Jika rotor entah bagaimana berakselerasi lebih cepat daripada kecepatan sinkron, itu akan menghasilkan tenaga alih-alih menghasilkan torsi. Besi rotor dimagnetisasi, dan fluksnya memotong kumparan stator, menghasilkan daya.

Tegangan Batang Rotor

Gulungan sangkar tupai dari rotor memiliki berbagai ampere. Ampere rotor sangat tinggi setiap kali motor dihidupkan. Hal ini menyebabkan batang rotor menjadi panas. Laju ekspansi batang rotor jauh lebih besar daripada besi. Tegangan yang dihasilkan dapat mematahkan batang rotor. Ada banyak perubahan polaritas magnet pada besi rotor dari saat motor mulai sampai mencapai kecepatan beban. Ini menciptakan getaran konstan di batang rotor. Saat batang rotor melintasi setiap slot stator dan sejajar dengan besi gigi stator berikutnya, ada tarikan magnet yang berbeda. Batang rotor dimiringkan untuk mengurangi slot dan getaran yang disebabkan oleh gigi. Mereka akan retak atau pecah jika tidak kencang di slotnya.

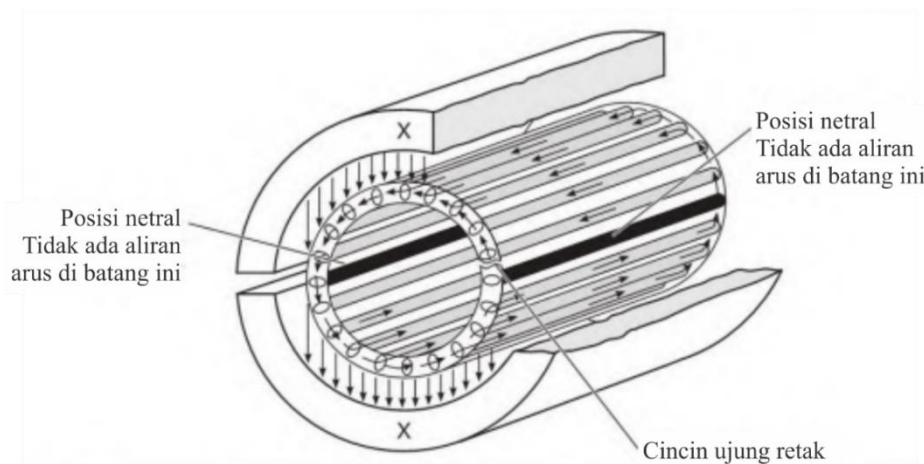
Gulungan sangkar tupai aluminium cor digunakan di sebagian besar motor induksi standar. Pengecoran batang rotor aluminium dan cincin ujung menghasilkan kecocokan yang ketat. Ini mengurangi kemungkinan batang menjadi longgar dan retak karena getaran. Batang aluminium dan cincin ujung harus terlalu besar untuk mencegah arus awal yang biasanya tinggi melelehkannya. Batang yang terlalu besar mengurangi jumlah jalur magnet rotor. Inilah sebabnya mengapa rotor dengan belitan aluminium cor lebih besar daripada rotor dengan belitan yang terbuat dari tembaga atau paduan lainnya.

3.8 Motor Fasa Terpisah (*Split-Phase*)

Batang rotor yang rusak mengurangi daya motor. Arus yang mengalir di setiap batang berkontribusi pada torsi motor. Aliran arus akan berhenti ketika sebuah batang retak atau patah. Batang yang retak tertanam dalam besi, tetapi karena tegangannya sangat rendah, sangat sedikit arus yang dibawa oleh besi. Ujung pistol solder adalah contoh yang baik dari tegangan rendah dan arus tinggi. Saat solder gun sudah banyak digunakan, ujungnya tidak panas saat pistol dinyalakan. Sekalipun mur yang memegang ujungnya tampak sangat kencang, mengencangkannya sedikit membuatnya bekerja sebagaimana mestinya. (Resistensi yang sangat rendah hampir menghentikan aliran arus ketika tegangan serendah ini.) Jumlah batang rotor yang rusak dan beban menentukan apakah motor gagal atau tidak. Ampere motor jauh lebih rendah dari biasanya (tanpa beban). (Ampere pada belitan stator bergantung pada kebutuhan daya belitan rotor.) Motor dengan beban maksimum dengan batang rotor yang patah akan segera gagal. Gulungan stator akan terlihat hangus—seolah-olah gagal—karena kelebihan beban.

Cincin Ujung Retak

Cincin ujung yang retak menyebabkan torsi yang tidak merata dan menurunkan daya motor, yang mengakibatkan kegagalan. Gulungan yang gagal—seperti halnya batang rotor terbuka—akan hangus seolah-olah motor gagal karena kelebihan beban. Ukuran cincin ujung ditentukan oleh jumlah batang rotor yang menutupi kutub stator. Cincin ujung harus lebih besar dari luas mil lingkaran setengah dari batang rotor yang ditutupi bj?" tiang. Cincin ujung aluminium terkadang memiliki gelembung atau potongan terak yang tertanam di dalamnya. Semua jenis cacat akan mengurangi luas lingkaran lingkaran pada titik ini. Pengurangan mil melingkar membatasi aliran arus dan titik menjadi panas. Arus awal yang tinggi akan melelehkan aluminium di titik ini, membuka cincin ujung. Ketika terbuka sejajar dengan titik netral (antara kutub stator), seluruh arus rotor dipaksa mengalir, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.50. Arus kemudian berlipat ganda di bagian cincin yang terletak di tempat netral yang berdekatan. Arus tinggi akan segera melelehkan cincin ujung di area ini, menciptakan bukaan lain.



Gambar 3.50 Cincin ujung yang retak menghentikan arus yang mengalir pada posisi netral.

Semua arus harus mengalir melalui lokasi netral yang berlawanan di cincin ujung
Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

Besi Plat Rotor Tidak Sejajar

Ketika besi rotor tidak sejajar dengan besi stator, ukuran jalur magnet motor berkurang. Hasilnya adalah hilangnya torsi dan peningkatan ampere magnetisasi. Peningkatan ampere magnetisasi membuat motor terlalu panas (bahkan tanpa beban). Seperti motor dengan batang rotor yang rusak, motor yang terisi penuh segera gagal. Gulungan akan terlihat hangus—seperti pada motor yang gagal karena kelebihan beban. Selain memperhatikan ampere tanpa beban yang tinggi, satu-satunya cara untuk mengidentifikasi masalah ini adalah dengan melihatnya. Mungkin perlu melepas satu bingkai ujung untuk melihat ketidaksejajaran.

3.9 Test Pemahaman Materi, Pilih B (Betul) atau S (Salah)

1. Berbeda dengan generator DC yang memiliki komutator dan sikat, daya AC diambil langsung dari belitan stator alternator AC. B/S
2. Stator dari alternator fase tunggal memiliki satu belitan (atau fase)
3. Perubahan posisi magnet exciter (seperti menyapu kutub stator alternator) menghasilkan variasi siklus tegangan B/S
4. Frekuensi daya dinyatakan dalam siklus per menit B/S
5. Derajat listrik digunakan untuk referensi waktu (selama siklus) dan lokasi (pada tiang) karena mesin listrik memiliki bentuk melingkar B/S
6. Sebuah alternator fase tunggal memiliki satu fase; motor fase tunggal memiliki fase mulai dan fase berjalan
7. Derajat listrik dan derajat mekanik sama pada motor dua kutub B/S
8. Tiga belitan motor tiga fase adalah dari satu sama lain B/S
9. Dua fase (fase awal dan fase berjalan) diimbangi secara simetris ketika mereka terletak 90° dari satu sama lain B/S
10. Torsi paling efisien dihasilkan ketika aliran arus dalam dua belitan diimbangi (derajat waktu) sama dengan belitan diimbangi (derajat lokasi) B/S
11. Nilai Hz dari catu daya motor induksi AC menentukan perkiraan RPM B/S
12. Aliran arus dapat keluar dari langkah (dalam waktu) dengan tegangan B/S
13. Reaktansi induktif adalah bentuk resistansi B/S
14. Daya reaktif selalu menggambarkan arus yang tertinggal dari tegangan B/S
15. Semua konduktor pembawa arus memiliki medan magnet di sekitarnya
16. Kekuatan medan magnet ketika arus meningkat B/S
 - a. meningkat
 - b. mengurangi
17. Tindakan bucking antara medan magnet dari dua pembawa arus AC
18. konduktor menciptakan resistensi terhadap
 - a. voltase.
 - b. aliran arus.
19. Tindakan bucking saat Hz meningkat
 - a. meningkat
 - b. berkurang

20. Hambatan (disebabkan oleh reaktansi induktif) meningkat dengan panjang kawat (dalam garis lurus) B/S
21. Impedansi adalah resistansi total dari rangkaian induktif B/S
22. Pemasok daya hanya mengenakan biaya untuk ampere sebenarnya dari suatu rangkaian (B/S
23. Sebuah wattmeter dapat digunakan untuk menemukan ampere sebenarnya dari rangkaian induktif B/S
24. Sebuah ammeter dapat digunakan untuk menemukan ampere sebenarnya dari rangkaian induktif B/S
25. Faktor daya yang diberikan pada pelat nama motor adalah nilai yang akurat untuk semua kondisi B/S
26. Dua masalah yang terkait dengan faktor daya rendah adalah penurunan tegangan dan biaya penalti tambahan pada tagihan listrik B/S
27. Sebuah motor yang dirancang untuk 50 Hz akan memiliki tenaga kuda yang sama dengan 60 Hz jika tegangan diturunkan secara proporsional B/S
28. Motor yang dijelaskan dalam "Impedansi dalam Belitan Tiga Fasa" dapat diuji menggunakan 230 volt DC B/S
29. Sebuah kapasitor akan menyebabkan arus menjadi
 - a. memimpin tegangan.
 - b. ketinggalan tegangan.
30. Kapasitor berisi oli menurunkan ampere motor kapasitor dua nilai, juga menurunkan tagihan listrik secara proporsional B/S
31. Kapasitor berisi minyak dapat berada di sirkuit
 - a. 1 detik.
 - b. 1/2 jam.
 - c. terus menerus.
32. Kapasitor elektrolit dapat di
 - a. 1 detik.
 - b. 72 jam.
 - c. terus menerus.
33. Motor kapasitor-start dimulai pada arus dua fase dan beroperasi pada tegangan fase tunggal B/S
34. Beberapa kapasitor secara paralel dapat digunakan untuk mengganti kapasitor tunggal selama total mfd adalah sama B/S
35. Mengapa kapasitor yang dirangkai seri harus memiliki nilai mfd yang sama?
36. Ohmmeter dapat digunakan untuk menemukan peringkat mfd kapasitor B/S
37. Ohmmeter digunakan untuk menentukan apakah kapasitor B/S
 - a. terbuka.
 - b. disingkat.
 - c. memiliki kapasitansi.
 - d. semua yang di atas.

38. Kapasitor elektrolit tidak pernah menjadi lemah B/S
39. Tes tegangan saluran dapat merusak kapasitor, tetapi menemukan kekurangan bahwa beberapa instrumen elektronik salah B/S
40. Kapasitor motor dipilih berdasarkan peringkat tenaga kuda saja B/S
41. Lilitan start motor kapasitor start ada pada rangkaian B/S
 - a. kurang dari 2 detik.
 - b. 5 detik.
 - c. terus menerus.
42. Motor kapasitor-start akan berjalan tepat pada RPM papan nama dari tanpa beban ke beban penuh B/S
43. Gulungan primer transformator satu fasa adalah B/S
 - a. terhubung ke sekunder.
 - b. dihubungkan ke sekunder oleh garis gaya magnet.
 - c. sisi beban perangkat.
44. Ampere primer ditentukan oleh beban yang diterapkan pada B/S Sekunder
45. Trafo solder gun dan belitan sangkar tupai dari rotor memiliki nilai tegangan dan ampere yang sama B/S
46. Gulungan sangkar tupai membentuk poles yang mirip dengan kutub stator B/S
 - a. Daya di belitan sangkar tupai
 - b. datang langsung dari garis.
 - c. mengalir melalui poros ke batang.
 - d. ditransformasikan dari belitan stator.
47. Ketika rotor terkunci, Hz rotor sama dengan Hz stator B/S
48. Ampere turun saat kecepatan rotor meningkat B/S
49. Beban menentukan kecepatan motor induksi sangkar tupai B/S
50. Gulungan sangkar tupai tidak menghasilkan torsi pada kecepatan sinkron B/S
51. Batang rotor yang rusak mengurangi daya motor B/S
52. Mengapa arus hampir dihilangkan pada batang rotor yang retak?
53. Motor yang gagal karena batang rotor yang rusak dan/atau cincin ujung yang retak akan terlihat seperti motor yang gagal karena kelebihan beban B/S
54. Setrika rotor yang tidak sejajar akan menurunkan ampere motor B/S

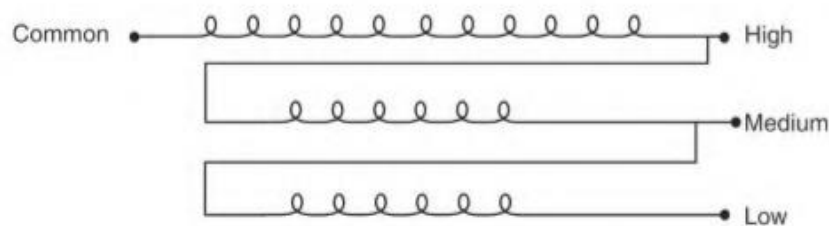
BAB 4

MOTOR FASA TUNGGAL

Beberapa belitan motor kutub berbayang memiliki beberapa tap, memberikannya beberapa kecepatan (Gambar 4.1). Pilihan kecepatan yang lebih rendah dicapai dengan menambahkan lebih banyak putaran atau gulungan antara jalur 1 dan jalur 2. (Ini menurunkan ampere dan melemahkan torsi.) Desain slip-tinggi rotor memungkinkan beban untuk menetapkan kecepatan yang lebih rendah tanpa panas berlebih. Tanpa beban, motor akan berakselerasi mendekati kecepatan sinkron pada semua pilihan kecepatan. Sangat penting untuk menghubungkan kabel umum ke satu sisi garis (Gambar 4.1). Jika sadapan tinggi dan rendah dihubungkan melintasi saluran, belitan di antara mereka akan langsung terbakar.

4.1 Motor Shaded-Pole (Kutub yang Terlindung)

Motor kutub berbayang akan mengembangkan bantalan aus setelah 3" telinga digunakan. Bantalan biasanya terbuat dari perunggu berpori yang dikelilingi dengan sumbu yang diresapi minyak. Minyak merembes melalui perunggu berpori melumasi bantalan. Ketika perunggu berpori tersumbat, bantalan menahan dan menghentikan motor. Dalam beberapa kasus, oli tipis (seperti WD-40) akan membebaskan bantalan. Motor dapat berjalan dalam kondisi ini sampai penggantinya ditemukan. Ketika motor dipasang secara vertikal atau miring, bantalan bawah gagal terlebih dahulu. Beberapa motor kutub berbayang memiliki bohlam pemutus termal yang tertanam di slot stator, di sebelah koil. Jika tidak ada respons saat motor diberi energi, unit termal bisa terbuka dan tidak dapat me-reset sendiri. Efypass bohlam termal dengan menyolder ujungnya bersama-sama. (Motor harus beroperasi dengan memuaskannya.)



Gambar 4.1 Skema sambungan internal pada motor kutub berbayang tiga kecepatan.

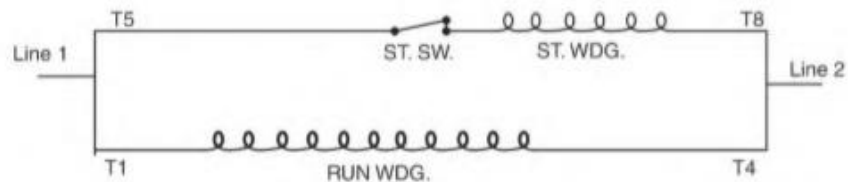
4.2 Motor Fase Terpisah

Motor fase-terpisah digunakan dalam aplikasi seperti kipas tungku yang digerakkan oleh sabuk dan peralatan seperti mesin cuci dan pengering. Motor ini memiliki torsi sedang hingga baik. Ukurannya berkisar dari pecahan hingga 1 hp.

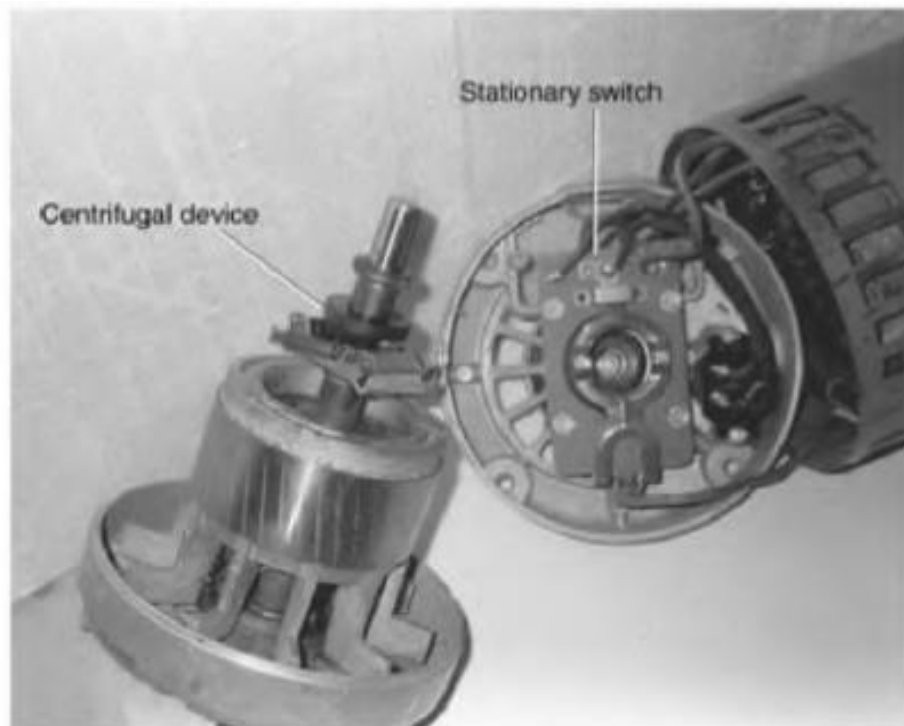
Komponen Motor Fase Terpisah

Komponen utama motor fase terbagi adalah stator, rakitan sakelar belitan awal, dan rotor. Stator memiliki dua belitan, belitan run dan belitan start (Gambar 4.2). Belitan awal

akan memiliki beberapa perangkat (rakitan sakelar) yang mematikkannya setelah motor dihidupkan. Rakitan sakelar belitan awal pada Gambar 4.3 memiliki dua komponen, sakelar stasioner yang dipasang pada rangka ujung dan perangkat sentrifugal yang dipasang pada poros rotor. Sakelar stasioner memiliki satu set kontak yang mengontrol belitan awal. Perangkat sentrifugal menahan kontak ini saat motor diam. Rotor memiliki desain selip rendah seperti kebanyakan motor induksi kapasitor-start dan tiga fase. Gulungan sangkar tupai biasanya terbuat dari aluminium cor.



Gambar 4.2 Skema motor fase-terpisah.



Gambar 4.3 Saklar stasioner dan perangkat sentrifugal dari motor fase-terpisah.

Pengoperasian Motor Fase Terpisah

Kedua belitan diberi energi saat motor dihidupkan. Belitan awal dibuat dengan kawat kecil. Motor fase-terpisah kadang-kadang disebut motor start resistansi. Karena ukuran kawatnya yang kecil (belitan resistansi tinggi), koil belitan awal mencapai magnetisme puncak sekitar $1/480$ detik sebelum belitan berjalan. Ini adalah pemisahan antara 40 dan 50° , bukan pemisahan ideal 90° ($1/240$ detik) yang dimiliki motor kapasitor-start. Ketika motor fase-terpisah mulai, pemberat pada perangkat sentrifugal menarik gulungan plastik dari kontak sakelar stasioner dan mematikan belitan awal. Belitan awal dimatikan pada 75 hingga 80 persen kecepatan sinkron. Gulungan run membawa beban hingga RPM papan nama atau lebih

tinggi. Metode kontrol belitan start lainnya akan dibahas nanti dalam bab ini, di bawah "Saklar Start Elektronik" dan "Saklar Start Elektronik Tunda Waktu".

Memecahkan Masalah Motor Fase Terpisah

Komponen motor fase-terpisah (kecuali kapasitor) mirip dengan motor kapasitor-start. Metode pemecahan masalah untuk motor kapasitor-start (dijelaskan nanti) dapat digunakan pada motor fase-split. Motor split-fase diganti daripada diperbaiki ketika ada masalah.

4.3 Motor Kapasitor

- Jenis-jenis motor kapasitor adalah:
- Dijalankan kapasitor
- Kapasitor-start
- Motor kapasitor dua nilai (start kapasitor, motor kapasitor-run)

Motor yang Dijalankan Kapasitor

Motor yang dijalankan kapasitor digunakan ketika torsi awal yang tinggi tidak diperlukan. Mereka cukup bebas masalah karena desainnya yang sederhana. Rotor sangkar tupai selip tinggi adalah satu-satunya bagian yang bergerak. Rotor selip tinggi dirancang untuk pemuatan inersia tinggi. Contoh beban inersia tinggi adalah kipas sangkar tupai berat di beberapa tungku. Kipas dipasang langsung pada poros motor yang dijalankan oleh kapasitor. Waktu yang diperlukan untuk mempercepat kipas tidak menjadi masalah bagi motor yang dijalankan oleh kapasitor. Tjrze beban yang sama ini akan menyebabkan panas berlebih pada belitan awal motor fase-terpisah.

Komponen Motor yang Dijalankan Kapasitor

Komponen motor yang dijalankan kapasitor adalah rotor sangkar tupai slip tinggi, kapasitor berisi oli, dan stator (dengan belitan start dan belitan run). Belitan start dan run keduanya adalah belitan impedansi tinggi, sehingga keduanya dapat memulai beban inersia tinggi tanpa *panas berlebih*.

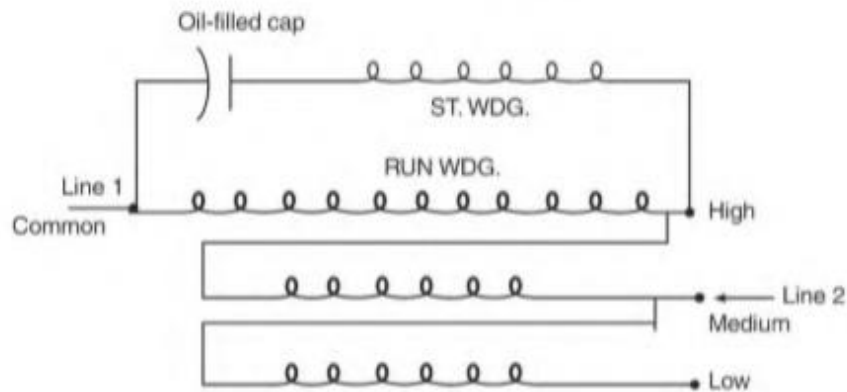
Pengoperasian Motor yang Dijalankan Kapasitor

Ketika tegangan fase tunggal diterapkan, belitan start dan run keduanya diberi energi. Karena kapasitor berisi oli, aliran arus memuncak pada belitan awal sebelum memuncak pada belitan berjalan, menciptakan medan magnet yang berputar. (Gulungan start dan run diberi energi sepanjang waktu.) Gulungan ini menarik sejumlah kecil arus start dibandingkan dengan motor fase-split atau motor start-kapasitor. Arus belitan awal dibatasi oleh kapasitor berisi oli. Meskipun motor ini biasanya panas, komponen kelistrikannya relatif bebas masalah. Komponen terlemahnya adalah bantalan. Untuk diproduksi secara kompetitif, sebagian besar motor ini memiliki bantalan lengan berukuran kecil dan rangka baja tipis. Jika mereka dilengkapi dengan bantalan bola, mereka mentolerir posisi sudut dengan lebih baik. Karena biaya rendah motor ini, mereka diganti daripada diperbaiki.

Motor Jalankan Kapasitor Multispeed

Beberapa motor yang dijalankan kapasitor memiliki beberapa ketukan, memberi mereka beberapa kecepatan. Pemilihan kecepatan yang lebih rendah dicapai dengan

menambahkan lebih banyak lilitan atau kumparan antara ujung belitan kecepatan tinggi dan saluran 2 (Gambar 4.4). Belokan ekstra menurunkan ampere dan melemahkan torsi motor. Desain high-slip rotor memungkinkan beban menurunkan kecepatan motor tanpa membuatnya terlalu panas.



Gambar 4.4 Skema motor yang dijalankan dengan kapasitor multi-kecepatan.

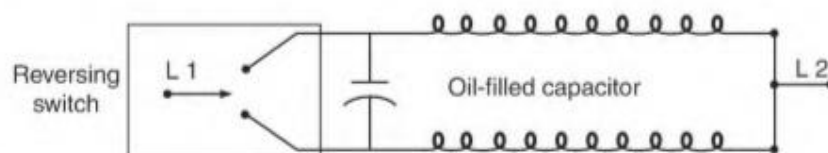
Tanpa beban, motor berakselerasi mendekati kecepatan sinkron pada semua pilihan kecepatan. Sangat penting untuk menghubungkan kabel bersama ke saluran 1 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4. Menghubungkan lead tinggi dan rendah melintasi garis akan langsung membakar belitan.

Motor Pengoperasian Kapasitor yang Dapat Dibalik

Motor kapasitor-run reversibel digunakan pada beban torsi rendah seperti kipas rumah atau mesin pencuci piring. Skemanya ditunjukkan pada Gambar 4.5. Belitan start dan run memiliki data belitan yang sama. Sakelar eksternal menempatkan kapasitor berisi oli secara seri dengan satu belitan atau lainnya. Belitan yang dirangkai seri dengan kapasitor menjadi belitan awal.

Memecahkan Masalah Motor yang Dijalankan Kapasitor

Masalah yang paling umum dengan motor ini adalah kegagalan bantalan. Beberapa dilengkapi dengan bantalan perunggu berpori yang bergantung pada minyak yang merembes melalui perunggu untuk pelumasan. Ketika perunggu berpori tersumbat, bantalan akan menahan dan menghentikan motor. Dalam beberapa kasus, mengoleskan oli tipis seperti WD-40 ke bantalan membuat motor tetap berjalan sampai ditemukan penggantinya.



Gambar 4.5 Skema motor kapasitor-run reversibel

Ketika motor dipasang secara vertikal atau miring, bantalan bawah akan gagal terlebih dahulu. Kegagalan belitan melibatkan hal-hal berikut:

- Start atau run winding yang terbakar

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

- Buka start atau run winding
- Koil start-winding atau run-winding korsleting

Belitan awal yang terbakar kadang-kadang disebabkan oleh kapasitor berisi oli yang korsleting. Arus belitan awal tidak lagi dibatasi oleh kapasitor, sehingga menjadi sangat panas. Belitan run yang terbakar dapat disebabkan oleh kegagalan belitan start, kegagalan bantalan, atau kelebihan beban. Motor harus diganti jika belitan start atau run terbakar. Belitan start atau run yang terbuka dapat terjadi akibat kerusakan pada insulasi yang memisahkannya. Bukaannya juga dapat disebabkan oleh kerusakan pada isolasi slot, korsleting belitan ke inti stator. Motor dengan masalah ini harus diganti.

Koneksi *lead-to-coil* atau *coil-to-coil* terbuka kurang serius. Jenis terbuka ini dapat ditemukan dengan ohmmeter dan probe jarum tajam. Kencangkan satu kabel uji ke kabel motor dan uji setiap sambungan dengan menusuk kabel magnet. Koneksi terbuka dapat dibersihkan dan disolder. Beberapa hal dapat menyebabkan koil *start-winding* atau *run-winding korsleting*. Diantaranya adalah kontaminan, lonjakan tegangan, isolasi kabel yang rusak, dan kelebihan beban. Semua kondisi belitan korsleting mengharuskan motor diganti. Penyebab korsleting harus segera diatasi jika bisa berdampak pada motor pengganti. Kapasitor berisi oli akan korsleting atau terbuka saat gagal. Sebuah ohmmeter analog dapat digunakan untuk mendeteksi kesalahan kapasitor korsleting atau terbuka. Jika kapasitor dalam keadaan normal, meteran akan dipatok ke arah resistansi rendah dan kemudian perlahan-lahan turun kembali dan membaca nilai kebocoran. Jika kapasitor korsleting, ohmmeter tidak akan menunjukkan hambatan. Kapasitor terbuka tidak akan menunjukkan pembacaan atau pembacaan yang stabil dan sangat rendah.

Motor Pengaktif Kapasitor

Motor kapasitor-start memiliki torsi awal yang baik. Ini memiliki berbagai aplikasi. Ukurannya berkisar dari pecahan hingga 35 hp.

Komponen Motor Mulai Kapasitor

Komponen utama motor kapasitor-start adalah stator (dengan belitan start dan belitan run), rotor selip rendah, rakitan sakelar belitan start, dan kapasitor elektrolitik (Gambar 4.6).

Pengoperasian Motor Mulai Kapasitor

Tegangan fase tunggal diterapkan pada belitan start dan run. Kapasitor elektrolit dalam rangkaian belitan awal menciptakan aliran arus terdepan. Arus belitan awal memimpin arus belitan lari sebesar 90° (atau 1/240 detik). Hasilnya adalah medan magnet berputar yang sangat efisien dan torsi awal yang tinggi. Ketika rotor mencapai 75 hingga 80 persen kecepatan sinkron, perangkat sentrifugalnya melepaskan kontak sakelar stasioner dan memutuskan belitan awal. Rotor mempercepat beban ke RPM papan nama atau lebih tinggi.

Memecahkan Masalah Motor Mulai Kapasitor

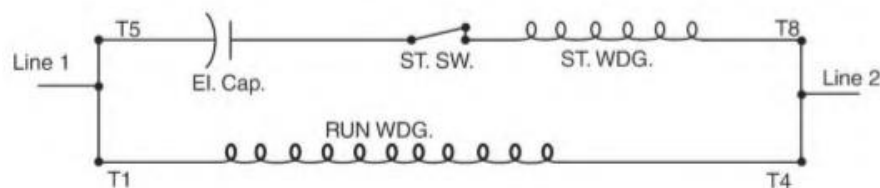
Berikut ini adalah kerusakan komponen motor kapasitor-start yang paling sering, dalam urutan menurun:

- Mulai perakitan sakelar (sakelar stasioner dan perangkat sentrifugal)
- Kapasitor elektrolit
- Mulai berliku

- Jalankan berliku
- Bantalan

Rotor

Rakitan Sakelar Mulai Rakitan sakelar mulai bertanggung jawab untuk menyambungkan dan memutuskan belitan start. Kontak sakelar stasioner melengkung, menguapkan sebagian materialnya setiap kali motor dihidupkan. Seiring waktu, area kontak tidak lagi cukup besar untuk membuat sambungan yang baik (mengakibatkan titik mati, seperti yang dijelaskan selanjutnya). Dengan berkurangnya area kontak, arus awal yang tinggi dapat melelehkan kontak, menggabungkannya bersama-sama (belitan awal akan tetap diberi energi). Motor akan berisik dan tidak akan mencapai RPM penuh. Jika perangkat proteksi arus tinggi tidak berfungsi, belitan awal dan kapasitor terlalu panas dan gagal.



Gambar 4.6 Skema motor kapasitor-start.

Titik Mati Kontak yang aus, spool perangkat sentrifugal, atau mesin cuci dorong dapat menyebabkan motor memiliki titik mati. Ini tidak akan mulai kecuali poros digerakkan sedikit. Memindahkan poros mengubah titik tekanan spul terhadap sakelar stasioner, kontak menutup, dan motor mulai. Untuk memverifikasi bahwa sakelar adalah komponen yang sebentar-sebentar rusak, putus sambungan T5 dan T8. Hubungkan ohmmeter melintasi kabel ini dan putar porosnya. Jika tidak terjadi rangkaian terbuka, tarik poros menjauh dari ujung sakelar motor dan, pada saat yang sama, putar poros. (Saklar stasioner biasanya terletak di ujung yang berlawanan dengan poros.)

Magnetic Center dan *Thrust Washer* Putar ujung poros yang berlebihan dapat menyebabkan masalah start yang terputus-putus. Rotor akan mencoba mencari pusat magnetnya. (Pencuci dorong harus menjaga rotor pada keselarasan ini.) Jika rotor tidak berada di pusat magnet, motor kehilangan daya dan ampere magnetisasi meningkat. Ini telah dibahas dalam Bab 3 di bawah "Setrika Rotor Tidak Sejajar". Jika kontak start tidak tertutup saat rotor disejajarkan dengan benar, rakitan sakelar harus disesuaikan.

Masalah Perangkat Sentrifugal Jika pengujian sebelumnya tidak menunjukkan sirkuit terbuka di belitan awal, masalahnya mungkin pada perangkat yang berputar atau kapasitor (jika ada di kapasitor, lihat "Kapasitor Terbuka" nanti di bab ini) . Jika perangkat sentrifugal kotor atau aus, dapat menyebabkan masalah start yang terputus-putus. Membersihkan atau menggantinya memerlukan pembongkaran motor atau membawanya ke pusat perbaikan. Ketika perangkat sentrifugal diganti, itu harus diposisikan persis di tempat yang sama dengan yang lama. Keputusan untuk mengganti komponen rakitan sakelar start tergantung pada kondisi keseluruhan motor dan biaya perbaikan. Sakelar start elektronik mungkin merupakan pilihan terbaik. Pengoperasian sakelar start elektronik akan dijelaskan kemudian dalam bab di

bawah "Sakelar Pemutaran Start Alternatif". Kontak sakelar stasioner dan perangkat sentrifugal asli motor dapat diganti dengan perangkat sakelar start, juga dijelaskan kemudian di bawah "Sakelar Pemutaran Mulai Alternatif".

Efek Pengereman Normal yang Disebabkan oleh Kapasitor Elektrolit Itu normal untuk aksi pengereman singkat terjadi saat motor kapasitor-start meluncur ke berhenti. Saat motor melambat, perangkat sentrifugal menutup kontak start. Kapasitor sekarang akan melepaskan ke sirkuit tertutup dari belitan start dan run. Daya yang berasal dari kapasitor adalah DC (Gambar 4.7). (Bila arus searah mengalir dalam belitan stator motor induksi, ada efek pengereman yang kuat pada rotor.) Beberapa kontrol motor tiga fase menggunakan pengereman DC untuk memperlambat beban jenis meluncur. Namun, daya DC tidak dapat menahan poros motor agar tetap diam.

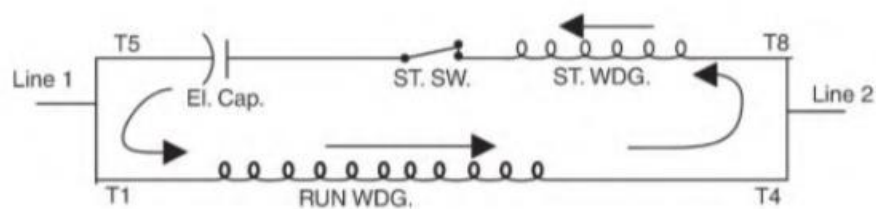
Kapasitor Elektrolit Masalah berikut dapat terjadi pada kapasitor elektrolit:

- Dipendekkan
- Membuka
- Kapasitor lemah (kehilangan kapasitansi)

Kapasitor Korslet Motor dengan kapasitor korsleting memiliki torsi awal yang sangat kecil. Waktu magnetisme puncak dari dua belitannya terlalu berdekatan (lihat "Pengoperasian Motor Mulai Kapasitor" sebelumnya). Ohmmeter dapat digunakan untuk menguji kapasitor, tetapi (karena kemungkinan rangkaian paralel internal) perlu untuk melepaskan salah satu kabel kapasitor.

Perhatian : Pendekkan terminal kapasitor dan lepaskan sebelum menggunakan ohmmeter. Tersedia meteran yang dapat mengukur kapasitansi kapasitor.

Sebuah kapasitor normal akan membuat pasak jarum ohmmeter analog seolah-olah ada yang korslet; kemudian akan turun kembali perlahan dan membaca kebocoran normal kapasitor. Jika kapasitor korsleting, jarum tetap pada posisi dipatok.



Gambar 4.7 Arus mengalir ketika kapasitor dilepaskan ke rangkaian motor

Kapasitor Terbuka Jika motor hanya memiliki satu kapasitor, belitan start terputus ketika kapasitor terbuka dan motor tidak dapat dihidupkan. Kapasitor dapat diuji terbuka dengan ohmmeter atau lampu uji. Salah satu lokasi di kapasitor di mana terbuka terjadi adalah di bawah tutupnya. Tali pengikat untuk pelat dipaku ke terminal di bawah tutupnya. Tali ini melentur saat kapasitor memanas dan mendingin, menyebabkannya retak dan patah pada paku keling. (Cincin penahan tutup dapat dibuka untuk memeriksa masalah ini.) Kapasitor terbuka terkadang merupakan masalah yang terputus-putus. Masalahnya dapat disalahartikan sebagai titik mati yang disebabkan oleh kontak awal yang salah.

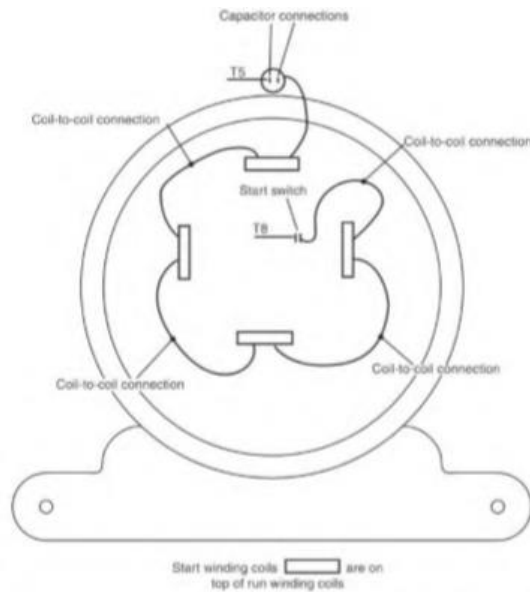
Ketika sakelar stasioner diganti karena kontak yang salah, kapasitor harus diperiksa untuk tali yang retak atau putus. Beberapa perangkat sentrifugal bahkan tidak memberi tekanan pada bantalan aus sakelar stasioner. Kontak membuka dan menutup (berkibar) ketika rotor mendekati kecepatan pemutusan. Flutter kontak akan mengurangi umur kontak. Ini juga menghasilkan lonjakan tegangan pada belitan awal yang akan menghancurkan kapasitor. Flutter kontak yang berlebihan dapat menyebabkan kapasitor sering rusak.

Kapasitor Lemah *Overheating* adalah penyebab utama kapasitor menjadi lemah. Sebuah kapasitor terlalu panas jika terlalu banyak start per jam atau jika kapasitor dipasang dalam kontak langsung dengan cangkang motor. Kapasitor yang lemah mengurangi torsi awal motor. *Overheating* mengeringkan beberapa cairan elektrolit kapasitor. Kehilangan cairan elektrolit mengurangi ampere yang tersedia untuk belitan awal dan menurunkan torsi motor. Menerapkan tegangan saluran dan menggunakan rumus yang dijelaskan di bawah "Rumus Uji Kapasitor" di Bab 3 akan menentukan apakah kapasitor lemah. Jika motor tidak memiliki torsi awal yang baik, kapasitornya mungkin telah diganti dengan kapasitor yang terlalu kecil. Dalam hal ini gunakan metode yang dijelaskan dalam Bab 3 di bawah "Menentukan Ukuran Kapasitor yang Tepat." Mulai Berliku Keempat masalah berikut mengharuskan motor digulung ulang atau diganti:

- Dibakar
- Membuka
- Kumparan korsleting
- Korsleting ke belitan run

Belitan Mulai Terbakar Belitan awal akan menjadi terlalu panas jika diberi energi selama lebih dari 3 detik. Kelebihan beban atau sakelar start yang salah yang tidak memungkinkan kontak start terbuka sering kali menjadi penyebab belitan start yang terbakar. (Gulungan yang terbakar dapat terlihat dan/atau tercium.) Motor dengan kumparan start yang terbakar atau berubah warna harus digulung ulang atau diganti.

Belitan Start Terbuka Bukaan pada belitan start dapat terjadi jika korsleting ke belitan run. Karena ukuran kawat awal belitan yang lebih kecil, itu akan meleleh menjadi dua. Sebagian besar pabrikan motor tidak memasang insulasi antara belitan start dan run seperti yang dilakukan oleh pusat perbaikan motor listrik. Motor yang digulung ulang kurang rentan untuk mulai berliku untuk menjalankan celana pendek yang berliku. Bukaan biasanya terjadi pada motor yang dililit dengan kawat magnet aluminium. Jika lingkungan korosif (misalnya, mesin cuci), titik kecil di kawat akan menimbulkan korosi menjadi dua. Pusat perbaikan motor listrik tidak pernah menggunakan kawat aluminium. Jika belitan awal tidak terbakar atau berubah warna, bukaan dapat ditemukan dengan lampu uji atau ohmmeter. Misalnya, kesalahan koneksi internal *lead-to-coil* atau *coil-to-coil*.



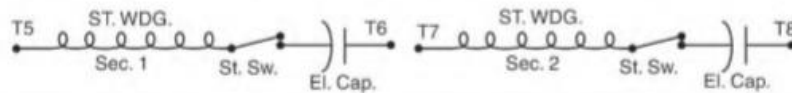
Gambar 4.8 Menemukan koneksi yang salah di belitan awal

Prosedur berikut harus digunakan: Bongkar motor dan lepaskan insulasi dari sambungan *lead-to-coil* dan *coil-to-coil*. Mulai di salah satu ujung belitan awal dan lanjutkan ke ujung lainnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8. Sambungan terbuka dapat dibersihkan dan disolder ulang. Motor kapasitor-start yang lebih kecil dengan belitan start yang salah harus diganti. Motor kapasitor-start yang lebih besar dapat dibangun kembali secara ekonomis jika biayanya mendekati biaya motor baru. Pusat layanan menggunakan insulasi kelas suhu yang lebih tinggi daripada yang ada di belitan asli yang dipasang di pabrik. Kebanyakan menggunakan kelas H (Gambar 4.9). Pusat servis juga menyekat antara belitan start dan run.

Kumparan Korsleting — Belitan Start Tegangan Ganda Beberapa motor starter kapasitor memiliki belitan start tegangan ganda (Gambar 4.10). Belitan awal tegangan ganda memiliki dua pasang kabel timah bernomor T5 hingga T8. Setengah dari rangkaian belitan awal berada di antara angka T5 dan T6, dan setengah lainnya berada di antara T7 dan T8. Kapasitor selalu ditempatkan (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.10) antara belitan awal dan T6 dan antara belitan awal dan T8. Kontak sakelar start akan ditempatkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.11 atau 4.12. Kedua rangkaian memiliki data yang identik, sehingga dapat diuji perbandingannya. Tidak mungkin kedua sirkuit memiliki masalah yang sama. Mikrohmmeter atau arus AC terbatas dapat digunakan untuk pengujian ini. Arus tidak boleh terlalu tinggi sehingga membuat kumparan *start-winding* terlalu panas.

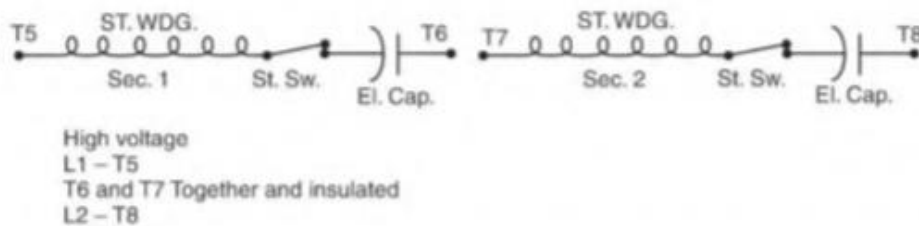
Insulation Class	Temperature Rating
A	105 degrees C
B	130 degrees C
F	155 degrees C
H	180 degrees C

Gambar 4.9 Bagan suhu untuk klasifikasi isolasi.

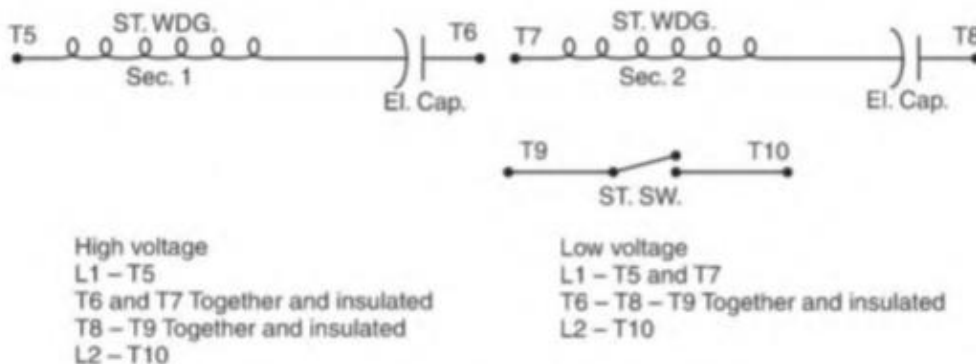


Gambar 4.10 Urutan nomor mulai belitan tegangan ganda.

Lepaskan kabel T5 sampai T8. Bandingkan pembacaan antara T5 dan T6 dengan pembacaan antara T7 dan T8. (Jangan sertakan kapasitor.) Mungkin perlu memutar poros secara perlahan saat merekam pembacaan tinggi dan rendah. Hasilnya harus identik. Jika satu rangkaian memiliki resistansi yang lebih rendah (dengan ohmmeter) atau ampere yang lebih tinggi (dengan AC terbatas), ia memiliki kumparan korsleting.



Gambar 4.11 Belitan awal tegangan ganda (dengan kontak untuk masing-masing setengah).



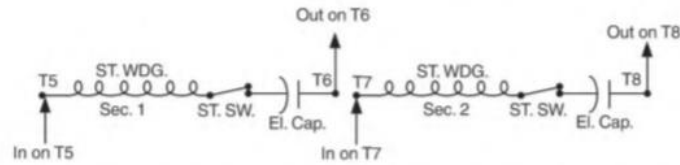
Gambar 4.12 Belitan awal tegangan ganda dengan satu set kontak.

Setiap sirkuit juga harus diuji ke rangka stator untuk mengetahui kerusakan isolasi ke ground. Hubungan pendek ke ground membutuhkan penggulangan mundur total atau penggantian motor.

Start Winding Dihubungkan dengan *Run Winding* *Start winding* dan *run winding* biasanya tidak terhubung secara internal. Satu-satunya pengecualian adalah motor yang memiliki putaran yang telah ditentukan, seperti motor pompa sentrifugal. Jika ada kontinuitas antara belitan start dan run, motor harus digulung ulang atau diganti.

Menghubungkan Belitan Start Tegangan Ganda Gambar 4.13 menunjukkan sistem nomor lead belitan start. Untuk menghubungkan belitan awal tegangan ganda, cukup gunakan frasa berikut: masuk pada peluang dan keluar pada genap. Kabel start-winding selalu diberi nomor T5 sampai T8.

Run winding biasanya memiliki lebih sedikit masalah daripada komponen motor kapasitor-start lainnya. Overheating dari overload, suhu lingkungan yang tinggi, tegangan rendah, dan kegagalan bantalan menyebabkan masalah berikut:



GAMBAR 4.13 Menghubungkan belitan start tegangan ganda menggunakan metode *in-on-the-ods, out-on-the-evens*.

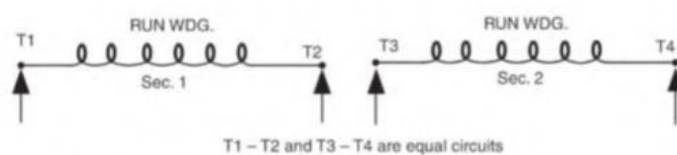
- Gulungan yang terbakar
- belokan korsleting
- Kumparan korsleting (tegangan ganda)
- Pendek ke awal berliku
- Pendek ke bingkai

Belitan terbuka (tegangan ganda)

Gulungan Terbakar Gulungan yang terbakar selalu terlihat. Mereka' biasanya memiliki bau pernis terbakar. Motor bahkan berjalan normal dalam kondisi ini. Itu pasti harus diganti atau diputar ulang.

Korsleting Ternyata Korsleting ternyata menurunkan resistensi motor. (Ampere akan meningkat dan menyebabkan belitan menjadi terlalu panas.) Keseimbangan magnet stator menjadi terganggu, membuat motor berisik. Suara dering atau nada tinggi terkadang menunjukkan belokan pendek. Faktor daya yang rendah dapat disalahartikan sebagai belokan korsleting. Jika ampli tanpa beban 10 hingga 15 persen lebih tinggi dari ampere pelat nama dan motor terdengar normal, faktor daya yang rendah mungkin menjadi penyebabnya. Biasanya, kebanyakan motor satu fasa memiliki faktor daya yang rendah. Tanpa beban, motor bertenaga kuda fraksional biasanya menarik lebih tinggi dari ampere papan namanya. Mereka sering menarik lebih sedikit ampere saat terisi penuh. Faktor daya dari hampir semua motor induksi AC meningkat ketika mereka terisi penuh.

Kumparan Korsleting, Belitan Jalan Tegangan Ganda Banyak motor starter kapasitor memiliki belitan jalan tegangan ganda (Gambar 4.14). Gulungan run tegangan ganda memiliki dua pasang kabel timah bernomor T1 hingga T4. Setengah dari sirkuit *run-winding* berada di antara T1 dan T2; setengah lainnya adalah antara T3 dan T4. Kedua rangkaian memiliki data yang identik, sehingga dapat diuji perbandingannya. Sangat tidak mungkin bahwa kedua sirkuit akan memiliki masalah yang identik. Gunakan mikrohmmeter atau arus AC terbatas untuk pengujian ini.

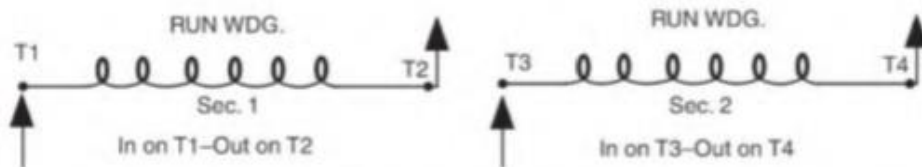


Gambar 4.14 Pengujian kedua rangkaian belitan run tegangan ganda menggunakan skema.

Putuskan kabel T1 sampai T4. Bandingkan pembacaan antara T1 dan T2 dengan pembacaan antara T3 dan T4. Mungkin perlu memutar poros secara perlahan saat merekam pembacaan tinggi dan rendah. Hasilnya harus identik. Jika satu rangkaian memiliki resistansi yang lebih rendah (dengan ohmmeter) atau ampere yang lebih tinggi (dengan arus terbatas), ia memiliki kumparan korsleting. Setiap sirkuit juga harus diuji untuk *ground* ke rangka stator. Baik hubungan pendek maupun arde mengharuskan motor digulung ulang atau diganti. Gambar 4.15 menunjukkan sistem penomoran untuk sadapan *run-winding*. (Pada tahun 1967, NEMA menukar angka T2 dan T3 pada motor fase tunggal.) Untuk menghubungkan belitan run tegangan ganda, ingat saja frasa berikut: *in on the odds and out on the evens*. Gulungan run selalu diberi nomor T1 sampai T4.

Jalankan *Winding Shorted* untuk Mulai Jalankan *winding* dan mulai belitan biasanya tidak terhubung secara internal. Satu-satunya pengecualian adalah motor yang memiliki putaran yang telah ditentukan, seperti motor pompa sentrifugal. Jika ada kontinuitas antara belitan start dan run, motor harus digulung ulang atau diganti.

Jalankan *Winding Shorted* ke Frame Putuskan sambungan daya. Dengan ohmmeter, uji dari semua rangkaian belitan ke titik yang bersih pada rangka stator. Jika pembacaan menunjukkan tanah yang kokoh, motor harus diputar ulang atau diganti. Jika pembacaan antara 2 dan 50 megaohm, bersihkan dan keringkan motor. Jika ini tidak mengembalikan pembacaan hingga tak terhingga, motor harus diputar ulang atau diganti. Kumparan bawah tunduk pada pembacaan ohmmeter rendah terkait air.



Gambar 4.15 Menghubungkan belitan run tegangan ganda, menggunakan metode *in-on-the-odds, out-on-the-evens*.

Belitan Jalan Terbuka, Tegangan Ganda, Sambungan Tegangan Rendah Jika salah satu rangkaian belitan jalan tegangan ganda terbuka, motor akan kehilangan sedikit lebih dari setengah dayanya. Motor akan mulai lebih lambat dari biasanya tanpa beban. Tergantung pada metode koneksi internalnya, itu akan berjalan dengan lancar atau sedikit bising. Ohmmeter atau lampu uji dapat digunakan untuk mengidentifikasi rangkaian terbuka. Jika bukaan berada dalam koneksi *lead-to-coil* atau *coil-to-coil*, itu bisa disolder. Jika grup koil terbuka secara internal, motor harus diputar ulang atau diganti.

Motor Terendam Jika motor fase tunggal telah terendam air, tetapi tidak diberi energi, mungkin tidak perlu digulung ulang atau diganti. Membersihkan dan memanggng gulungannya mungkin sudah cukup. Namun, kapasitor elektrolit tidak boleh dipanggng dalam oven. Gulungan harus diuji terlebih dahulu dengan ohmmeter. (Gulungan basah tidak boleh dikenai tegangan uji yang dapat melengkung melalui insulasi slot basah.) Suhu pemanggngan tidak boleh melebihi 200 OF. Tes ohmmeter harus membaca tak terhingga

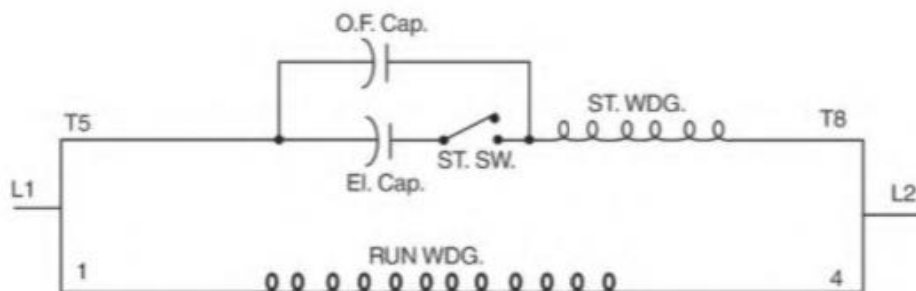
setelah dipanggang. Gulungan harus diberi lapisan pernis pengering udara setelah dibersihkan, dikeringkan, dan diuji. Saat air membasahi insulasi slot, aksi baterai terkadang dapat dideteksi. Selama insulasi slot basah, tegangan kecil dapat dibaca (dengan milivoltmeter) antara belitan dan rangka. Angka nol akan menunjukkan bahwa motor telah dipanggang cukup lama. Jika tes ohmmeter sekarang menunjukkan tak terhingga, instrumen tes lain seperti megohmmeter atau tester lonjakan dapat digunakan.

Jika motor terendam, harus dibongkar, dibersihkan, dan dikeringkan sesegera mungkin. Jika memiliki bantalan lengan, permukaan bantalan poros akan segera menjadi berkarat. Motor bantalan lengan harus memiliki bahan sumbu oli dan oli diganti. (Bantalan bola harus diganti.) Kapasitor dan sakelar start harus dibersihkan dan dikeringkan, tetapi jika terendam dalam waktu lama, kapasitor harus diganti. (Air yang terkontaminasi menyebabkan komponen aluminium di dalam kapasitor terkorosi.) Kapasitor berisi minyak dapat dibersihkan dan dikeringkan karena disegel. Bantalan Bantalan selongsong yang aus akan menimbulkan bunyi berderak atau gemuruh yang tajam, terutama saat motor dihidupkan. Lepaskan sabuk dan gerakkan poros maju mundur sesuai dengan beban. Seharusnya tidak ada gerakan. Motor kecil biasanya diganti karena mengganti bantalan lengan tidak hemat biaya.

Bantalan bola sangat bising saat terjadi kesalahan. Mereka dapat diganti, tetapi biaya perbaikan harus dibandingkan dengan biaya motor baru. Usia dan kondisi motor adalah bagian dari keputusan ini. Sakelar stasioner juga harus diganti saat ini.

Rotor

Rotor aluminium cor digunakan di sebagian besar motor fase tunggal. Jika mereka memiliki batang rotor atau cincin ujung terbuka, motor diganti karena tidak hemat biaya untuk memperbaikinya. Kehilangan torsi adalah tanda batang rotor atau cincin ujung terbuka. Motor tidak akan menarik banyak ampere tanpa beban dan akan memulai beban lebih lambat dari biasanya. RPM yang dimuat akan lebih rendah dari nilai papan nama. Gulungan start dan run tidak akan menunjukkan masalah. Motor Kapasitor Dua Nilai (*Capacitor-Start, Capacitor-Run Motor*) Motor kapasitor dua nilai memiliki komponen yang sama dengan motor kapasitor-start (Gambar 4.16). Kapasitor berisi oli ditambahkan untuk perbaikan faktor daya. Fungsi motor kapasitor dua nilai dibahas dalam Bab 3 di bawah "Sambungan Kapasitor Isi Oli pada Motor Fasa Tunggal Kapasitor Dua Nilai." Metode pemecahan masalah untuk motor kapasitor dua nilai sama dengan metode untuk motor kapasitor-start. Mereka dibahas sebelumnya dalam bab di bawah "Motor Pengaktifan Kapasitor". Berikut ini adalah masalah tambahan dan metode pemecahan masalah untuk kapasitor berisi oli.



Gambar 4.16 Skema motor kapasitor dua nilai.

Memecahkan Masalah Kapasitor yang Diisi Minyak

Dua masalah utama untuk kapasitor berisi minyak terbuka dan korsleting. Jika kapasitor berisi oli menjadi terbuka, ampere magnetisasi penuh dari belitan berjalan dibawa oleh sirkuit motor (jatuh tegangan sirkuit akan meningkat). Hilangnya kapasitor berisi minyak tidak akan mempengaruhi kinerja motor, tetapi akan membuat lebih banyak suara magnetik. Jika kapasitor berisi oli menjadi korsleting, sakelar start dan kapasitor elektrolit dilewatkan. Belitan awal sekarang terhubung langsung melintasi garis. Jika motor dihidupkan ulang, ia menarik arus tinggi dan memiliki torsi awal yang sangat kecil. Belitan awal akan dihancurkan dalam beberapa detik. Lepaskan kapasitor berisi oli yang korsleting, dan motor akan beroperasi dengan baik tanpa kapasitor tersebut.

Aturan dan Rumus Koneksi Kapasitor Elektrolit

Kapasitor dihubungkan secara paralel, seri, dan dalam kombinasi keduanya. Alasan untuk koneksi ini dibahas dalam Bab 3 di bawah "Sambungan Kapasitor Elektrolit Paralel" dan "Sambungan Kapasitor Elektrolit Seri".

Aturan koneksi kapasitor elektrolit adalah sebagai berikut:

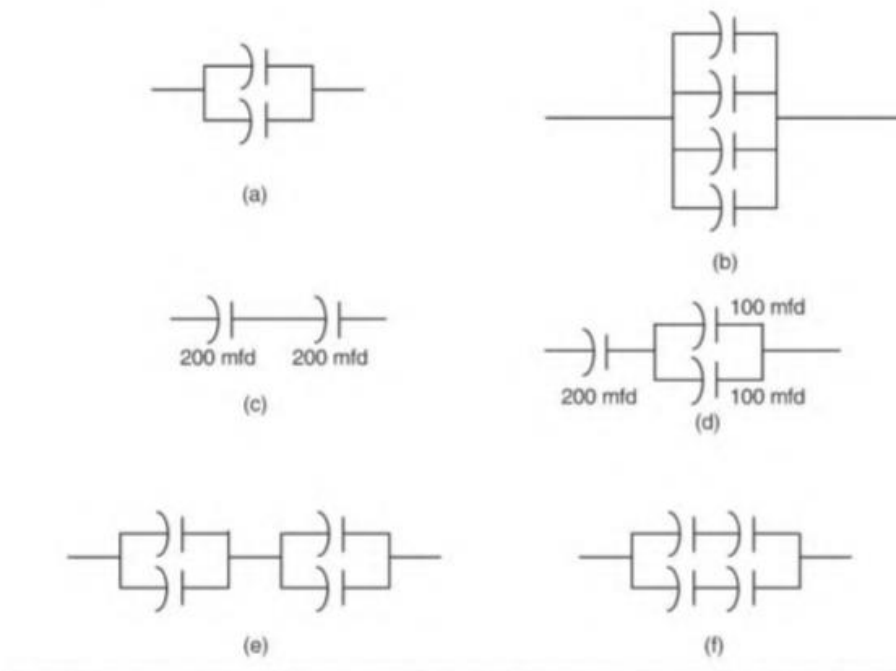
- Kapasitor yang terhubung secara paralel tidak memerlukan peringkat mikrofarad (mfd) yang sama.
- Kapasitor yang dihubungkan secara seri harus memiliki rating mfd yang sama.
- Tidak pernah ada lebih dari dua kapasitor yang dihubungkan secara seri satu sama lain. Dua kapasitor secara seri biasanya merupakan sambungan tegangan tinggi.

Rumus kapasitor elektrolitik berikut menentukan nilai kapasitansi total untuk sambungan seri dan paralel serta kombinasinya:

- Peringkat mfd paralel dari setiap kapasitor ditambahkan bersama-sama = total mfd
- Series rating mfd dari satu kapasitor dibagi dengan jumlah kapasitor secara seri = total mfd
- Kapasitor dengan peringkat mfd yang tidak sama dalam produk/jumlah seri (contoh di bawah):

$$\text{cap \#1 mfd} \times \text{cap \#2 mfd} : \text{cap \# 1 mfd} + \text{cap \# 2 mfd} = \text{total mfd}$$

Pada Gambar 4.17 (a) dan (b) nilai mfd dijumlahkan untuk total mfd. Pada bagian (c) nilai mfd ditemukan dengan membagi nilai mfd dari 1 dengan jumlah totalnya (2).

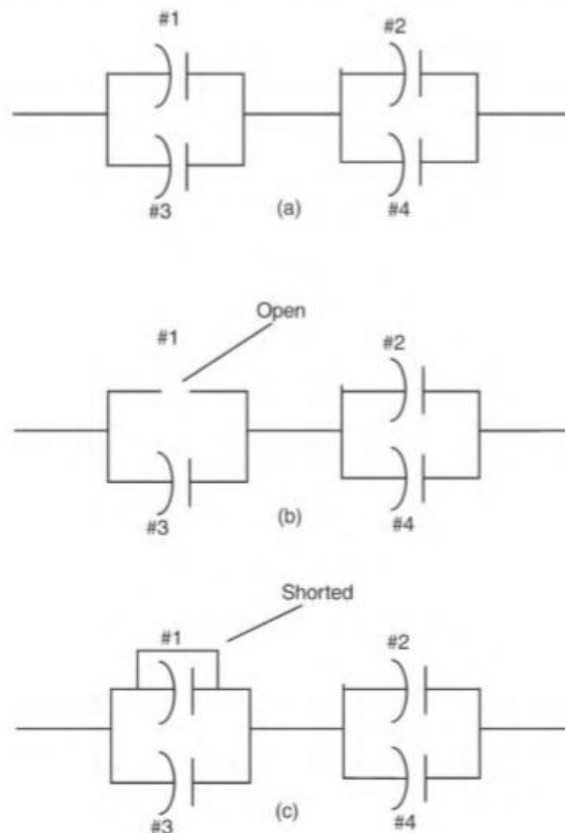


Gambar 4.17 Enam kombinasi sambungan kapasitor elektrolit terdapat pada motor kapasitor start. Sambungan (d) menambahkan nilai mfd kapasitor yang tersambung paralel kemudian membagi hasilnya dengan 2. Sambungan (e) menunjukkan dua kapasitor paralel yang dirangkai seri dengan dua kapasitor sejajar. Pertama-tama temukan nilai setiap rangkaian paralel dan kemudian bagi hasilnya dengan 2 (jumlah rangkaian). (Setiap rangkaian paralel harus memiliki nilai mfd yang sama.) Sambungan (f) menunjukkan dua kapasitor secara seri dan secara paralel dengan dua kapasitor secara seri. (Kapasitor yang dirangkai seri harus memiliki nilai mfd yang sama.) Bagilah nilai satu kapasitor dengan 2 (jumlahnya secara seri) untuk menemukan mfd dari setiap rangkaian. Tambahkan nilai setiap rangkaian untuk mendapatkan total mfd.

Pemecahan Masalah Kapasitor Elektrolit

Gambar 4.18 menunjukkan bagaimana nilai mfd berubah ketika ada kapasitor korsleting atau terbuka dalam sambungan. Pengganda 11 dijelaskan dalam Bab 3 di bawah "Rumus Uji Kapasitor". Angka 11 berlaku karena ini adalah aplikasi 240 volt. Kapasitor semua dinilai 200 mfd dan 120 volt. Menggunakan logika rumus pengujian, ampere yang tersedia untuk belitan awal dapat dihitung. Hasilnya menjelaskan mengapa motor bereaksi seperti ketika ada kapasitor korsleting atau terbuka. Masalah pertama (Gambar 4.18) memiliki dua kapasitor secara paralel dan secara seri dengan dua kapasitor secara paralel. Masalah kedua (Gambar 4.19) memiliki dua kapasitor secara seri, dihubungkan secara paralel dengan dua kapasitor secara seri. Kedua sambungan tersebut digunakan pada motor kapasitor-start dengan nilai 5 hp atau lebih. Pada Gambar 4.18, jumlah kapasitor #1 dan #3 (400 mfd) sama dengan jumlah kapasitor #2 dan #4 (400 mfd): $400 \div 2 = 200$ mfd. Daya adalah 60 Hz pada 240 volt, membuat pengali 11. $200 \text{ mfd} \times 11 = 18$ ampere tersedia untuk belitan awal ketika tidak ada kapasitor yang rusak. Pada Gambar 4.18 (b), kapasitor #1 terbuka. Kapasitor #3 (200 mfd)

dirangkai seri dengan kapasitor #2 dan #4 (400 mfd). $[200 \text{ mfd} \times 400 \text{ mfd}] : [200 \text{ mfd} + 400 \text{ mfd}] = 133 \text{ mfd}$, dan $133 \text{ mfd} - r 11 = 12 \text{ amp}$ tersedia untuk belitan awal.



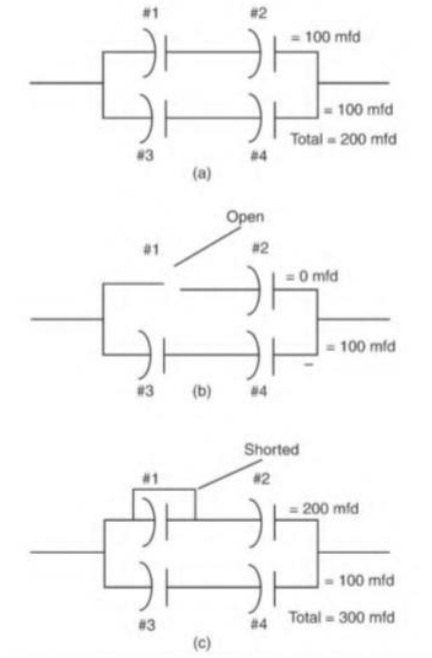
Gambar 4.18 Nilai Mfd berubah ketika kapasitor terbuka atau korsleting.

(Efisiensi pengasutan berkurang karena hilangnya mfd.) Waktu akan berkurang antara magnetisme puncak (sudut fase) dari belitan start dan run. Hilangnya sepertiga dari ampere yang tersedia untuk belitan start mengurangi daya start motor. Motor tidak akan memulai beban maksimum. Pada Gambar 4.18 (c), kapasitor #1 dihubung singkat. Kapasitor #2 sekarang paralel dengan kapasitor #2 dan #4. Total kapasitansi sekarang 300 mfd. Sudut fase jauh dari ideal 90° , menurunkan efisiensi awal. Start ampere lebih tinggi dari biasanya. Motor mungkin mulai tetapi tidak dapat memulai beban. Ampere yang sangat tinggi menunjukkan belitan korsleting, padahal masalahnya hanya kapasitor korsleting. Masalah performa motor yang ditunjukkan pada Gambar 4.19 serupa dengan masalah yang ditemukan pada Gambar 4.18. Sambungan ini adalah dua kapasitor secara seri secara paralel dengan dua kapasitor secara seri.

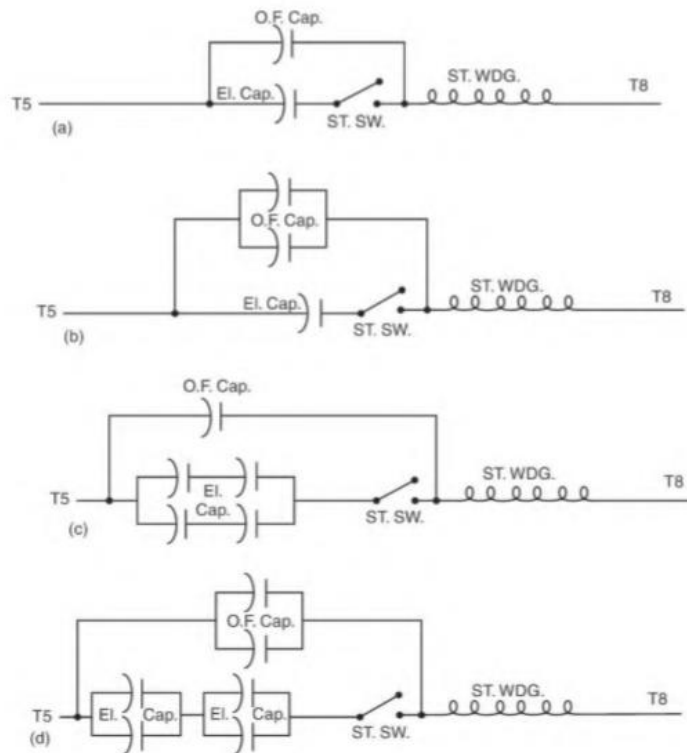
Koneksi Motor Kapasitor Dua-Nilai

Motor kapasitor dua nilai (dengan kapasitor elektrolitik dan berisi oli) menggunakan sambungan yang ditunjukkan pada Gambar 4.20. Kapasitor berisi oli selalu dihubungkan secara paralel dengan kapasitor elektrolitik dan kontak sakelar start. Jika lebih dari satu kapasitor berisi minyak digunakan, mereka selalu terhubung secara paralel satu sama lain. Nilai tegangan kapasitor yang diisi oli akan menjadi dua kali atau lebih dari nilai tegangan yang

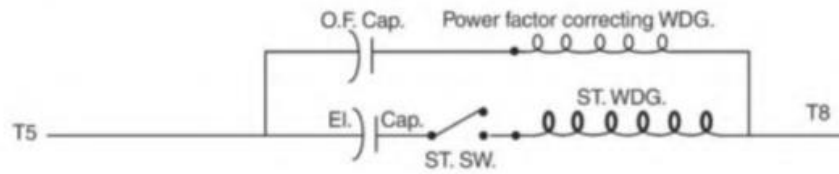
diberikan. Kedua jenis kapasitor ditemukan dipasang di motor, di motor, atau jauh dari motor. Belitan Koreksi Faktor Daya Gambar 4.21 menunjukkan skema belitan khusus yang dirangkai seri dengan kapasitor berisi oli. Gulungan ini dililitkan di atas belitan awal dan dihubungkan sehingga polaritasnya sama. Tujuannya adalah untuk memperbaiki faktor daya motor.



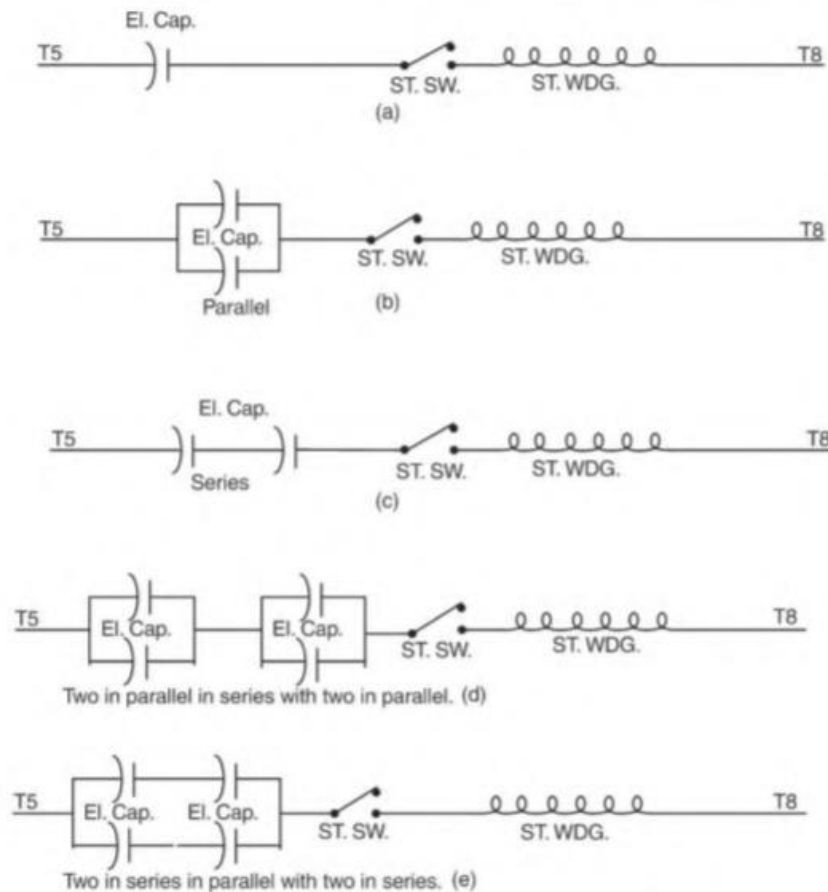
Gambar 4.19 Nilai Mfd berubah ketika salah satu kapasitor terbuka atau korsleting.



Gambar 4.20 Beberapa kombinasi sambungan ditemukan pada belitan start motor kapasitor dua nilai.



Gambar 4.21 Belitan terpisah yang dirancang untuk mengoreksi faktor daya motor.



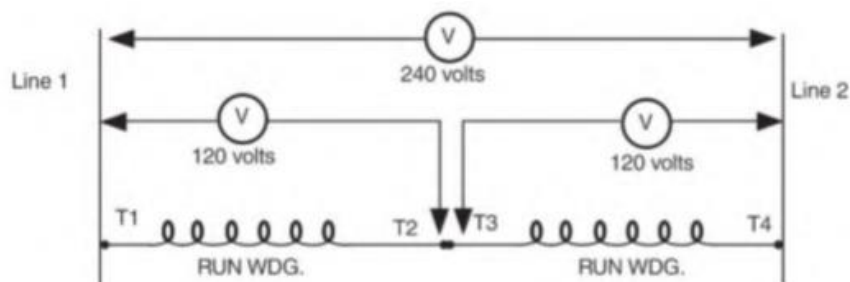
Gambar 4.22 Sambungan belitan start terdapat pada motor kapasitor-start, (a) Satu tegangan: Sambungan belitan start ini dapat digunakan pada tegangan rendah atau tinggi, tetapi tidak keduanya. Nilai tegangan kapasitor menentukan tegangan yang diberikan, (b) Satu tegangan: Sambungan belitan awal ini dapat digunakan pada tegangan rendah atau tinggi, tetapi tidak keduanya. Nilai tegangan kapasitor menentukan tegangan yang diberikan, (c) Tegangan tinggi saja: Kapasitor hanya akan diberi tegangan rendah, (d) Tegangan tinggi saja: Kapasitor hanya akan diberi tegangan rendah, (e) Tegangan tinggi saja: Kapasitor akan dia nilai tegangan rendah saja.

Masalah Tegangan Tinggi Motor Kapasitor Dua Nilai Jika motor kapasitor dua nilai dihubungkan ke beban meluncur (seperti gergaji lengan radial), tegangan setinggi 1500 volt dihasilkan di sirkuit motor. (Interaksi magnetik antara sangkar rotor, rangkaian tertutup dari belitan start dan run, dan kapasitor berisi oli menciptakan tegangan tinggi.) Nilai daya

tegangan tinggi sangat rendah, tetapi dapat merusak atau merusak komponen elektronik atau apa pun yang terhubung di sirkuit motor.

Koneksi Motor Mulai Kapasitor

Gambar 4.22 (a sampai e) mencakup sebagian besar koneksi motor kapasitor-start. Tidak ada urutan standar untuk komponen. Terlepas dari urutannya, kontak sakelar start harus mematikan kapasitor elektrik dan belitan start. Gambar 4.22 (a) dan (b) dapat digunakan pada aplikasi tegangan tinggi, tegangan rendah, atau tegangan ganda. Peringkat tegangan kapasitor harus sama dengan tegangan yang diberikan ketika aplikasinya adalah tegangan tunggal. Aplikasi tegangan ganda memerlukan kapasitor tegangan rendah. Lilitan run digunakan sebagai autotransformator untuk menjaga tegangan yang diterapkan ke belitan start rendah. Gambar 4.23 menunjukkan nilai tegangan ketika belitan run tegangan ganda dihubungkan untuk tegangan tinggi. Ketika belitan start dihubungkan pada setengah dari belitan run, belitan tersebut hanya akan menerima setengah dari tegangan yang diberikan. Koneksi seri pada Gambar. 4.22 (c) sampai (e) adalah semua aplikasi tegangan tinggi. Kapasitor semua dinilai tegangan rendah. Gambar 4.22 (d) dan (e) adalah sambungan yang digunakan pada motor dengan tenaga kuda yang lebih besar.



Gambar 4.23 Skema yang menunjukkan tegangan pada kumparan run-winding dan sadapan ketika motor dihubungkan untuk tegangan tinggi.

4.4 Peralatan Pencegahan Panas

Perangkat pelindung termal digunakan untuk melindungi motor dari kejenuhan yang disebabkan oleh kelebihan beban dan kegagalan untuk memulai. Ada dua jenis, reset manual dan self-reset. Kedua jenis memiliki komponen bimetal yang menekuk ke arah yang telah ditentukan ketika terlalu panas dari arus yang berlebihan (Gambar 4.24).



Gambar 4.24 Menyetel ulang sendiri dan menyetel ulang perangkat termal secara manual. Klixon.

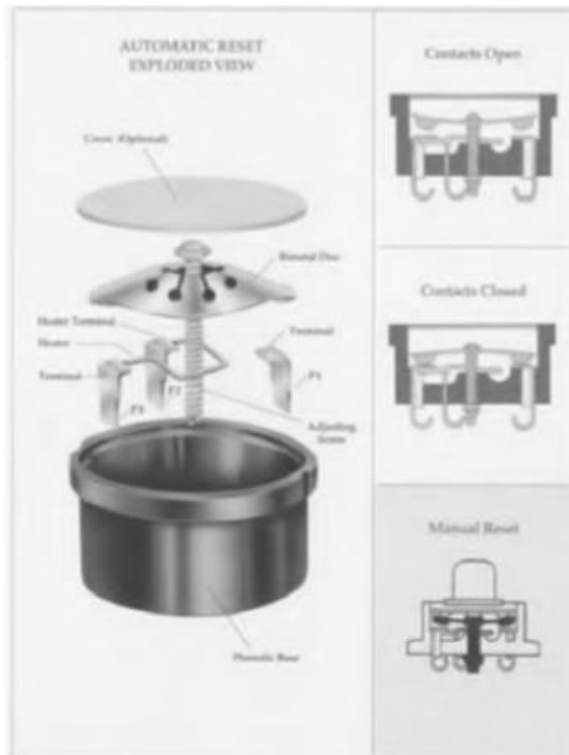
Penyetelan ulang perangkat termal secara manual harus dingin sebelum dapat disetel ulang. (Perangkat termal yang lebih besar mungkin memerlukan waktu 10 hingga 15 menit untuk cukup dingin.) Ada jepretan yang pasti saat disetel ulang. Mereka harus berada di lokasi yang nyaman. Jika mereka dipasang di kotak koneksi motor, mereka dapat dipindahkan. Perangkat termal yang mengatur ulang sendiri akan mengatur ulang sendiri dan menghidupkan motor saat dingin. Mesin yang dapat menyebabkan cedera tidak boleh memiliki motor dengan perangkat pelindung yang dapat disetel ulang sendiri.

Komponen Perangkat Pelindung Termal Bimetal (untuk Motor Satu Fasa)

Jenis perangkat pelindung ini memiliki cakram dan dua set kontak. Dua kontak dipasang pada bagian disk yang dapat digerakkan. Dua kontak kawin dipasang pada bagian stasioner perangkat. Gambar 4.25 menunjukkan sirkuit perangkat termal. Terminal bertanda PI (pada perangkat termal) terhubung ke salah satu kontak stasioner. Sebuah kabel di kotak koneksi motor (berlabel PI) terhubung ke terminal ini. Jika motor memiliki papan sambungan, PI disolder ke baut bertanda PI. PI (sebagai timah atau baut) selalu terhubung ke jalur 1. Semua sirkuit perangkat termal dan motor dirangkai seri dengan PI.

Terminal P2 terhubung ke kontak stasioner melintasi disk dari PI. Jika motor memiliki kotak sambungan, P2 adalah kabel coklat dan mungkin atau mungkin tidak ditandai P2. Jika motor memiliki papan terminal dengan baut penghubung, ada juga baut berlabel P2. Arus melalui P2 tidak berpengaruh pada fungsi perangkat termal. (Ini terputus saat perangkat mati.) Jika kabel P2 tidak digunakan dalam koneksi, itu harus diisolasi. Sebuah elemen panas kecil (terletak di dekat disk) terhubung antara P2 dan P3. Ketika ada kelebihan beban, arus yang

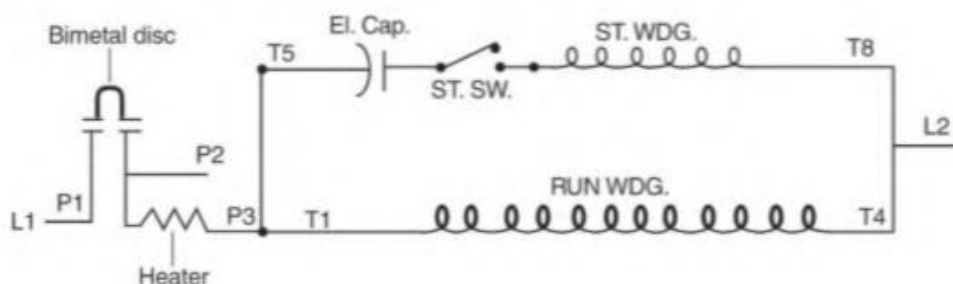
lebih tinggi dari normal mengalir melalui elemen panas dan P3. Elemen panas menjadi panas, membuat cakram menekuk, memutuskan semua sirkuit motor. (P3 selalu terhubung ke belitan yang dipengaruhi oleh kelebihan beban.)



Gambar 4.25 Menyetel ulang sendiri dan menyetel ulang perangkat termal secara manual. Klixon.

Koneksi dan Pengoperasian Perangkat Pelindung Termal

Perangkat termal digunakan pada semua jenis motor. Koneksi motor starter kapasitor tegangan tunggal dan ganda dengan perangkat termal dibahas di sini. Motor Start Kapasitor Tegangan Tunggal Gambar 4.26 menunjukkan perangkat termal yang terhubung ke motor starter kapasitor tegangan tunggal. Jalur 1 terhubung ke P1. P3 terhubung langsung ke belitan run. Sebuah sadapan bertanda T1 terhubung ke P3, membuatnya dapat diakses untuk menggabungkan sadapan belitan awal T5 atau T8 dengan T1. (Untuk membalikkan motor, tukar T5 dan T8.) T4 dan T5 atau T8 terhubung ke L2.



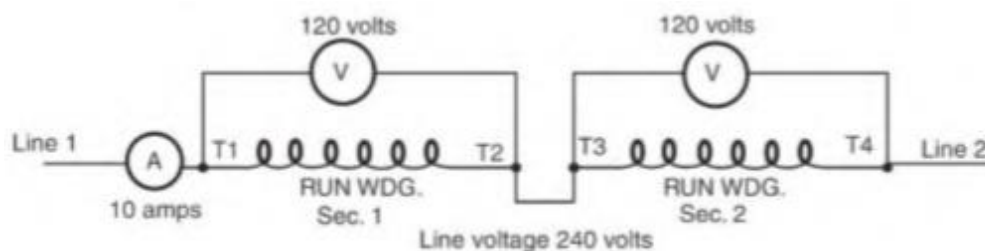
Gambar 4.26 Perangkat termal untuk motor tegangan tunggal.

PI (saluran 1) terputus dari semua sirkuit ketika perangkat termal berfungsi karena kelebihan beban. Jika perangkat termal menjadi rusak, T1 (dengan T5 atau T8) dapat dihubungkan langsung ke saluran 1. Ini akan melewati perangkat termal yang rusak. (Elemen panas akan meleleh jika T1 secara tidak sengaja terhubung ke saluran 2 ketika PI terhubung ke saluran 1.) Lilitan awal kadang-kadang terhubung ke P2 sehingga amperennya tidak mempengaruhi elemen panas. Itu bisa hancur di lokasi ini jika elemen panas menjadi terbuka.

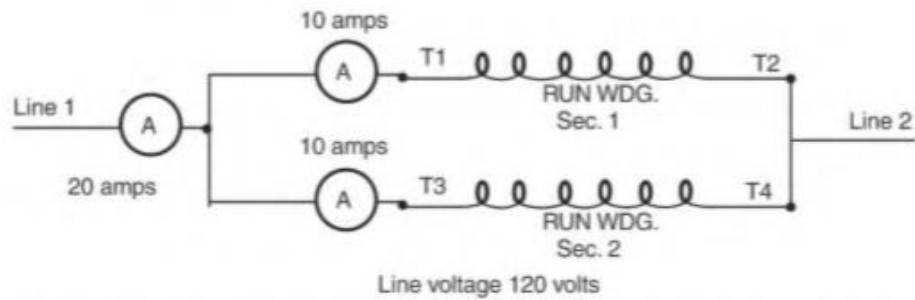
Motor Tegangan Ganda, Tegangan Rendah Terhubung

Putaran motor tegangan ganda memiliki dua sirkuit. Setiap sirkuit berisi tepat setengah dari belitan run. Ini memungkinkan untuk menghubungkan belitan yang berjalan tegangan tinggi (seri) atau tegangan rendah (paralel). Gambar 4.27 menunjukkan nilai tegangan pada setiap kutub pada saat belitan dihubungkan tegangan tinggi (seri). Gambar 4.28 menunjukkan nilai tegangan yang sama pada setiap kutub pada saat belitan dihubungkan tegangan rendah (paralel). Ketika tegangan di setiap kutub sama, ampere yang melalui setiap kutub adalah sama (untuk kedua koneksi). Ampere beban penuh untuk motor ini adalah 20 amp (tegangan rendah) dan 10 amp (tegangan tinggi). Ketika terhubung tegangan rendah (paralel), setiap rangkaian menarik 10 amp, dengan total 20 amp. Ketika terhubung dengan tegangan tinggi, rangkaian run menarik 10 amp.

Elemen panas dari perangkat termal dihubungkan secara seri dengan satu sirkuit belitan yang berjalan. Baik terhubung dengan tegangan tinggi atau rendah, ampere beban penuh melalui elemen panas akan menjadi 10 amp. Nilai trip untuk perangkat pelindung motor ini didasarkan pada beban 10-amp. Gambar 4.29 menunjukkan motor kapasitor-start tegangan ganda terhubung tegangan rendah. Jalur 2 terhubung ke T2, T4, dan T5 (atau T8). (Untuk membalikkan motor ini, tukar T5 dan T8.) Jalur 1 terhubung ke PI, T1 (dari belitan run) dan kabel eksternal berlabel T1 terhubung secara internal ke terminal P3 perangkat termal. Kabel eksternal T1 kadang-kadang dihubungkan ke T5 (atau T8) dan diisolasi. Beberapa pelat nama motor menentukan bahwa T5 (atau T8) dihubungkan ke P2. (Arus belitan awal tidak akan melewati elemen panas saat terhubung ke P2.) Kabel belitan-jalan T3 terhubung ke P2 dan diisolasi. Arus T3 (10 amp) akan melewati elemen panas saat terhubung ke P2. Jika perangkat termal terbuka karena kelebihan beban, T1 dan T5 (atau T8) terputus dari saluran 1. Pada saat yang sama, P2 memutuskan T3 dari saluran 1. T2, T4, dan T5 (atau T8) tetap terhubung ke saluran 2.



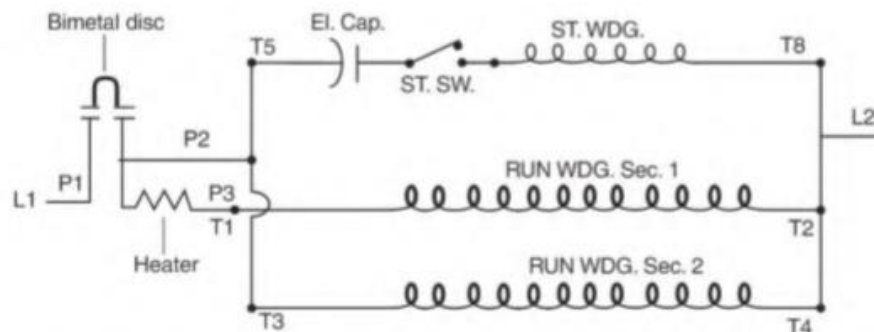
Gambar 4.27 Ketika dihubungkan untuk tegangan tinggi, motor ini menarik 10 ampere. Tegangan yang dibaca dari sambungan T2 dan T3 ke salah satu saluran adalah setengah dari tegangan saluran.



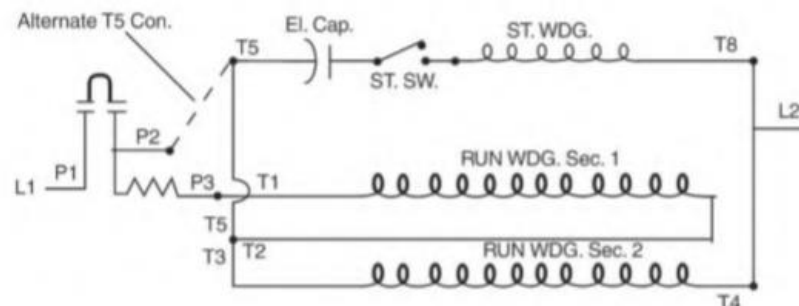
Gambar 4.28 Setiap rangkaian belitan paralel menarik 10 ampere. Penurunan tegangan pada setiap kumparan sama dengan sambungan tegangan tinggi.

Motor Tegangan Ganda, Tegangan Tinggi Terhubung

Gambar 4.30 adalah motor yang sama seperti yang dijelaskan di atas, tetapi terhubung untuk tegangan tinggi. Pada beban penuh, belitan run menarik 10 ampere. Jalur 1 terhubung ke P1. P2 tidak digunakan dan diisolasi, dan T2, T3, dan T5 (atau T8) digabungkan dan diisolasi. T4 dan T5 (atau T8) dihubungkan ke saluran 2. (T5 atau T8 juga dapat dihubungkan ke P2.3 Motor ini dapat dibalik dengan menukar T5 dan T8. Baik motor ini dihubungkan tegangan tinggi atau rendah, masing-masing kutub belitan berjalan harus memiliki 10 amp yang mengalir melaluinya untuk menghasilkan daya penuh.



Gambar 4.29 Motor tegangan ganda—dan perangkat pelindung termalnya—dihubungkan untuk tegangan rendah.

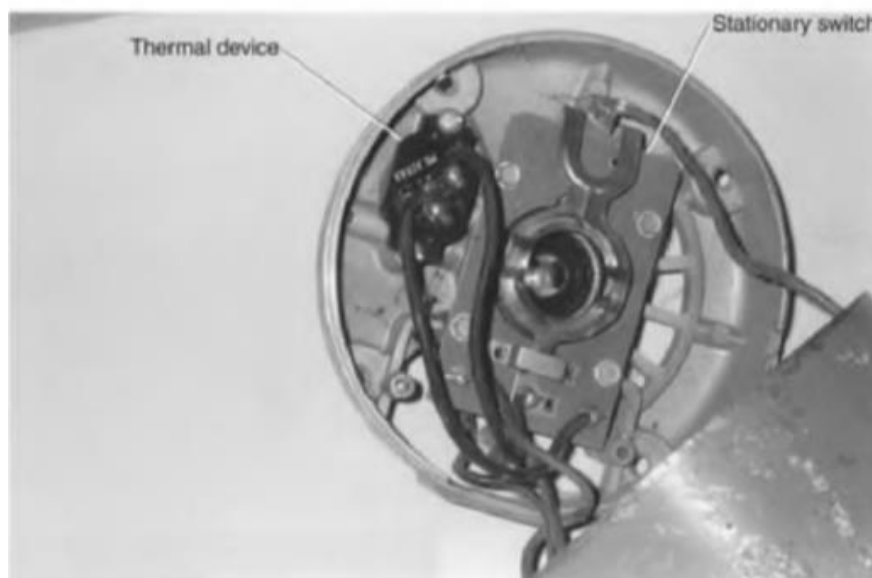


Gambar 4.30 Motor dan perangkat termal yang sama terhubung untuk tegangan tinggi.

Keterbatasan Perangkat Pelindung Termal

Perlindungan yang diberikan oleh perangkat termal dapat dikurangi dengan variasi suhu. Suhu sekitar mempengaruhi waktu perjalanan semua perangkat termal. Jika suhu

sekitar 10 0F, perangkat mungkin tidak segera tersandung untuk melindungi motor. Perangkat pelindung termal dipasang di dalam motor atau di kotak sambungannya. Saat perangkat dipasang di dalam (Gambar 4.31), suhu internal motor difaktorkan ke dalam suhu trip perangkat termal. Temperatur trip didasarkan pada motor yang telah mencapai temperatur kerja penuh. Jika motor terlalu panas, motor bisa mati setiap kali motor mencoba untuk hidup. Siklus akan berlanjut sampai motor terputus cukup lama untuk mendinginkan keduanya. Jika motor sangat dingin, perangkat termal mungkin tidak trip sebelum belitan rusak. Start yang sering dapat menyebabkan tersandung berlebihan dengan perangkat termal yang terpasang di dalam. Temperatur sekitar yang tinggi dapat membuat motor yang bermuatan ringan tersandung saat dihidupkan ulang. Jika perangkat termal dipasang di kotak sambungan, suhu internal motor tidak akan memengaruhinya.



Gambar 4.31 Perangkat termal dipasang di rangka ujung motor. Listrik Maraton.

Sakelar Mulai Berliku Alternatif

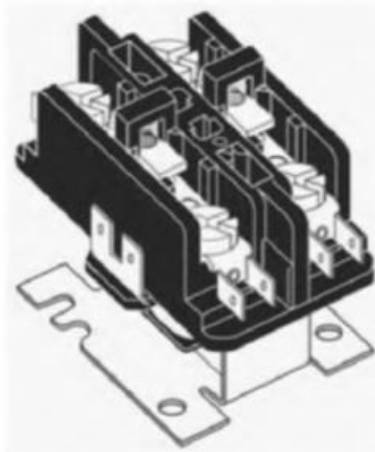
Sakelar stasioner dan rakitan perangkat sentrifugal dapat diganti dengan berbagai jenis kontrol belitan awal, yang meliputi:

- Sakelar mulai relai potensial
- Saklar start elektronik
- Saklar start elektronik time-delaj"
- Sakelar mulai yang diaktifkan panas
- Sakelar mulai relai saat ini
- Sakelar Mulai Relai Potensial

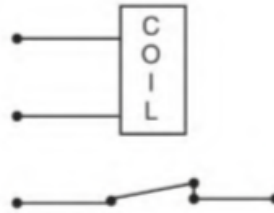
Sakelar start relai potensial ditunjukkan pada Gambar 4.32. Kontak sakelar stasioner asli motor dan perangkat sentrifugal dapat diganti dengan relai potensial. Mereka tersedia untuk aplikasi 115- dan 230-volt. Sakelar yang sama dapat mengontrol motor starter kapasitor dua, empat, dan enam kutub.

Komponen Relai Potensial

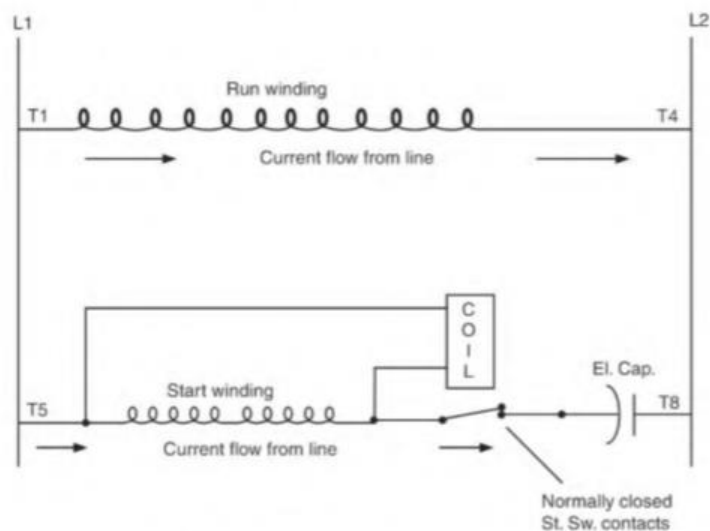
Ilustrasi sakelar start relai potensial pada Gambar 4.33 terdiri dari koil dan satu set kontak pengenal tenaga kuda. Kumparan harus sesuai dengan tegangan yang diberikan ke motor (115 atau 230 volt). Motor tegangan ganda membutuhkan koil yang diberi peringkat untuk aplikasi 115 volt. Kontak relai harus dinilai setinggi atau lebih tinggi dari tenaga kuda motor. Beberapa motor kapasitor-start besar memiliki belitan start dua sirkuit dan menggunakan relai terpisah untuk setiap sirkuit.



Gambar 4.32 Relai potensial yang digunakan untuk kontrol belitan awal. *White-Rodgers*.



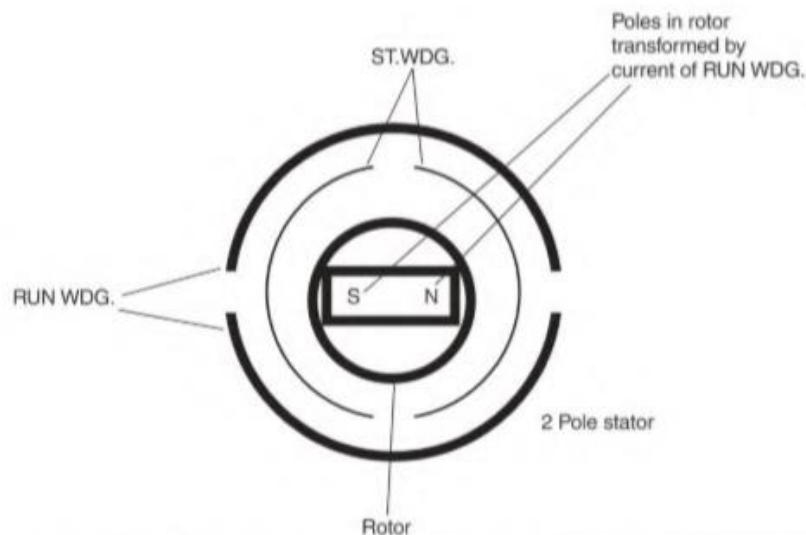
Gambar 4.33 Empat sambungan relai potensial.



Gambar 4.34 Skema motor dan relai potensialnya

Pengoperasian Relai Potensial

Gambar 4.34 adalah skema motor dan relai potensialnya. Faktor daya belitan start rendah saat motor distarter. Saat rotor berakselerasi, sudut tegangan/arus (waktu), atau faktor daya, dari belitan awal meningkat. Ketika faktor daya meningkat, tegangan yang ditransformasikan dari kutub rotor ke belitan awal meningkat. Pada 75 hingga 80 persen kecepatan sinkron, tegangan pada belitan awal cukup tinggi untuk membuat koil relai berfungsi. Belitan awal sekarang terputus dari saluran. Daya terus diubah menjadi belitan awal dari rotor, menjaga kontak tetap terbuka sampai motor dimatikan. (Sebuah tegangan ditransformasikan ke dalam kumparan start-winding dari kutub-kutub rotor.) Gambar 4.35 menunjukkan keselarasan kutub-kutub rotor. Nilai tegangan (pada 75 sampai 80 persen dari kecepatan sinkron) sedikit berbeda dari motor ke motor. Ketegangan pegas (yang menahan kontak tetap tertutup) dapat disesuaikan agar sesuai dengan kebutuhan individu motor. Menaikkan atau menurunkan tegangan pegas dilakukan dengan menekuk tumpuan pegas. Jika kapasitor motor dihubungkan pada kumparan relai/rangkaian start-winding, faktor daya segera dinaikkan, dan kumparan relai berfungsi terlalu cepat (Gambar 4.36). Ketika kontak terbuka, kecepatan rotor sangat lambat sehingga belitan tidak dapat menarik rotor hingga kecepatannya. Jika motor kelebihan beban, atau jika ada gangguan daya pendek, relai potensial menghubungkan kembali belitan awal dan membawa rotor kembali ke kecepatan pemutusan. (Perlindungan kelebihan beban harus memutuskan motor sebelum belitannya rusak karena kelebihan beban.)



Gambar 4.35 Kutub pada besi rotor sejajar dengan belitan awal.

Masalah Beban Peluncuran dengan Potensi Relay

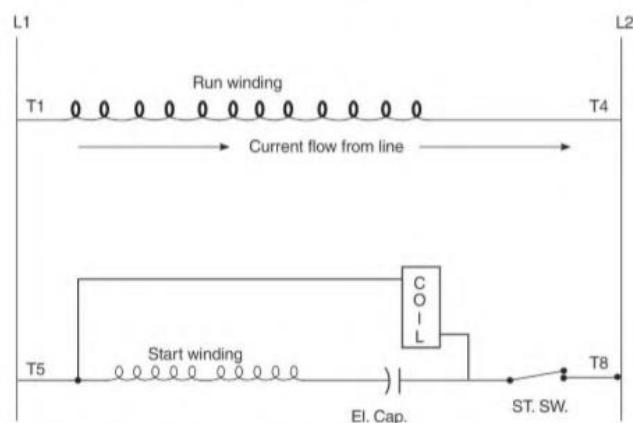
Beban meluncur (atau jenis roda gila) akan menghasilkan daya di sirkuit motor. Saat motor meluncur, rotor magnet, belitan stator, dan kapasitor mengubah motor menjadi generator statis. Daya yang dibangkitkan (di dalam belitan) akan menyebabkan relai potensial membuka dan menutup kontak sakelar beberapa kali sebelum motor berhenti. Ketika motor dimatikan, koil relai memungkinkan kontak start menutup. Dengan kontak tertutup, belitan run menyediakan sirkuit tertutup, yang memungkinkan ampere mengalir. Ampere (mengalir

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

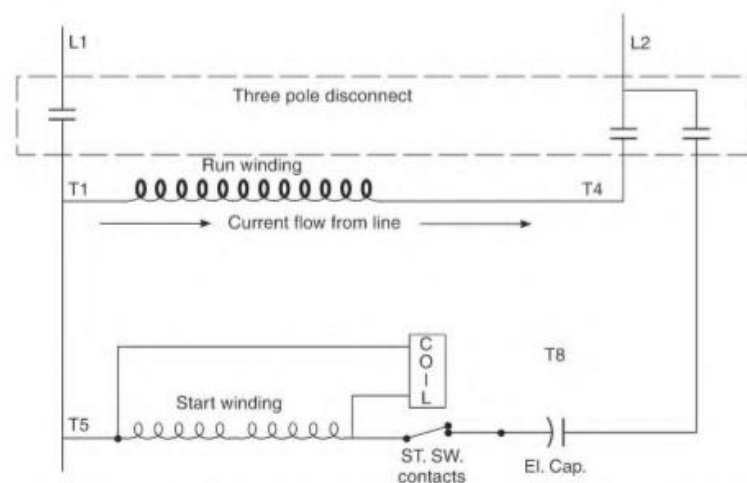
di belitan run) membuat kutub di sangkar rotor yang memagnetkan besi rotor. Aliran arus melalui sangkar rotor mengubah tegangan menjadi belitan awal. Tegangan yang diubah (dibantu oleh pengosongan arus kapasitor) pada belitan awal cukup tinggi untuk membuka kontak lagi. Siklus ini akan terus berlanjut hingga kecepatan tidak lagi menghasilkan tegangan yang cukup untuk membuat koil relai berfungsi. Ada keausan berlebihan pada rakitan kontak relai saat siklus kontak hidup dan mati. Gambar 4.37 menunjukkan koneksi yang akan menghilangkan masalah ini. Ketika belitan awal diisolasi oleh koneksi ini, kapasitor tidak melepaskan ke sirkuit tertutup belitan stator dan tidak ada siklus kontak. Sebuah resistor pembersih 15.000-ohm, 2-watt harus dipasang melintasi kapasitor untuk melepaskannya, saat motor dalam keadaan idle. Resistor saja tidak akan membuat sakelar tidak berputar.

4.5 Saklar Alternatif KUmpan-Start

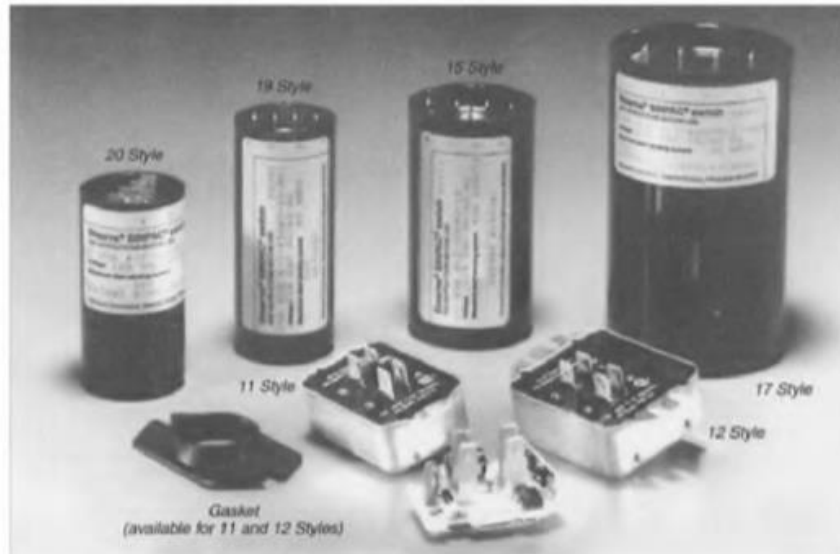
Sakelar start elektronik adalah sakelar pengganti yang sangat populer. Banyak produsen motor menggunakan sakelar ini pada motor fase tunggal mereka. Banyak motor fase tunggal yang dibuang dapat diperbaiki dengan sakelar ini, untuk sebagian kecil dari biaya pengantiannya.



Gambar 4.36 Sambungan ini tidak memungkinkan motor untuk memulai beban



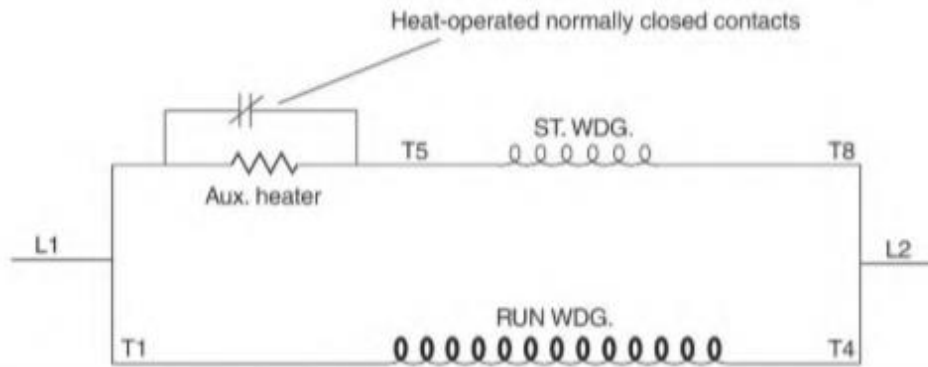
Gambar 4.37 Sambungan sakelar tiga kutub ini akan menghilangkan siklus "buka dan tutup" kontak.



Gambar 4.38 Saklar elektronik. Sinpac.

Sakelar elektronik beroperasi dengan prinsip yang sama dengan relai potensial. Gambar 4.38 menunjukkan beberapa sakelar dan rakitan pemasangannya. Sirkuit sakelar mulai elektronik solid state sepenuhnya dipasang dan disegel, menjadikannya ideal untuk lokasi yang kotor. Karena mereka tidak memiliki bagian yang bergerak, mereka tidak terpengaruh oleh getaran atau penutupan kontak ekstra selama *coastdown* motor. Sakelar ini memiliki sirkuit penginderaan tegangan yang mematikan belitan awal pada tegangan yang telah ditentukan sebelumnya. Jika motor kelebihan beban atau jika ada gangguan daya, sakelar akan menghubungkan kembali belitan awal sekitar 50 persen dari kecepatan sinkron. Sakelar elektronik dibuat untuk motor kapasitor fase-split, kapasitor-start, dan dua-nilai. Sakelar yang sama akan mengontrol motor dua, empat, dan enam kutub. Hanya dua persyaratan adalah bahwa sakelar memiliki peringkat tegangan yang tepat dan peringkat ampere yang cukup besar. Sakelar elektronik akan mengontrol motor ukuran apa pun yang menarik kurang dari nilai ampere sakelar. (Sangat penting bahwa nilai ampere sakelar setinggi atau lebih tinggi dari nilai ampere pelat nama motor.) Nilai tegangan pemutus untuk sakelar 115 volt adalah 130, 147, dan 165 volt. Nilai tegangan pemutus untuk sakelar 230 volt adalah 260 dan 310 volt.

Untuk menemukan tegangan yang diperlukan, jalankan motor tanpa beban pada tegangan pengenalnya. Pisahkan belitan awal dari saluran dan catat tegangan yang melewatinya (T5 dan T8). Pilih sakelar yang memiliki peringkat nilai tegangan yang paling dekat dengan 80 persen dari tegangan yang ditemukan di T5 dan T8. (Pastikan nilai ampere sakelar ini sama dengan atau lebih tinggi dari ampere beban penuh motor.) Jika motor memiliki beban tipe meluncur, (misalnya, gergaji lengan radial), resistor khusus digunakan untuk mencegah tegangan dari penghancuran komponen elektronik selama *coastdown*. Sakelar ini menggantikan kontak sakelar dan perangkat sentrifugal untuk semua motor kapasitor dua fase, kapasitor-start, dan dua nilai.



Gambar 4.39 Skema sakelar belitan start yang dioperasikan dengan panas.

Motor tidak akan hidup jika dihidupkan kembali sebelum strip bimetal mendingin dan menghubungkan kembali kontak belitan awal. Perangkat pelindung termal harus tersandung dan mematikan daya. Perangkat pelindung termal biasanya menyetel ulang sendiri, dan pada saat cukup dingin untuk menghidupkan kembali motor, sakelar mulai yang diaktifkan panas telah disetel ulang.

Saklar Start Elektronik Waktu Tunda

Saklar start elektronik tunda waktu mematikan belitan start pada waktu yang telah ditentukan. Mereka tersedia dalam waktu tunda 1/3 detik, 1/2 detik, dan 1 detik. Jika motor mati atau tidak mencapai kecepatan pada saat kontak terbuka, motor harus dihidupkan ulang untuk menyambungkan kembali belitan awal. (Jika perangkat termal tidak trip, belitan run akan rusak.) Dimungkinkan untuk menyambungkan (mundur saat berjalan) motor dengan sakelar ini. (Sebuah motor dengan perangkat sentrifugal harus cukup lambat untuk menutup kontak sebelum dapat dibalik.) Sakelar yang sama akan mengoperasikan motor kapasitor-start, fase-split, dan motor-start kapasitor dua-nilai dari dua hingga delapan kutub. Peringkat tenaga kuda adalah dari motor terkecil hingga 5 hp. Peringkat tegangan sakelar ini adalah 115 dan 230 volt. Peringkat Ampere adalah 30 ampere ke bawah. Sakelar ini akan menggantikan kontak stasioner motor dan perangkat sentrifugal.

Sakelar Mulai yang Diaktifkan Panas

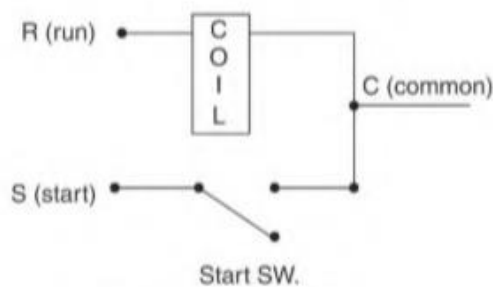
Banyak kompresor pendingin yang disegel memiliki kontrol sakelar start yang diaktifkan panas (Gambar 4.39). Saat motor mulai, arus belitan awal mengalir melalui strip bimetal. Strip bimetal dengan cepat memanaskan, menekuk, dan membuka kontak belitan awal. Elemen panas kecil di sebelah strip bimetal dihubungkan paralel ke kontak dan secara seri dengan belitan awal. Ini melewati kontak saklar awal. Setelah kontak sakelar terbuka, arus kecil melalui belitan awal memanaskan elemen dan membuat strip bimetal tetap panas. Saat motor berjalan, strip bimetal tetap cukup panas untuk menjaga kontak sakelar tetap terbuka.

Sakelar Start Relai Saat Ini

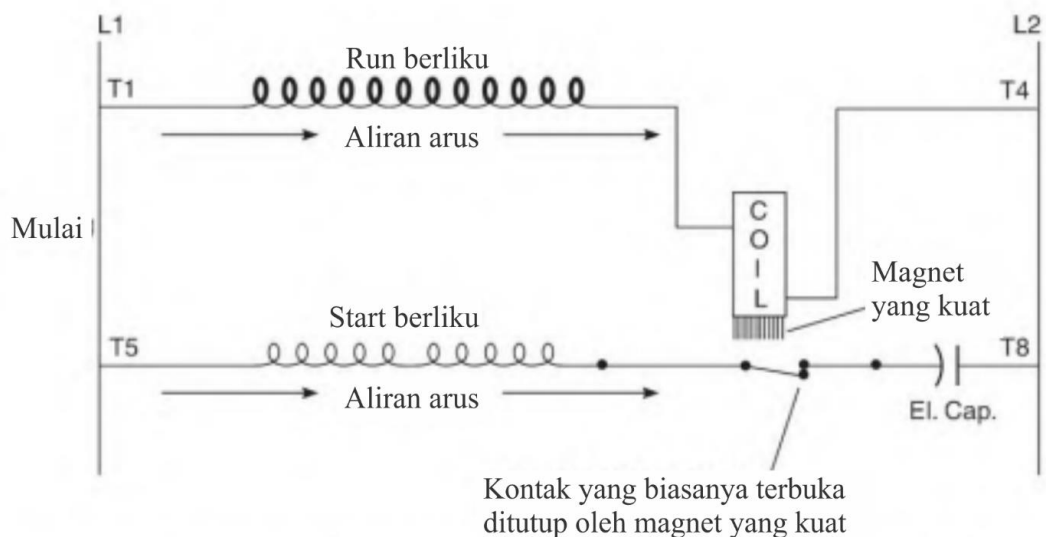
Sakelar start relai arus digunakan pada aplikasi motor satu fasa di mana sakelar stasioner dan perangkat sentrifugal tidak praktis. (Sebuah pompa air sumur dalam submersible adalah contoh yang baik.) Aplikasi ini mengharuskan motor dan pompa ditarik dari dasar sumur untuk diservis jika kontrol belitan awal dipasang di motor. Metode start relai saat ini memungkinkan untuk menemukan kontak sakelar *start* dan kapasitor di tempat yang dapat diakses. (Kapasitor dan kontak sakelar perlu diservis lebih sering daripada bagian motor lainnya.) Keuntungan lain yang dimiliki relai arus adalah bahwa hanya tiga kabel yang diperlukan untuk memberi daya pada motor pompa dan mengontrol belitan awal.

Relay Saat Ini Mulai Sakelar Koneksi

Sakelar relai arus pada Gambar 4.40 dihubungkan ke tiga terminal motor bertanda C (umum), S (mulai), dan R (berjalan). Kawat umum (C) terhubung ke satu sisi belitan start dan satu sisi belitan run. Sisi lain dari belitan run (R) dirangkai seri dengan koil relai dan saluran 2. Belitan start (S) dirangkai seri dengan kontak sakelar, kapasitor, dan saluran 2.



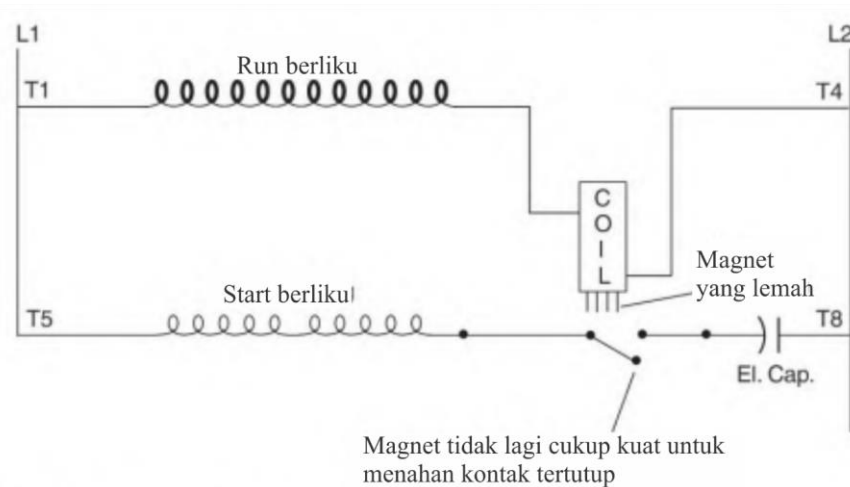
Gambar 4.40 Sakelar start yang dioperasikan saat ini



Gambar 4.41 Skema relai cunent saat motor dihidupkan. Cunent dari gulungan penginapan (melalui koil) menarik kontak tertutup.

Fungsi Saklar Start Relay Saat Ini

Arus *run-winding* terus mengalir melalui kumparan relai arus. Saat motor hidup, arus belitan tinggi menarik kontak start (biasanya terbuka) tertutup (Gambar 4.41). Sirkuit lilitan-start sekarang terhubung ke saluran 2, dan motor mulai. Saat rotor berakselerasi, aliran ampere menjadi lebih rendah di *run-winding* dan koil relai. Pada 75 hingga 80 persen kecepatan sinkron, koil relai tidak dapat lagi menahan kontak agar tetap tertutup. Kontak terbuka dan lilitan awal terputus. Belitan run sekarang akan menarik rotor hingga kecepatan penuh (Gambar 4.42). Nilai ampere koil relai harus sesuai dengan permintaan ampere putaran motor. Motor yang terlalu kecil tidak akan menarik cukup ampere untuk menutup kontak sakelar. Motor yang terlalu besar akan menarik begitu banyak ampere sehingga kontak tidak akan terbuka.



Gambar 4.42 Kontak relai arus pada posisi run.

Sebagian besar kontak sakelar relai saat ini terbuka oleh gravitasi. Untuk alasan ini, relai tidak boleh dipasang miring. Bahkan sedikit kemiringan akan mencegah kontak jatuh terbuka. Relai arus semua sudut memiliki kontak pegas. Relai yang dicap "sisi ini ke atas" tidak semua sudut. Beban tipe berdenyut mungkin akan menyebabkan kontak menutup setiap kali beban memuncak. Ini terlalu panas pada belitan awal dan kapasitor dan menyebabkan kontak sakelar gagal sebelum waktunya

4.6 Test Pemahaman Materi, Pilih B (Betul) dan S (Salah)

1. Belitan awal motor kutub berbayang adalah pita tembaga tunggal. B/S
2. Kecepatan motor kutub berbayang ditentukan oleh beban B/S
3. Motor fase-terpisah memiliki belitan start dan run melintasi saluran saat start B/S
4. Belitan start dan run keduanya dapat diberi energi secara terus menerus B/S
5. Motor fase-terpisah memiliki torsi awal yang lebih kecil daripada motor yang dijalankan kapasitor B/S
6. Kebanyakan motor fase-terpisah diganti—bukan diperbaiki—jika terjadi kegagalan belitan B/S

7. Motor kapasitor-run beroperasi terus menerus dengan belitan start dan run di sirkuit B/S
8. Berapa banyak bagian yang bergerak dalam motor yang dijalankan kapasitor?(halaman 159)?
9. RPM motor yang menjalankan kapasitor multi-kecepatan diatur oleh pemilihan kecepatan, terlepas dari bebannya. B/S
10. Motor yang dijalankan kapasitor biasanya diganti jika terjadi kegagalan belitan B/S
11. Motor kapasitor-start memiliki torsi awal yang tinggi karena
12. kapasitor elektrolit B/S
13. Saklar start biasanya merupakan komponen pertama yang gagal pada motor kapasitor-start B/S Penyebab utama dari titik mati adalah
 - a. kontak yang salah.
 - b. perangkat rotor yang aus.
 - c. mesin cuci dorong yang aus.
 - d. semua yang di atas.
14. Jika mesin cuci dorong menjaga agar rotor tidak sejajar dengan stator (di luar pusat magnet), ampere motor berkurang B/S
15. Lebih ekonomis untuk mengganti mekanisme sakelar start asli dari motor kapasitor-start dengan sakelar start elektronik, karena tidak memiliki bagian yang bergerak untuk disetel B/S
16. Arus DC akan memperlambat rotor sangkar tupai yang meluncur, tetapi tidak menguncinya B/S
17. Pembacaan ohmmeter tinggi terus menerus berarti kapasitor adalah
 - a. membuka.
 - b. korsleting.
 - c. tidak memiliki masalah.
18. Tegangan yang disimpan dalam kapasitor dapat merusak ohmmeter B/S
19. Motor dengan kapasitor terbuka tidak dapat dihidupkan B/S
20. Jika kapasitor elektrolit terbuka atau korsleting, motor tidak akan hidup B/S
21. Overheating akan melemahkan kapasitor elektrolitik B/S
22. Motor kapasitor-start akan diisolasi lebih baik daripada saat baru jika digulung ulang oleh pusat servis motor listrik yang memiliki reputasi baik B/S
23. Belitan start tegangan ganda memiliki tiga sirkuit yang sama B/S
24. Urutan nomor untuk menghubungkan motor fase tunggal tegangan ganda dapat diingat dengan menggunakan frasa "masuk pada s, keluar pada S." B/S
25. Motor satu fasa biasanya memiliki faktor daya yang rendah B/S
26. Faktor daya rendah dapat disalahartikan sebagai belokan B/S
27. Data antara T1 dan T2 sama dengan data antara T5 dan T8 B/S
28. Uji perbandingan adalah cara terbaik untuk memeriksa belitan korsleting pada belitan tegangan ganda B/S
29. Istilah "masuk pada odds dan out pada genap" berlaku untuk putaran start dan run B/S

30. Motor starter kapasitor tegangan ganda tidak akan hidup atau berjalan dengan bukaan di salah satu sirkuitnya B/S
31. Motor yang terendam air harus diganti B/S
32. Apa tujuan dari kapasitor yang diisi oli dalam motor kapasitor start dua nilai B/S
33. Belitan start akan rusak jika kapasitor berisi oli korsleting B/S
34. Jika kapasitor berisi oli dilepas, motor kapasitor-start dua nilai tidak akan hidup B/S
35. Apa tiga aturan untuk koneksi kapasitor elektrolitik?
36. Berapa banyak kapasitor elektrolitik yang dapat dirangkai secara seri?
37. Kapasitor elektrolit yang dirangkai seri selalu digunakan pada tegangan tinggi, dan kapasitor tunggal selalu digunakan pada tegangan rendah B/S
38. Ketika satu kapasitor dibuka dalam sistem multi-kapasitor—dua dirangkai seri dengan dua diparalel—apa dua faktor yang menurunkan daya start motor?
39. Ketika satu kapasitor korsleting dalam sistem multi-kapasitor — dua secara paralel secara seri dengan dua secara paralel — kapasitansi total meningkat B/S
40. Dalam istilah "sudut fasa"—fase yang berarti belitan, sudut yang berarti waktu arus mengalir—pembandingan dibuat antara waktu puncak arus dalam satu belitan (fase) dan waktu (sudut) puncak arus pada belitan lain B/S
41. 42. Ketika derajat sudut fasa dan derajat pemisahan antara dua belitan (fase) cocok, torsi motor berada pada titik tertinggi B/S
42. Nilai tegangan kapasitor berisi oli harus sama dengan tegangan yang diberikan B/S
43. Tegangan yang dihasilkan ketika motor kapasitor dua nilai meluncur dapat menjadi sangat tinggi B/S
44. Motor tegangan ganda selalu memiliki kapasitor untuk tegangan tinggi B/S
45. Kapasitor yang dihubungkan seri selalu memiliki nilai tegangan tinggi. B/S
46. Motor fase tunggal tenaga kuda pecahan dengan bantalan yang aus biasanya diganti daripada diperbaiki B/S
47. Perangkat pelindung termal (yang dapat disetel ulang sendiri) tidak boleh digunakan pada mesin yang dapat menyebabkan cedera B/S
48. Arus lebih yang mengalir melalui P2 menyebabkan perangkat pelindung termal trip B/S
49. P3 selalu terhubung ke sirkuit belitan (yang akan menarik arus tinggi) saat motor kelebihan beban B/S
50. Perangkat pelindung termal akan hancur jika P3 terhubung ke saluran 1, ketika P1 terhubung ke saluran 2 B/S
51. P2 selalu terhubung ke belitan yang harus melewati elemen panas B/S
52. Ketika motor tegangan ganda dihubungkan dengan tegangan rendah, hanya setengah dari lilitan run yang terhubung ke P3 B/S
53. Motor tegangan ganda yang terisi penuh akan memiliki jumlah ampere yang sama melalui kumparan run-windingnya pada tegangan rendah seperti pada tegangan tinggi B/S
54. Suhu lingkungan yang tinggi dapat menyebabkan perangkat pelindung termal (halaman 185)

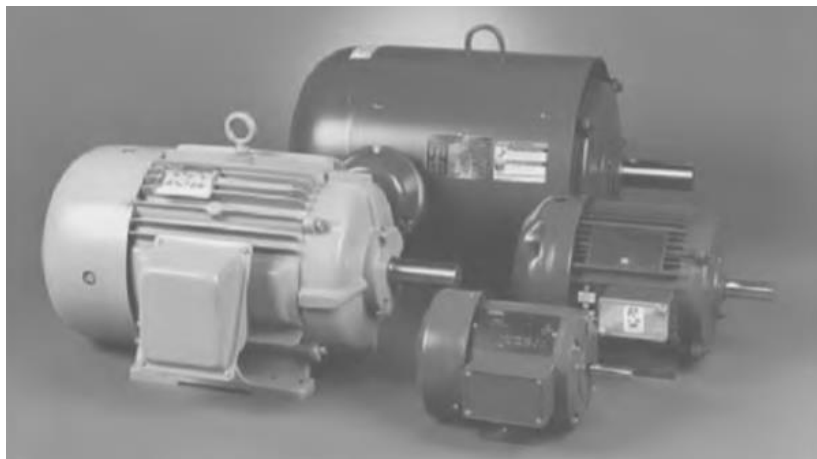
- a. tidak perjalanan.
 - b. perjalanan yang tidak perlu.
 - c. semua yang di atas.
55. Sakelar start relai potensial dapat menggantikan sakelar stasioner motor dan perangkat rotor, terlepas dari kecepatannya B/S
 56. Tegangan melintasi belitan run mengontrol fungsi relai potensial B/S
 57. Peringkat tenaga kuda motor menentukan ukuran kontak relai potensial B/S
 58. Tegangan melintasi belitan awal akan meningkat ke nilai di atas tegangan saluran ketika rotor mencapai 75 sampai 80 persen dari kecepatan sinkron B/S
 59. Beban luncur menyebabkan keausan berlebihan pada komponen relai potensial B/S
 60. Sebuah resistor pemeras akan menjaga relai potensial dari siklus B/S
 61. Saklar elektronik—yang beroperasi sama dengan relai potensial—memiliki batasan tegangan/tenaga kuda yang sama B/S
 62. Beban meluncur tidak akan mempengaruhi sakelar elektronik B/S
 63. Sakelar elektronik tunda waktu beroperasi terlepas dari kecepatan motor B/S
 64. Sakelar start yang diaktifkan panas kompatibel dengan kompresor pendingin, karena kompresor akan mati cukup lama hingga sakelar disetel ulang B/S
 65. Perangkat pelindung termal sangat penting ketika sakelar pengaktif panas digunakan B/S
 66. Relai arus tergantung pada ampere belitan run agar berfungsi B/S
 67. Relai arus tidak dapat menutup kontak jika motor kelebihan beban
 68. Nilai ampere relai saat ini harus sesuai dengan motor B/S

BAB 5

MOTOR INDUKSI TIGA FASA

Industri menggunakan lebih banyak motor induksi tiga fasa daripada jenis motor lainnya karena memerlukan perawatan yang lebih sedikit. Rotor sangkar tupai adalah satu-satunya bagian motor yang bergerak (tidak termasuk bantalan bola). Motor ini secara fisik lebih kecil (per tenaga kuda) daripada motor fase tunggal atau DC (Gambar 5.1). Ukuran berkisar dari pecahan hingga ribuan tenaga kuda (Gambar 5.2). Daya tiga fasa dibagi di antara tiga saluran. Ini mengurangi ukuran kabel jalur suplai. Motor induksi tiga fasa tidak memiliki switching atau pergantian sirkuit. Hal ini memungkinkan untuk menggunakan tegangan yang sangat tinggi. Tegangan tinggi memungkinkan motor dirancang dalam ukuran besar (saat volt naik, ampere turun- watt dan tenaga kuda tetap sama). Kecepatan motor induksi tiga fasa diatur oleh jumlah kutub pada stator dan hertz sumber daya (seperti motor induksi satu fasa)

5.1 Komponen Motor Tiga Fasa



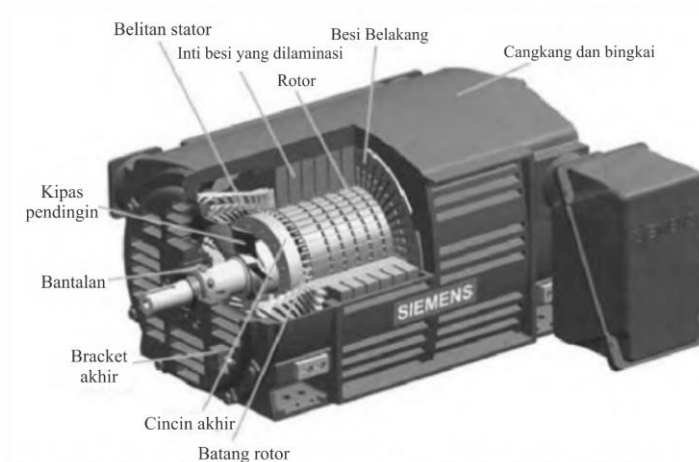
Gambar 5.1 Motor induksi tiga fasa kecil. Lincoln Motor Listrik.



Gambar 5.2 Sebuah motor sinkron tiga fasa besar. Bradley Listrik.

Gambar 5.3 menunjukkan semua komponen motor tiga fasa:

- Rotor dan kipas
- Inti stator
- Cangkang dan rangka
- Tanda kurung akhir
- Bantalan



Gambar 5.3 Motor induksi tiga fasa dengan semua komponennya ditunjukkan. Siemens.

Rotor dan Kipas Angin

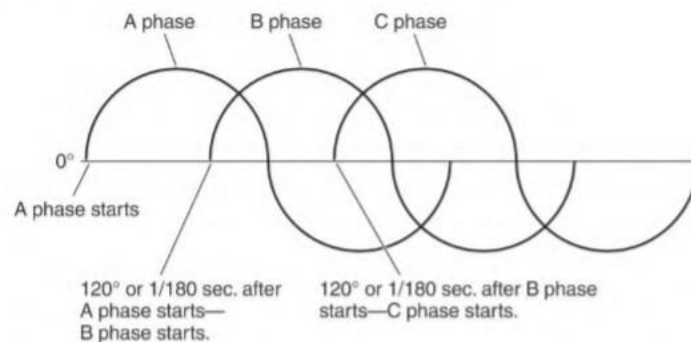
Rotor sangkar tupai pada Gambar 5.3 dipotong terbuka untuk menunjukkan beberapa batang rotornya. Ukuran, bentuk, dan efek bilah rotor dibahas secara mendalam nanti dalam bab ini, dimulai dengan "Desain Ampere dan Batang Rotor". Rotor memiliki kipas pendingin yang terpasang padanya. Kipas dapat ditempatkan secara internal, eksternal, atau keduanya. Udara yang bergerak di atas belitan dan besi inti menghilangkan sebagian besar panas dari

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

motor. (Sisanya lolos melalui cangkang motor.) Kebanyakan rotor aluminium cor memiliki bilah kipas yang dilemparkan ke cincin ujungnya. Ventilasi adalah sama untuk kedua arah rotasi. Lokasi motor tidak boleh membatasi pergerakan udara masuk atau keluar.

Inti Stator

Inti stator terbuat dari lembaran baja tipis yang disebut laminasi. Inti yang dilaminasi diperlukan untuk mengurangi arus eddy (penyebab panas). Ketebalan laminasi diatur oleh frekuensi yang dirancang untuk motor. (Frekuensi yang lebih tinggi mengembangkan arus eddy yang lebih besar dan membutuhkan laminasi yang lebih tipis.)



Gambar 5.4 Gelombang sinus tegangan tiga fasa. Bentuk gelombang sinus memudahkan untuk membandingkan dengan kutub stator.

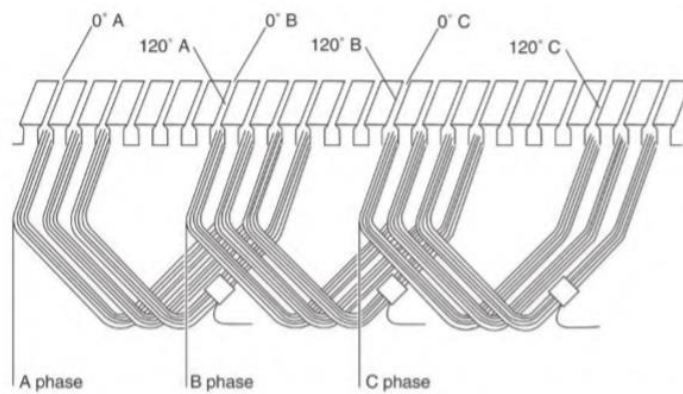


Gambar 5.5 Stator dari alternator tiga fasa memiliki belitan yang identik dengan motor tiga fasa. Layanan Smith.

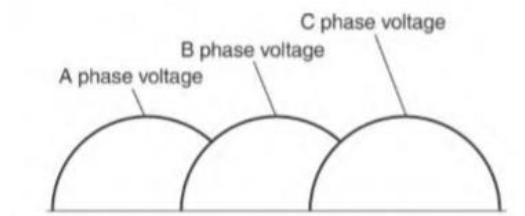
5.2 Cara Kerja Motor Tiga Fasa

Medan Magnet Berputar dalam Motor Tiga Fasa

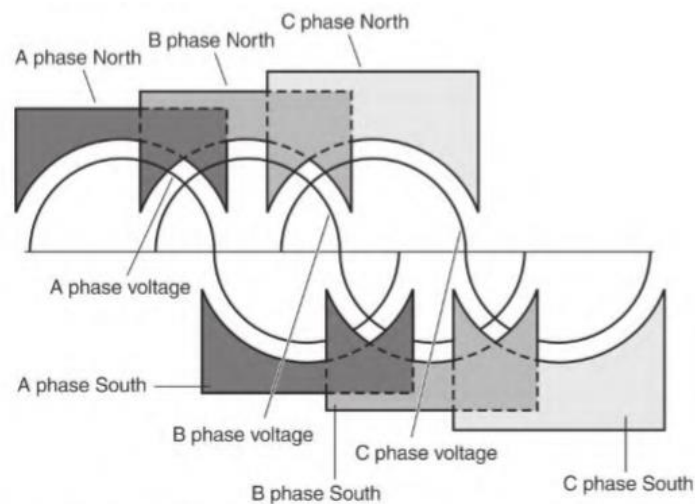
Motor tiga fasa memiliki tiga belitan satu fasa. Mereka diposisikan terpisah 120°, identik dengan alternator tiga fase yang dijelaskan sebelumnya. Berikut ini adalah versi sederhana dari medan magnet berputar tiga fase.



Gambar 5.6 Satu kutub dari masing-masing tiga fase. (Kutub dipisahkan 120 derajat listrik satu sama lain.)



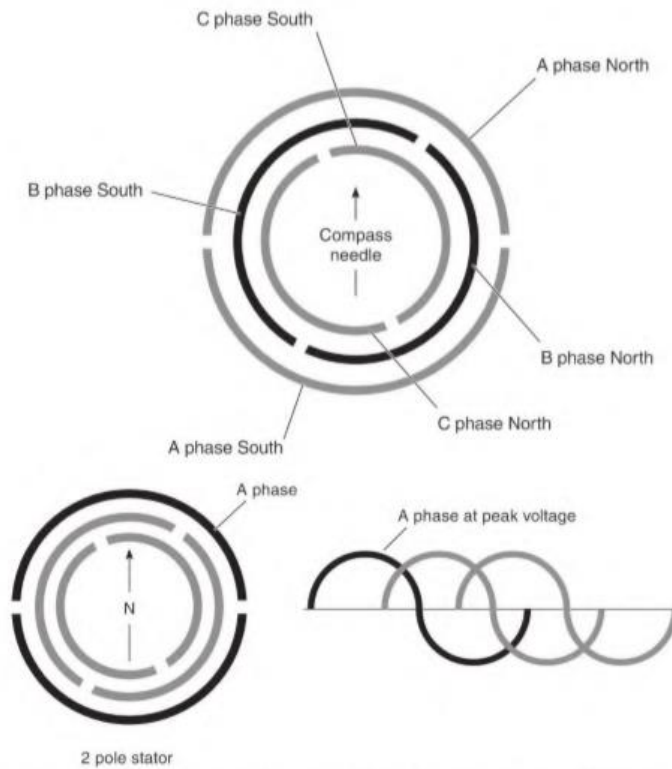
Gambar 5.7 Tegangan gelombang sinus yang dibuat oleh ketiga kutub (jika magnet dilewatkan di atasnya).



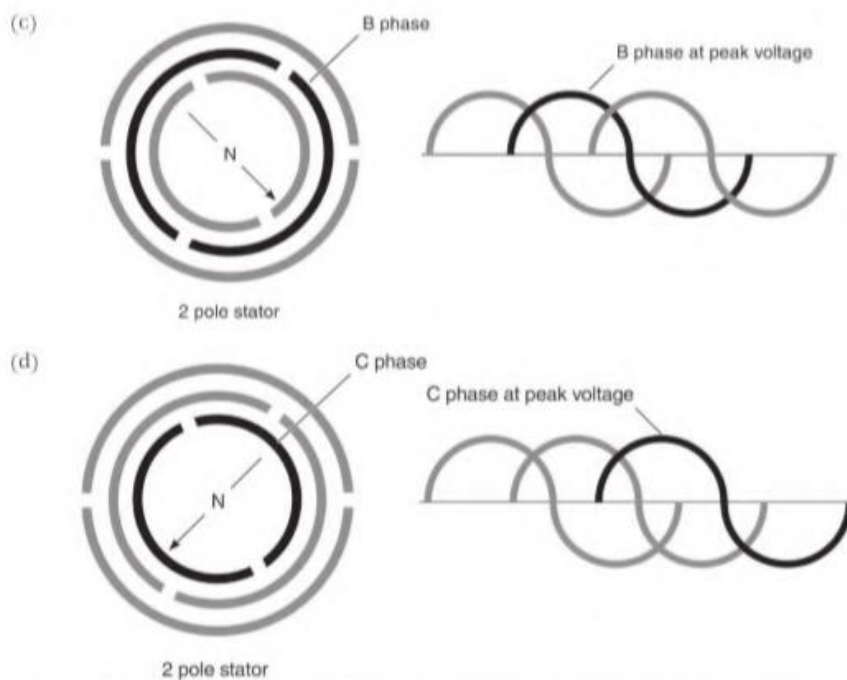
Gambar 5.8 Gulungan stator dua kutub dihubungkan agar sesuai dengan gelombang sinus.

Gambar 5.9a adalah stator dua kutub dengan jarum kompas di tengahnya. Ketika DC diterapkan ke fase A, jarum kompas akan sejajar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.9b. Menerapkan DC ke fase B menggerakkan jarum kompas 120°, menyelaraskannya dengan fase B (Gambar 5.9c). Dan DC yang diterapkan pada fase C menggerakkan jarum kompas lagi 120°, menyelaraskannya dengan fase C (Gambar 5.9d). Menerapkan DC seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 5.9 menciptakan medan magnet yang berputar (seperti daya tiga fase). Rotasi dihasilkan ketika tiga tegangan (berjarak 120° dalam waktu) diterapkan pada belitan tiga fase

(berjarak 120° dari satu sama lain). Fase alternatif akan mencapai magnetisme puncak pada interval $1/280$ detik, menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis gaya magnet yang bergerak memotong jeruji belitan sangkar tupai rotor, menciptakan kutub pada besi rotor.



Gambar 5.9 (a) Stator dua kutub menunjukkan kutub utara dan kutub selatan untuk masing-masing fase, (h) Ketika DC diterapkan ke fase A, kompas sejajar seperti yang ditunjukkan.



Gambar 5.9 (c) Jarum kompas bergerak 120 derajat ketika DC diterapkan pada fase B, (d) Ketika DC diterapkan pada fase C, jarum kompas bergerak 120 derajat lagi.

Kondisi Fase Tunggal

Motor tiga fase tidak akan memulai dengan salah satu salurannya terbuka. Ketika satu saluran terbuka, satu fase diterapkan ke dua dari tiga belitan motor dan satu belitan tidak aktif. Dua dari tiga belitan fase tunggal (dengan jarak 120° terpisah) diberi energi. Arus pada kedua belitan itu serempak. Magnetisme kedua belitan memuncak pada saat yang sama, seolah-olah keduanya adalah satu belitan. Tidak ada medan magnet yang berputar. Karena magnet kutub rotor tidak memiliki magnet kutub stator untuk bereaksi, maka tidak ada torsi. Arus yang berdenyut dan tinggi akan mengalir di rotor dan belitan stator. Jika poros diputar cukup cepat, motor akan berjalan sebagai motor satu fasa. Daya motor, bagaimanapun, turun menjadi sedikit lebih dari setengah nilai papan namanya. Jika motor dengan beban penuh berjalan saat fase tunggal terjadi, bagian belitan yang diberi energi menjadi terlalu panas dan hangus. Hal ini dijelaskan dan diilustrasikan dalam Bab 6, Gambar 6.35.

5.3 Desain Ampere dan Batang Rotor

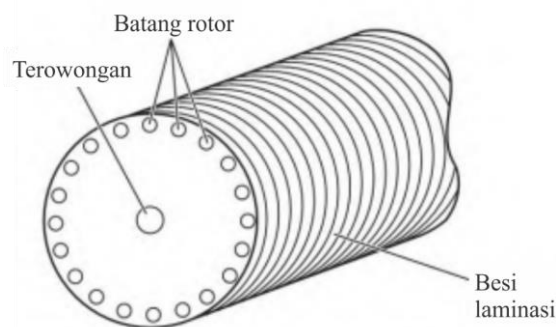
Ampere dan torsi motor dipengaruhi oleh berbagai desain batang rotor. Jenis logam yang digunakan, bentuk batang, dan ukuran semuanya memengaruhi ampere dan torsi motor (dari nol hingga kecepatan penuh). Aluminium cor adalah logam yang paling umum digunakan pada rotor sangkar tupai. Aluminium membuatnya lebih mudah dan lebih murah untuk memproduksi rotor secara massal. Namun, karena suhu leleh aluminium yang rendah, batang rotor dan cincin ujung harus terlalu besar untuk membawa arus awal yang tinggi. (Ini mengurangi jumlah besi yang diperlukan untuk garis gaya magnet.) Ukuran keseluruhan rotor harus lebih besar bila aluminium digunakan sebagai pengganti tembaga atau kuningan. Batang rotor yang terbuat dari tembaga (dan/atau paduan lainnya) menghantarkan aliran ampere tinggi (yang akan melelehkan aluminium). Contohnya adalah batang rotor tembaga kecil yang digunakan pada motor slip tinggi. Ukurannya yang kecil memberikan resistansi yang tinggi, yang membatasi ampere pada belitan rotor.

Aliran ampere di semua belitan motor sangat tinggi saat motor distarter. Permintaan arus motor (saat itu dimulai) sama dengan arus rotor yang terkunci. Gulungan sangkar tupai (dengan rotor terkunci) mirip dengan sekunder korsleting pada transformator. (Jika kedua ujung setiap lilitan pada sekunder transformator dilas ke dua batang tembaga yang terpisah, aliran ampere yang dihasilkan akan menyerupai rotor sangkar tupai yang terkunci.) Ketika rotor terkunci, ukuran batang dan hambatan batang tersebut logam adalah semua yang mengontrol aliran arus dalam belitannya. (Batang rotor besar memiliki area yang lebih besar untuk aliran arus daripada batang rotor kecil.) Permintaan ampere bisa berkali-kali lipat dari nilai pelat nama motor. Saat motor berada pada 0 RPM (rotor terkunci), slipnya 100 persen. (Persen slip adalah kecepatan sinkron dikurangi kecepatan rotor dibagi dengan kecepatan sinkron dikalikan 100.) Pada saat ini, medan magnet yang berputar memotong batang belitan sangkar tupai pada hertz maksimum. Ketika kecepatan rotor meningkat, slip berkurang, dan hertz rotor berkurang. Hertz suplai daya dikalikan persen slip sama dengan hertz rotor. Rotor hertz berkisar antara 0,3 hingga 1,5 Hz pada kecepatan beban penuh (tergantung pada desain batang rotor). Ketika hertz rotor serendah ini, lebih sedikit garis gaya yang memotong batang

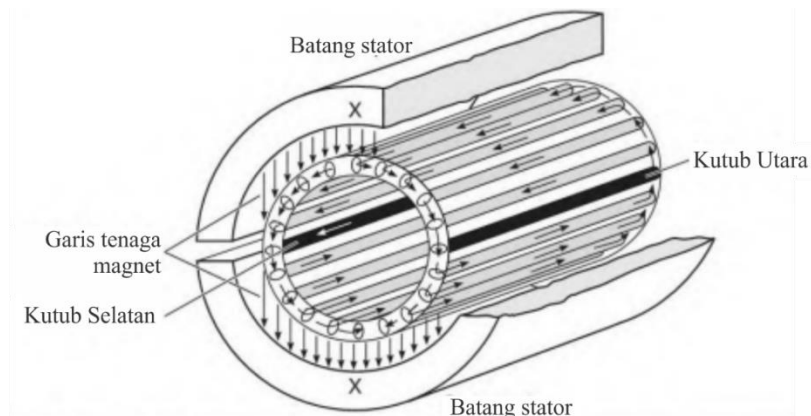
rotor, sehingga lebih sedikit daya yang ditransformasikan ke dalamnya. Karena daya rotor berasal dari stator, ampere stator turun ke normal (pada kecepatan pengenal).

Sudut Fase

Fasa (dalam istilah sudut fasa) berarti belitan. (Sangkar tupai adalah belitan rotor.) Sudut berarti waktu. Sudut, dalam hal ini, adalah referensi ke waktu arus mengalir di dua belitan masing-masing dan menciptakan magnet. Sudut fasa adalah perbedaan (dalam waktu) antara saat satu belitan dan belitan lainnya mencapai daya magnet puncak. Sudut fasa memiliki bantalan pada torsi motor. Motor dengan sudut fasa yang baik (saat memulai) memiliki torsi awal yang tinggi, tetapi belum tentu membutuhkan ampere yang tinggi. Ampere tinggi tidak selalu berarti torsi awal yang tinggi. Ketika motor induksi sangkar tupai diberi energi, ada seketika kondisi rotor terkunci. Pada saat ini, garis gaya magnet dari medan magnet yang berputar menembus besi rotor hanya sekitar 3/8 inci. Tegangan diubah menjadi batang rotor kecil yang terletak di dalam 3/8 inci ini (Gambar 5.10). Aliran ampere di kutub-kutub rotor (transformed ampere) dan aliran ampere di kutub-kutub stator (line ampere) akan mencapai puncak nilainya pada waktu yang hampir bersamaan. Ketika ini terjadi, motor memiliki sudut fasa yang baik (mendekati 90°) antara belitan stator dan rotor.



Gambar 5.10 Batang rotor kecil, yang terletak dekat dengan permukaan rotor, akan memiliki aliran ampere yang hampir sama (dalam waktu) dengan ampere stator.



Gambar 5.11 Kutub terbentuk pada besi rotor saat arus mengalir di batang rotor.

Kutub terbentuk di besi rotor karena aliran ampere di batang rotor. Ketika magnet puncak di kutub rotor dan kutub stator terjadi pada waktu yang hampir bersamaan, hasilnya

adalah torsi awal yang sangat tinggi (Gambar 5.11). Aliran ampere dibatasi oleh ukuran batang rotor yang kecil. Tenaga yang diubah menjadi batang rotor berasal dari belitan stator. (Aliran ampere di stator biasanya tinggi saat memulai.)

Batang Rotor Besar

Dengan batang rotor kecil, daya yang diubah menjadi batang rotor besar berasal dari medan magnet berputar kutub stator. (Batang besar dapat membawa arus lebih tinggi daripada batang kecil.) Aliran arus membentuk kutub di besi rotor. Batang rotor besar (karena bentuknya) dikelilingi oleh banyak besi. Magnetisasi besi di sekitarnya menyebabkan penundaan aliran arus di jeruji (induktansi). Keterlambatan aliran arus ini (di batang rotor) menyebabkan magnetisme puncak terjadi kemudian di kutub rotor daripada di kutub stator. Daya magnet kutub stator akan mencapai puncaknya (dan meluruh ke nilai yang lebih rendah) ketika medan magnet rotor mencapai daya puncaknya. Hasilnya adalah sudut fase yang buruk. Interaksi magnetik penghasil torsi dari dua belitan paling tinggi ketika kedua belitan mencapai magnet puncak pada waktu yang hampir bersamaan. Torsi awal yang rendah adalah hasil dari magnetisme puncak di luar langkah, bukan jumlah ampere dalam belitan sangkar tupai.

Kode Huruf

Huruf kode (terdapat pada pelat nama motor) menentukan arus masuk motor fase tunggal atau tiga fase. Gunakan huruf kode dan rumus berikut untuk memilih perlindungan kelebihan beban yang tepat:

Nilai huruf kode x hp x 1000 -r tegangan untuk fase tunggal

Kode nilai huruf x hp x 577 tegangan untuk tiga fasa ($1000 \times 1,73 = 577$)

Untuk 40 tenaga kuda, 440 volt, tiga fase, kode F (5.3 adalah midrange),

$5,3 \times 40 \times 577 - f 440 = 278$ arus masuk ampere

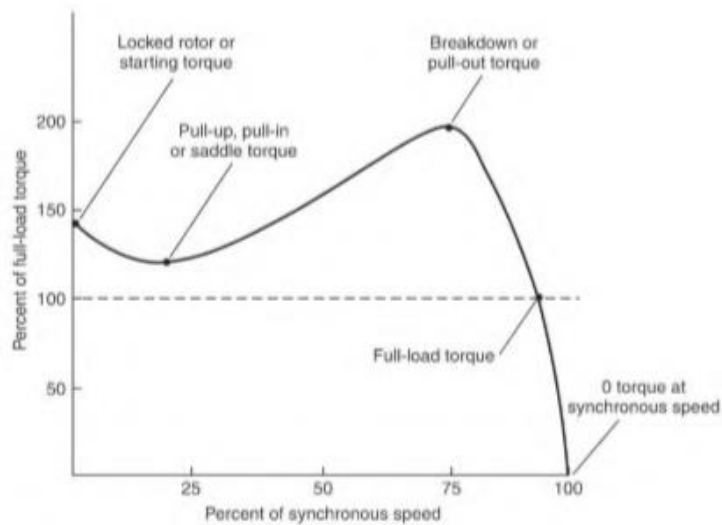
Pengontrol motor tiga fase diberi peringkat tenaga kuda. Ukuran perlindungan kelebihan beban dipilih agar sesuai dengan masing-masing motor.

Torsi dan Kecepatan

Torsi adalah gaya puntir, diukur dalam kaki-pon, inci-pon, dan inci-ons. Rumus menggabungkan torsi dan kecepatan (RPM) untuk menemukan tenaga kuda:

torsi x RPM h- 5250 = hp

Istilah torsi dan RPM dijelaskan pada Gambar 5.12. Memahami istilah-istilah ini sangat penting ketika memasang motor ke beban.



Gambar 5.12 Istilah torsi dari 0 RPM ke kecepatan sinkron.

Torsi awal (torsi rotor terkunci) adalah jumlah torsi yang tersedia untuk melepaskan beban dari posisi diam. (Torsi pemutusan adalah nama lain yang digunakan untuk nilai torsi ini.) Torsi awal adalah nilai yang sangat penting saat memasang motor ke beban. Misalnya, kompresor udara (mulai melawan kompresi) membutuhkan torsi awal yang sangat tinggi. Torsi sadel adalah penurunan output torsi motor yang terjadi antara RPM start dan *pull-out* (atau *breakdown*). Jika torsi motor (sadel) turun di bawah permintaan torsi beban, motor akan berhenti berakselerasi. Gulungan motor akan terlalu panas dan gagal (kecuali proteksi kelebihan beban trip). Torsi sadel merupakan masalah yang ditemukan pada motor dua kutub yang memiliki lubang berdiameter besar. Sambungan khusus yang disebut sambungan interspersed digunakan untuk meminimalkan torsi sadel. Masalah terjadi ketika motor telah digulung ulang dan sambungan tidak digunakan.

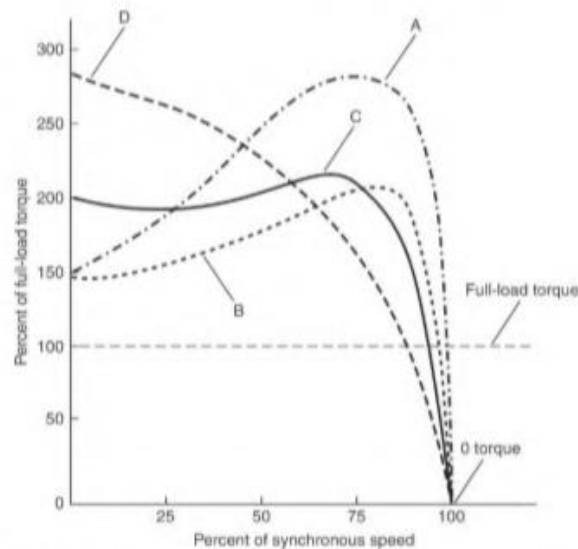
Breakdown (atau *pull-out*) torsi adalah torsi maksimum yang dapat dikembangkan motor, dan dapat terjadi pada RPM berapa pun antara mulai dan beban penuh. Jika torsi kerusakan terjadi dekat dengan RPM papan nama, hanya beberapa RPM kurang dari RPM papan nama akan menyebabkan motor menjadi terlalu panas. Pengurangan kecil pada RPM, yang disebabkan oleh kelebihan beban, menghasilkan peningkatan besar pada output tenaga kuda (Gambar 5.13 desain A). Peningkatan output tenaga kuda disertai dengan peningkatan ampere (dan panas) yang lebih besar lagi. Torsi beban penuh adalah torsi maksimum yang dapat dimiliki motor secara terus menerus (tanpa panas berlebih). Torsi ini terjadi pada RPM papan nama. Nilai torsi sebelumnya bervariasi dengan desain batang rotor. Huruf desain motor—terdapat pada pelat nama motor—mengidentifikasi karakteristik torsi motor.

Desain Huruf

Huruf desain motor tiga fase (terdapat pada pelat nama) merupakan faktor yang sangat penting dalam memilih motor. Gambar 5.13 menunjukkan karakteristik torsi dan kecepatan setiap huruf.

Desain A

Desain Motor memiliki batang rotor yang besar, sehingga membutuhkan arus start yang tinggi. Namun, meskipun memiliki arus awal yang tinggi, ia hanya memiliki torsi awal yang moderat. Oleh karena itu, perlindungan motor harus disesuaikan.



Gambar 5.13 Sebuah huruf desain diberikan pada sebuah rotor. Bentuk, ukuran, dan lokasi batang rotor mempengaruhi huruf desain.

Motor ini memiliki torsi yang sangat tinggi di dekat RPM pengenalnya. Batang rotornya yang besar menjaga kecepatan beban penuh rotor mendekati kecepatan sinkron. (Hal ini dapat dibandingkan dengan kincir air di aliran air; dengan dayung besar roda sangat sedikit tergelincir dan berputar mendekati kecepatan air.) Desain Sebuah motor akan mempertahankan bebannya pada kecepatan yang hampir konstan. Desain Sebuah motor akan menjadi terlalu panas meskipun kelebihan beban hanya beberapa RPM (di bawah rating papan nama). Torsi yang lebih tinggi (pada kecepatan yang lebih rendah) menghasilkan peningkatan besar dalam output tenaga kuda dan permintaan ampere. Beberapa efisiensi hilang dengan slip rotor. Kurva torsi desain A mirip dengan motor efisiensi tinggi.

Desain B

Desain B adalah motor industri standar. Ini memiliki torsi awal rata-rata dan arus awal sedang. Motor ini memiliki RPM beban penuh yang lebih rendah daripada desain A atau motor efisiensi tinggi. Kebanyakan desain rotor B menggunakan aluminium cor murah.

Desain C

Motor desain C memiliki torsi awal yang lebih tinggi dan slip yang sedikit lebih besar daripada motor desain B. Batang rotornya adalah dua ukuran, dihubungkan bersama. Sebuah batang kecil di dekat permukaan rotor dihubungkan dengan batang yang lebih besar di dalam besi (Gambar 5.14). Bagian kecil dari batang memberikan rotor torsi awal yang tinggi. Bagian yang lebih dalam akan mengurangi slip. Arus awal sedang, dibatasi oleh ukuran batang kecil.

Batang biasanya terbuat dari tembaga atau kuningan (membuat motor lebih mahal). Mereka lebih cenderung retak karena bentuk dan jenis logam yang digunakan.



Gambar 5.14 Batang rotor yang digunakan dalam desain rotor C memiliki dua bentuk yang dihubungkan.

Desain D

Desain D adalah untuk beban yang membutuhkan torsi awal yang sangat tinggi tetapi tidak torsi tinggi yang mendekati kecepatan pengenal. Desain ini cocok untuk beban flywheel yang berat atau untuk beban centrifuge. Motor ini dapat memberi daya pada beban roda berat yang berat hingga RPM papan nama tanpa menimbulkan panas yang berlebihan. (Batang rotornya yang kecil membatasi arus start.)

Geser logam adalah contoh beban yang menyimpan energi dalam berat roda gilyanya yang bergerak. Geser memperlambat RPM motornya di bawah nilai pelat nama setiap kali memotong logam. Karena batang rotor kecil, torsi dan ampere (belitan stator) tidak terlalu tinggi saat kecepatan motor diturunkan. Motor desain D dapat menangani ayunan RPM yang lebar tanpa menimbulkan panas berlebih pada belitan statornya.

Ringkasan Desain Huruf

Industri menghadirkan berbagai tuntutan kecepatan dan torsi untuk motor induksi tiga fase. Motor empat kutub adalah yang paling umum, diikuti oleh motor dua kutub, kemudian motor enam kutub. Ada banyak tuntutan torsi yang berbeda, dari nol hingga kecepatan beban penuh. Beberapa beban memerlukan torsi awal (*breakaway*) yang sangat tinggi. Beban lain membutuhkan torsi awal yang kecil, tetapi menuntut torsi yang lebih tinggi seiring dengan peningkatan kecepatan. Huruf desain membantu dalam memilih motor yang tepat. Desain A dan motor efisiensi tinggi menghasilkan torsi tinggi hanya beberapa RPM lebih lambat dari RPM pengenalnya. Karena karakteristik ini, mereka menjadi pilihan untuk beban yang membutuhkan kecepatan yang cukup konstan. Pompa penggerak cairan dan peralatan penggerak udara memiliki karakteristik pemuatan yang serupa. Jika RPM dinaikkan sedikit di atas peringkat, permintaan tenaga kuda meningkat ke pangkat tiga dari perubahan RPM. (RPM motor pengganti harus sama dengan yang asli untuk jenis beban ini.) Kebanyakan motor induksi tiga fasa beroperasi sangat dekat dengan RPM papan nama ketika beban pengenal diterapkan. Beban kurang dari nilai memungkinkan poros berputar pada RPM sedikit lebih tinggi daripada nilai pelat namanya (selip dapat bervariasi dari 0,3 hingga 5 persen). Motor induksi tiga fase standar di bawah 10 tenaga kuda memiliki slip lebih besar daripada di atas 10 tenaga kuda. Slip untuk motor standar di atas 50 tenaga kuda adalah 1 persen atau kurang.

5.4 Memperkenalkan Jenis Motor Tiga Fasa

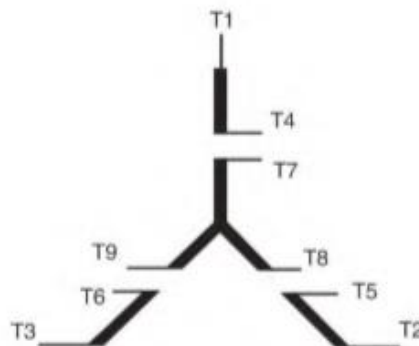
Motor induksi tiga fasa sembilan sadapan adalah motor paling populer untuk keperluan industri. Ini berkisar dari pecahan hingga ratusan tenaga kuda. Motor induksi 12 sadapan sangat mirip dengan motor sembilan sadapan. Motor induksi lain yang tercakup adalah *multispeed*, *multimode*, dan motor rotor belitan. Motor sinkron dan motor DC *brushless* juga tercakup.

Motor Induksi Sembilan-Timbal

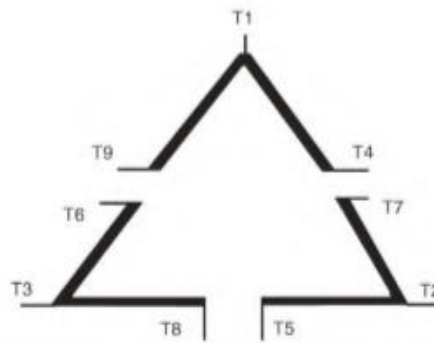
Motor induksi tiga fasa sembilan sadapan dapat digunakan pada dua tegangan. Ini akan terhubung sebagai wye atau delta. Gambar 5.15 adalah skema koneksi sembilan sadapan wye. Sambungan delta pada Gambar 5.16 juga dirancang untuk kedua tegangan. Ohmmeter dapat digunakan untuk menentukan apakah motor memiliki sambungan wye atau delta (jika tidak ada pelat nama sambungan). Seperti yang ditunjukkan oleh skema, sambungan wye sembilan sadapan memiliki tiga rangkaian dengan dua sadapan dan satu rangkaian dengan tiga sadapan. Koneksi delta memiliki tiga sirkuit dengan masing-masing tiga lead.

Setiap fase (di semua motor tiga fasa tegangan ganda sembilan sadapan) dibagi menjadi dua sirkuit yang sama. Terlepas dari jumlah kutub, setengahnya ada di setiap sirkuit. Motor sembilan-lead memiliki perbedaan 2-ke-1 dalam peringkat tegangannya. Setiap kutub memiliki tegangan yang sama di atasnya, apakah motor terhubung tegangan tinggi atau rendah.

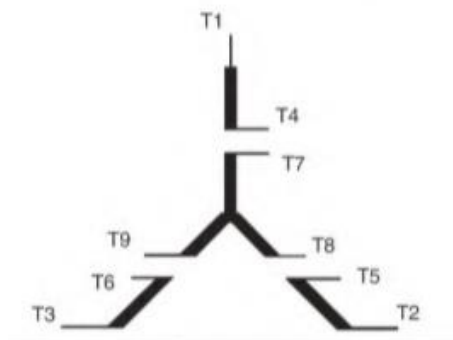
Papan tombol telepon (Gambar 5.17) menyederhanakan koneksi tiga fase. Tepat setengah dari setiap fase terhubung di antara dua kunci. Misalnya fase A, setengah belitannya terhubung antara kunci T1 dan T4, dan setengah lainnya antara kunci T7 dan kunci kosong di bawahnya. Keypad dapat digunakan sebagai referensi untuk koneksi wye, delta, 12-lead, 10-lead, dan wye-delta. Kunci memiliki gulungan yang terhubung dengannya seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 5.17. Motor yang terhubung dengan wye akan memiliki tiga kunci bawah yang diikat bersama (secara internal) untuk membentuk koneksi wye. Untuk koneksi 10-lead, nomor lead T10 terhubung ke wye internal.



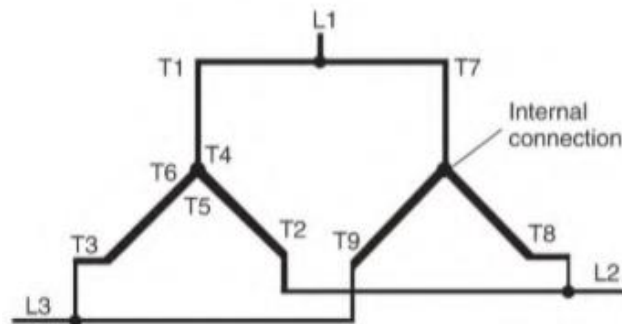
Gambar 5.15 Sambungan yang paling umum ditemukan pada motor kecil pada sambungan wye sembilan sadapan.



Gambar 5.16 Sambungan delta sembilan sadapan biasanya ditemukan pada motor dengan 10 tenaga kuda atau lebih



Gambar 5.18 Skema wye sembilan sadapan. Intern.



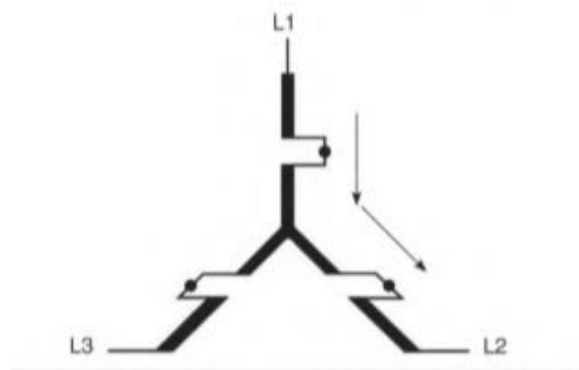
Gambar 5.19 Sambungan tegangan rendah (dua-wye).

Kedua motor terhubung wye dan delta menggabungkan nomor lead yang sama untuk tegangan tinggi. Pada kedua sambungan tersebut, masing-masing fasa dihubungkan secara seri untuk tegangan tinggi. Pada sambungan wye (Gambar 5.20), rangkaian dari jalur 1 ke jalur 2 melewati dua fasa.

Koneksi Multi-Wye Sembilan-Lead dengan T10

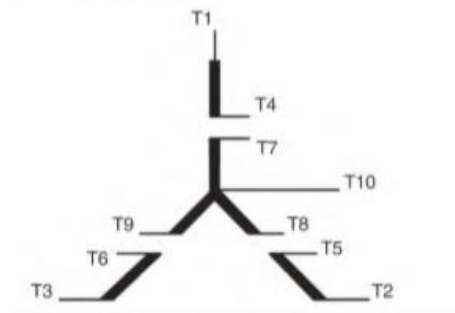
Wye internal terkadang memiliki kabel T10 yang terhubung dengannya. Kabel ini terhubung ke T4, T5, dan T6 saat motor disambungkan tegangan rendah (Gambar 5.21). Ketika motor dihubungkan tegangan tinggi, T10 diisolasi dan tidak digunakan. Tujuan dari T10 adalah untuk menyeimbangkan tegangan (dan arus yang dihasilkan) antara koneksi wye. Idealnya, koneksi wye tidak memiliki perbedaan tegangan atau arus di antara mereka. (Pada *Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)*)

kenyataannya, selalu ada beberapa ketidakseimbangan.) Alasan paling umum untuk ketidakseimbangan adalah sedikit perbedaan celah udara di sekitar rotor.

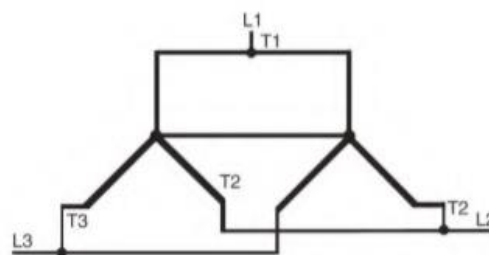


Gambar 5.20 Sambungan wye tegangan tinggi menunjukkan dimana arus mengalir dari saluran 1 ke saluran 2.

Menghubungkan T10 seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 5.22 menyamakan tegangan dan arus antara dua koneksi. Hasilnya adalah keseimbangan magnet yang lebih baik antara kutub stator. Misalnya, sebuah motor 30-tenaga kuda, dua kutub, terhubung banyak-wye yang menggerakkan penggosok logam harus diputar ulang. Ketika motor digulung ulang dan dipasang kembali, sebuah pola dikembangkan pada logam, bukan pada cermin. Koneksi wye bergabung, dan polanya menghilang. Motor sembilan lead yang lebih besar memiliki beberapa wye yang terhubung secara internal. Wyes biasanya terhubung (secara internal) ke kabel umum, seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 5.22.



Gambar 5.21 Motor tegangan ganda 10 sadapan.



Gambar 5.22 Beberapa wyes sering dihubungkan bersama secara internal.

Pelindung Termal untuk Motor Terhubung Wye Sembilan-Lead

Pelindung termal untuk motor tiga fase terhubung-wye tegangan ganda (230/460-volt) ditunjukkan pada Gambar 5.23. Perlindungan ini dirancang untuk motor kecil yang terhubung dengan wye. (Sambungan delta jarang digunakan pada motor di bawah 5 tenaga kuda.)



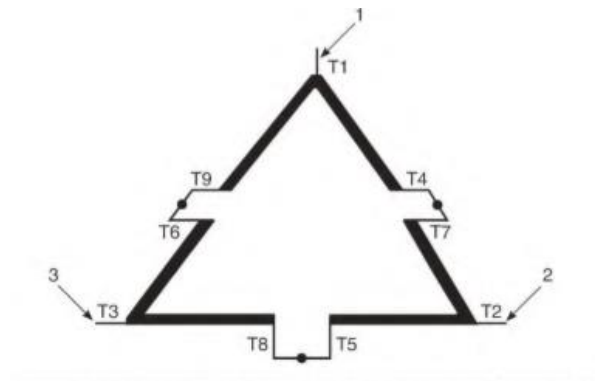
Gambar 5.23 Pelindung termal tiga fasa. Klixon

Pada Gambar 5.23, ada tiga elemen panas pemantau arus. Arus tinggi melalui elemen panas ini akan membuka kontak pelindung. Ini terletak antara 1 dan 4, 2 dan 5, dan 3 dan 6. Wye internal motor terhubung secara permanen ke terminal 1, 2, dan 3 pelindung termal. Lead ini adalah akhir dari fase. (Dalam motor 12-lead, mereka diberi label T10, T11, dan T12.) P4, P5, dan P6 melewati elemen panas. Ketika motor terhubung dengan tegangan rendah, mereka terhubung ke kabel T yang sesuai dari motor (P4 ke T4, P5 ke T5, dan P6 ke T6). Jika terhubung tegangan tinggi, P4, P5, dan P6 tidak digunakan dan diisolasi secara terpisah. Jika saluran 1, 2, atau 3 menjadi terbuka, motor beroperasi pada fase tunggal. (Istilah fase-tunggal menjelaskan kondisi ini.) Ketika motor fase-tunggal, dayanya turun menjadi kira-kira setengah dari peringkat tenaga kudanya. Ampere meningkat melalui dua elemen panas, menyebabkan kontak pelindung membuka dan memutuskan semua sirkuit motor. Pelindung termal menggunakan ampere T7, T8, dan T9 untuk melindungi motor, apakah sambungannya bertegangan tinggi atau rendah.

Koneksi Delta Sembilan Arah

Pada hubungan delta, T1, T2, dan T3 adalah titik-titik delta (Gambar 5.24). Mereka berisi setengah akhir dari satu fase dan setengah awal dari fase berikutnya. Pada paruh awal fase A, timah T1 terhubung ke (ujung) setengah fase B. Setengah fase A dimulai pada T1 dan berakhir di T4. Lead T7 menyelesaikan fase A, Ketika delta terhubung tegangan rendah, setiap

saluran terhubung ke tiga motor lead. Jalur 1 terhubung ke T1, T6, dan T7; jalur 2 ke T2, T4, dan T8; dan jalur 3 ke T3, T5, dan T9. Gambar 5.25 menunjukkan bagaimana rangkaian setiap fase dihubungkan secara paralel.



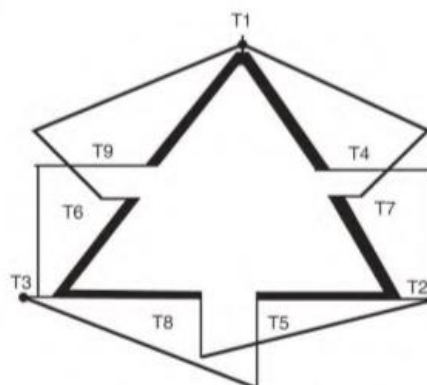
Gambar 5.24 Titik-titik sambungan delta diberi nomor T1, T2, dan T3 dalam skema sembilan sadapan.

Koneksi Multi-Delta

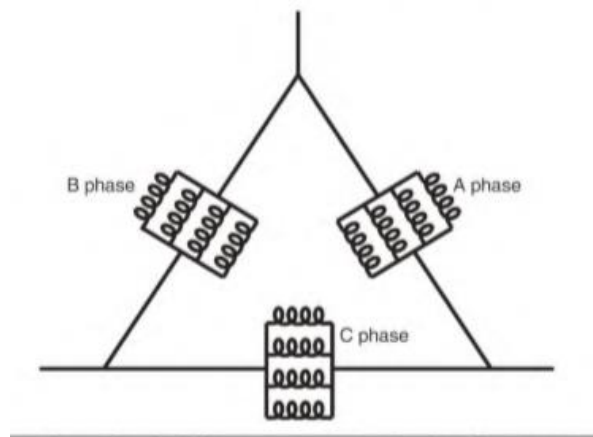
Koneksi delta ditemukan pada motor di atas 5 tenaga kuda. Motor sembilan sadapan yang lebih besar mungkin memiliki beberapa delta, terhubung secara internal. Nomor lead eksternal adalah sama, dan mereka terhubung seperti yang dijelaskan pada Gambar 5.26. Kedua motor terhubung delta dan wye menggabungkan nomor lead yang sama untuk tegangan tinggi. Setiap fasa dihubungkan seri pada kedua sambungan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 5.27, setiap fase terhubung melintasi garis.

Koneksi Dua Belas -Lead

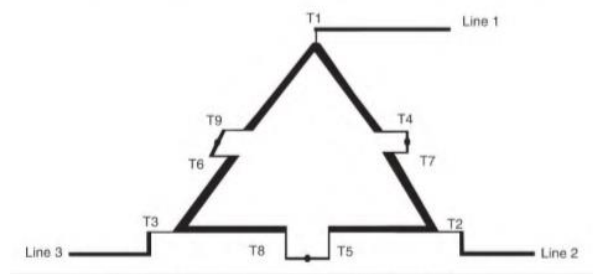
Koneksi 12-lead memberikan motor keserbagunaan yang lebih besar. Motor dengan koneksi ini dapat digunakan pada empat voltase yang berbeda. Pada Gambar 5.28, akhir setiap fase dapat diakses dengan sadapan T10, T11, dan T12. Sisa lead (1 sampai 9) menggunakan kombinasi nomor lead yang sama dengan koneksi sembilan lead. Gambar 5.29 hingga 5.32 menunjukkan empat sambungan tegangan berbeda yang dapat digunakan pada motor 12 sadapan.



Gambar 5.25 Sambungan delta terhubung untuk tegangan rendah.



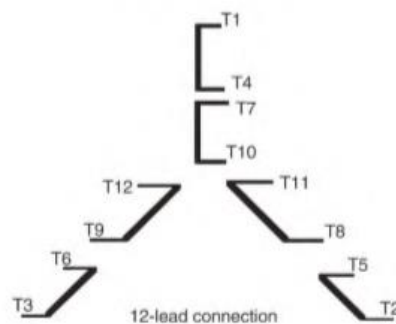
Gambar 5.26 Hubungan multi-delta ditemukan pada motor yang lebih besar.



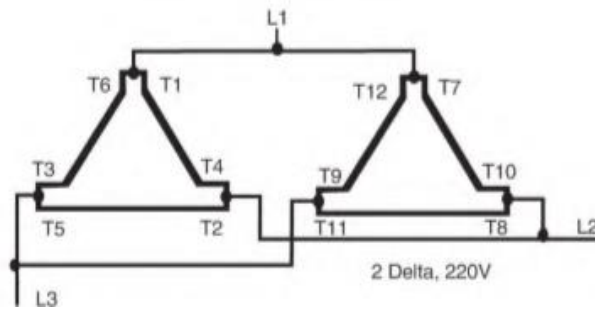
Gambar 5.27 Sambungan delta terhubung untuk tegangan tinggi.

Sambungan tegangan terendah adalah dua delta (Gambar 5.29). Sambungan tegangan tinggi berikutnya adalah dua wye (Gambar 5.30). (Tegangan dua-delta dikalikan dengan akar kuadrat dari 3 [1.73] sama dengan tegangan dua-wye yang benar.) Sambungan tegangan yang lebih tinggi berikutnya adalah satu delta (Gambar 5.31). Tegangan ini dua kali tegangan dua delta.

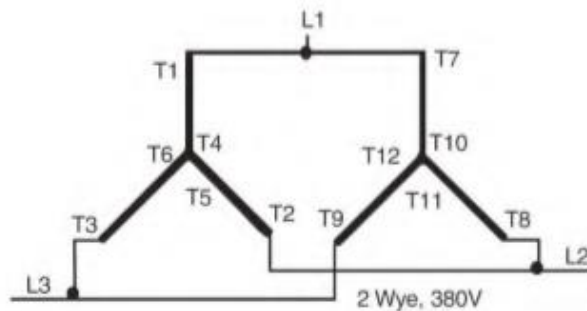
Tegangan tertinggi adalah satu wye (Gambar 5.32) (dua kali tegangan dua wye). Tegangan di setiap kutub adalah sama pada keempat tegangan. Sambungan 12-lead dapat dihubungkan mulai berliku-bagian, menggunakan metode mulai setengah-berliku atau dua-pertiga-berliku. Metode mulai wye-start, delta-run, one-delta start, dan two-wye run juga berfungsi. (Metode awal ini dibahas kemudian di bawah judul terpisah mereka.)



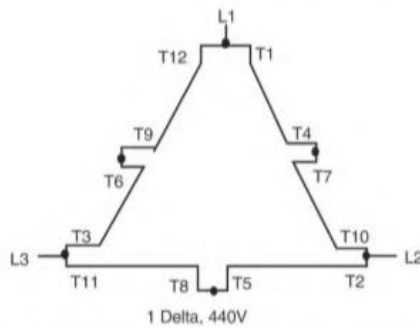
Gambar 5.28 Sambungan 12 sadapan memiliki ujung setiap fase yang tersedia untuk sambungan wye dan delta. Sisa dari nomor lead sama dengan nomor sembilan lead wye atau koneksi delta.



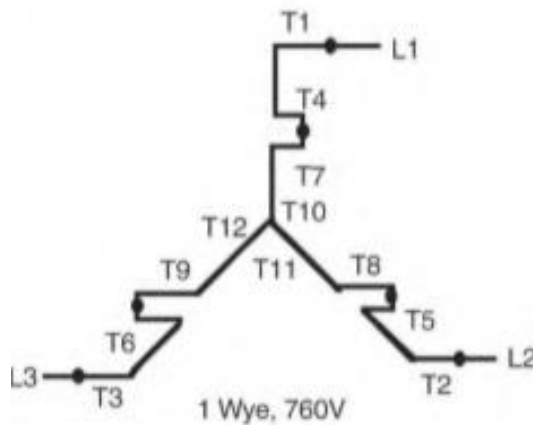
Gambar 5.29 Dua delta adalah sambungan tegangan terendah untuk motor 12 sadapan.



Gambar 5.30 Tegangan sambungan dua-wye adalah 1,73 kali tegangan sambungan dua-delta.



Gambar 5.31 Tegangan satu-delta adalah dua kali nilai tegangan dua-delta.



Gambar 5.32 Tegangan tertinggi untuk sambungan 12-sambungan adalah satu wye—dua kali lipat dari sambungan dua-kawat.

5.5 Motor Multi-Kecepatan

Motor multi-kecepatan yang tercakup dalam bagian ini memiliki satu atau lebih belitan. Kecepatan yang dipilih beroperasi sebagai motor induksi kecepatan tunggal. (Ada sejumlah kecil slip, yang diatur oleh desain rotor.) Mereka umumnya besar untuk tenaga kuda pengenalnya jika dibandingkan dengan motor induksi kecepatan tunggal.

Motor Dua Kecepatan Berliku Tunggal

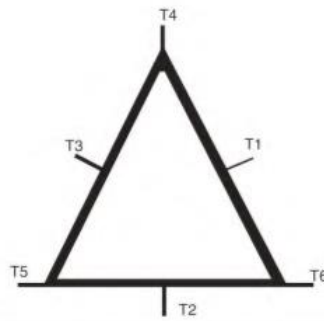
Tiga jenis motor dua kecepatan berliku tunggal tercakup dalam segmen ini: tenaga kuda konstan, torsi konstan, dan torsi variabel. Semua memiliki rasio kecepatan 2-ke-1. Gulungan dua kecepatan memiliki enam sadapan yang diaktifkan dan digabungkan oleh pengontrol. Motor dengan tenaga kuda konstan dan torsi konstan menggunakan kombinasi satu delta dan dua arah. Motor torsi variabel menggunakan kombinasi satu-wye dan dua-wye. Koneksi dua-wye memungkinkan lebih banyak arus mengalir daripada koneksi satu-delta atau satu-wye. Sambungan ini menciptakan torsi tinggi (kecepatan rendah) di motor tenaga kuda konstan dan mempertahankan torsi yang sama (untuk kedua kecepatan) di motor torsi konstan.

Motor belitan tunggal dua kecepatan memiliki koil dan susunan kutub yang unik. Lebar dan jarak tiang memungkinkan motor untuk beralih dari tiang menonjol ke tiang konsekuen, dan sebaliknya. Seperti kutub medan DC, kutub menonjol adalah kutub luka. Ketika kutub-kutub menonjol dihubungkan sehingga kutub-kutub yang berdekatan memiliki polaritas yang berlawanan, motor berada dalam kecepatan tinggi. Menghubungkan semua kutub dengan polaritas yang sama menciptakan belitan kutub konsekuen. Lebar masing-masing kutub lebih sempit dari biasanya, menyisakan ruang (besi) di antara kutub. Besi ini menjadi tiang konsekuen. Akibatnya, jumlah kutub menjadi dua kali lipat. Menggandakan kutub memotong kecepatan menjadi dua. Sambungan kutub konsekuen (kecepatan rendah) memiliki faktor daya yang jauh lebih rendah daripada sambungan kutub menonjol. Biasanya sambungan kutub-konsekuen menarik ampere pelat nama penuh (atau lebih) tanpa beban.

Motor Tenaga Kuda Konstan

Motor tenaga kuda konstan memiliki peringkat tenaga kuda tunggal pada papan namanya, dengan peringkat tenaga kuda yang sama untuk kedua kecepatan. Terhubung dua wye untuk kecepatan rendah dan satu delta untuk kecepatan tinggi (Gambar 5.33)

Jika motor tenaga kuda konstan dihubungkan kecepatan rendah (dua wye) dan dapat mengangkat 550 pon 1 kaki dalam 1 detik, itu akan menghasilkan 1 tenaga kuda. Terhubung dengan kecepatan tinggi, koneksi satu-delta tidak memungkinkan banyak arus mengalir (seperti koneksi dua-wye). Motor sekarang hanya dapat mengangkat 275 pon, tetapi mengangkatnya 2 kaki dalam 1 detik, mempertahankan 1 tenaga kuda. Motor tenaga kuda konstan memiliki torsi tinggi pada kecepatan rendah dan torsi lebih sedikit pada kecepatan tinggi. Ini sangat ideal untuk aplikasi mesin bor. Mata bor besar membutuhkan torsi tinggi dan harus berputar perlahan. Mata bor kecil tidak membutuhkan banyak torsi, dan biasanya diputar dengan kecepatan tinggi.



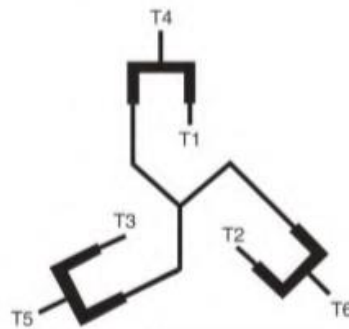
Gambar 5.33 Skema untuk motor tenaga kuda konstan.

Motor Torsi Konstan

Motor torsi konstan memiliki dua peringkat tenaga kuda pada papan namanya. Peringkat tenaga kuda dari kecepatan tinggi adalah dua kali lipat dari kecepatan rendah. Koneksinya adalah satu delta untuk kecepatan rendah dan dua wye untuk kecepatan tinggi. Jika motor torsi konstan dihubungkan dengan kecepatan rendah (satu delta) dan dapat mengangkat 550 pon 1 kaki dalam 1 detik, itu menghasilkan 1 tenaga kuda. Saat terhubung dengan kecepatan tinggi, koneksi two-wye memungkinkan lebih banyak arus mengalir. Lebih banyak arus memberi motor kemampuan untuk mempertahankan torsi yang sama, tetapi pada dua kali RPM kecepatan rendah. Pada kecepatan tinggi, motor dapat mengangkat 550 pon 2 kaki dalam 1 detik, menghasilkan 2 tenaga kuda. Kemampuan torsi konstan membuat motor torsi konstan jauh lebih dapat diterapkan daripada motor tenaga kuda konstan.

Motor Torsi Variabel

Motor torsi variabel memiliki dua peringkat tenaga kuda pada pelat namanya. Peringkat tenaga kuda kecepatan rendah adalah seperempat dari peringkat tenaga kuda kecepatan tinggi. Koneksi torsi variabel (Gambar 5.34) adalah satu wye pada kecepatan rendah dan dua wye pada kecepatan tinggi. Koneksi satu-wye (kecepatan rendah) memiliki seperempat tenaga kuda yang dimiliki koneksi dua-wye (kecepatan tinggi). Kombinasi tenaga kuda/kecepatan sangat kompatibel dengan tuntutan tenaga kuda dari beban kipas. Sebuah motor torsi variabel 50-tenaga kuda, empat dan delapan kutub adalah contohnya. Kecepatan sinkron digunakan sebagai pengganti kecepatan papan nama yang sebenarnya (yang melibatkan slip). Pada kecepatan tinggi (1800 RPM), motor mengembangkan 50 tenaga kuda dan terhubung dua wye. Koneksi kecepatan rendah (satu-wye) akan menghasilkan 12,5 tenaga kuda (0,25 x 50 tenaga kuda) pada 900 RPM.



Gambar 5.34 Skema untuk motor torsi variabel. Garis berat mewakili lokasi belitan fase relatif terhadap posisi timah. Skema ini tidak menunjukkan hubungan sudut yang sebenarnya.

Ketika kecepatan kipas diubah, permintaan tenaga kuda tidak sebanding dengan perubahan kecepatan. Tenaga kuda harus diubah menjadi pangkat tiga dari rasio perubahan kecepatan. Sebagai contoh,

$$1800 : 900 = 2 \text{ (rasio) Rasio pangkat tiga (atau } 2 \times 2 \times 2) = 8$$

Sebuah kipas yang membutuhkan 50 tenaga kuda pada 1800 RPM akan membutuhkan hanya 6,25 tenaga kuda pada 900 RPM ($50 : 8 = 6,25$ tenaga kuda). Beban apa pun yang membutuhkan rasio perubahan tenaga/kecepatan jenis ini memiliki potensi yang baik untuk penghematan yang cukup besar dalam biaya daya. Jika kecepatan motor dapat diturunkan bahkan dalam jumlah kecil dan masih memenuhi permintaan output, daya yang dikonsumsi akan berkurang secara substansial. Beban udara, cairan, ban berjalan, dan auger semuanya memiliki rasio daya kecepatan/beban yang sama, sehingga berpotensi menghemat biaya daya.

Motor Multiwinding Multispeed

Motor multiwinding multispeed biasanya torsi konstan atau tenaga kuda konstan. Rasio kecepatan untuk setiap belitan adalah 2 banding 1. Beberapa belitan ini digabungkan dalam beberapa motor press bor multispeed. Jika motor multi-kecepatan memiliki lebih dari satu belitan, belitan berkecepatan lebih tinggi akan memiliki nomor sadapan yang lebih tinggi. Misalnya, kecepatan terendah akan memiliki angka T1 hingga T7, kecepatan lebih tinggi T11 hingga T17, dan T21 hingga T27 pada belitan kecepatan tinggi berikutnya.

Motor Dua Kecepatan Dua Berliku

Motor dua kecepatan dengan rasio kecepatan yang bukan 2 banding 1—misalnya, 1200 RPM/1800 RPM—biasanya akan memiliki dua belitan kecepatan tunggal. Nomor lead adalah T1, T2, dan T3 untuk kecepatan rendah dan T11, T12, dan T13 untuk kecepatan tinggi. Tidak ada hubungan internal di antara keduanya, dan harus diuji sebagai dua motor yang berbeda. Jika satu atau kedua belitan terhubung secara delta, koneksi internal (dijelaskan dalam Bab 7, Gambar 7.4 di bawah "Arus Sirkulasi pada Motor Multi-kecepatan Multiwinding")

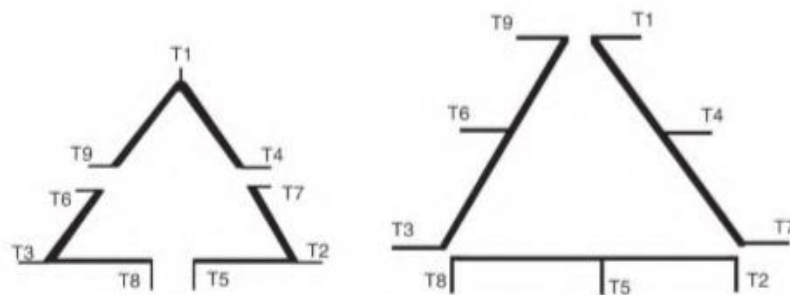
harus digunakan. Motor yang digulung ulang menarik ampere yang terlalu tinggi jika sambungan ini tidak digunakan.

5.6 Motor Tiga Fase Sembilan-Lead Multimode

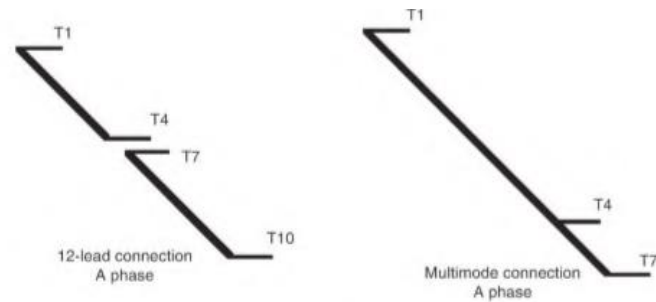
Motor multimode digunakan pada pompa sumur minyak. Mereka harus memiliki rotor selip tinggi karena permintaan torsi yang tidak merata yang unik untuk pompa sumur minyak. Mereka juga memiliki koneksi internal khusus yang tidak seperti yang ada di motor tiga fase standar. Sambungan eksternal motor multimode diaktifkan (dengan kontrol) untuk mengubah torsi motor tanpa mengubah kecepatannya. Kontrol mengubah torsi motor secara otomatis ketika merasakan perubahan beban yang berkepanjangan. Mode torsi rendah mengurangi jumlah daya yang dikonsumsi oleh motor. Motor ini ditenagai oleh generator atau saluran listrik yang panjang, dan beroperasi di lokasi terpencil. Kedua sumber daya mendapat manfaat dari memiliki ampere serendah mungkin. Motor multimode dapat digunakan pada kompresor udara komersial. Sebuah kompresor udara komersial sebentar-sebentar beroperasi tanpa beban. Selama waktu ini motor standar mengkonsumsi daya dan memiliki faktor daya yang lebih rendah. Mengganti motor standar dengan motor multimode akan mengurangi biaya daya sambil mempertahankan faktor daya yang baik selama bagian siklus yang dibongkar. Dua jenis desain multimode dibahas dalam bagian ini: desain mode tiga kali lipat dan desain mode empat kali lipat.

Membandingkan Motor Multimode dengan Motor Standar

Motor multimode memiliki sembilan sadapan. Seperti sambungan delta sembilan sadapan tegangan ganda, mereka memiliki tiga set sirkuit tiga sadapan. Berbeda dengan koneksi delta, setiap sirkuit tiga-lead berisi fase lengkap (Gambar 5.35). Motor 12-lead dan motor multimode keduanya memiliki lead yang mengakses kedua ujung setiap fase. Membandingkan keduanya pada Gambar 5.36, fase A motor multimode memiliki T7 yang terletak di akhir fase, bukan T10. Fasa A motor multimode adalah sirkuit yang tidak terputus dengan T4 terletak di suatu tempat antara T1 dan T7 (tergantung pada jumlah mode torsi).



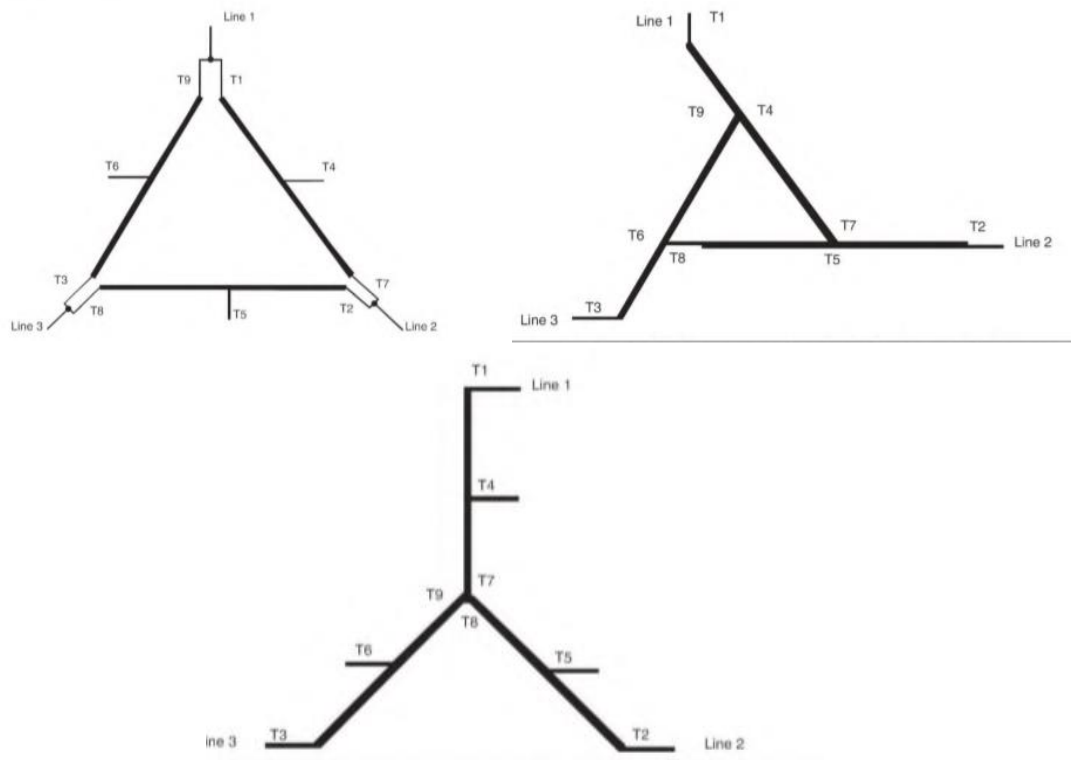
Gambar 5.35 Perbandingan skema delta sembilan sadapan dengan skema multimode sembilan sadapan.



Gambar 5.36 Membandingkan fase A dari motor 12 sadapan dengan fase A dari motor multimodel

Tiga-Mode, Motor Tiga Fasa Sembilan-Lead

Motor triple-mode memiliki lead di tengah setiap fase. Datanya sama dari ujung tengah ke setiap ujung fase. Gambar 5.37 menunjukkan sambungan untuk torsi tinggi, sedang, dan rendah. Sambungan delta (Gambar 5.37a) memiliki torsi tertinggi. Gambar 5.37b adalah sambungan wye-delta untuk torsi sedang, dan Gambar 5.37c adalah sambungan wye untuk torsi rendah.



Gambar 5.37 (a) Sambungan delta memiliki torsi tertinggi, (b) Sambungan wye-delta memiliki torsi sedang. (c) Sambungan wye memiliki torsi terendah.

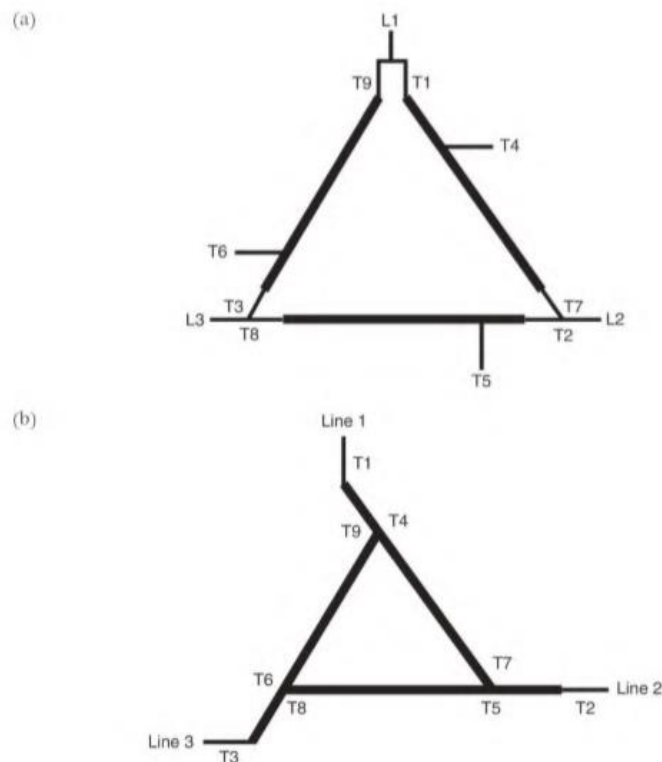
5.7 Mengidentifikasi Triple-Mode, Motor Tiga Fasa Sembilan Timbal

Motor mode tiga memiliki tiga sirkuit terpisah dengan masing-masing tiga sadapan (Gambar 5.37a). Pusat sadapan (fase A) adalah T4. Resistansi akan sama dari T4 ke T1 seperti

dari T4 ke T7. (Hal yang sama berlaku untuk T5 dan T6 dan sadapannya masing-masing, T8 dan T9.) Motor multimode memiliki tiga nomor yang termasuk dalam satu fase (yaitu, T1, T4, dan T7) di setiap rangkaian tiga sadapan. Sambungan delta sembilan sadapan tegangan ganda memiliki jumlah dua fase yang berbeda di setiap rangkaian tiga sadapan (yaitu, T1, T4, dan T9). Jika tidak ada nomor lead, cari lead tengah dari satu fase dan hubungkan dua lead lainnya bersama-sama. (Lihat "Mengidentifikasi Lead yang Tidak Bertanda dalam Sambungan Delta" di Bab 6.) Terapkan tegangan DC intermiten ke fase ini, dan periksa tegangan dua fase lainnya dengan voltmeter analog skala rendah. Harus ada sedikit atau tidak ada defleksi. Jika itu adalah motor sembilan sadapan yang terhubung delta, voltmeter akan menunjukkan defleksi yang kuat antara dua dari tiga sadapan di sirkuit lainnya. Papan nama motor multimode akan menunjukkan tiga peringkat tenaga kuda yang berbeda dan tiga nilai ampere terpisah. Ada satu nilai RPM di papan nama.

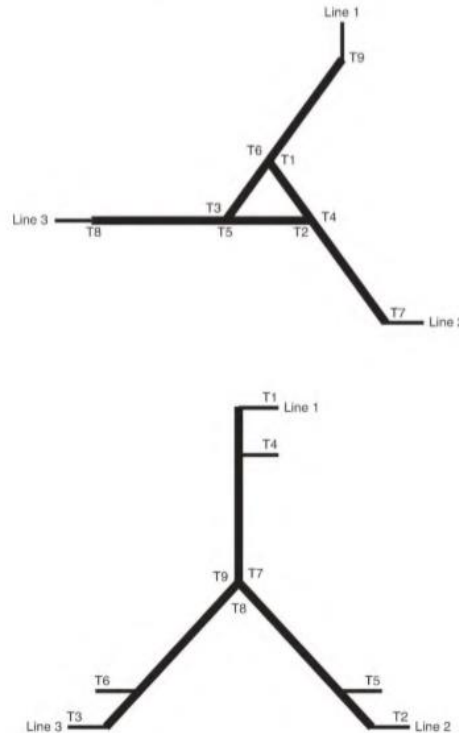
Quadruple-Mode, Motor Tiga Fase Sembilan Lead

Motor sembilan sadapan quadruple-mode sama dengan motor triple-mode kecuali untuk lokasi sadapan tengah. Lead tengah terletak lebih dekat ke awal setiap fase; yaitu, sadapan fase-A T4 lebih dekat ke T1 daripada ke T7. Ini memberikan motor empat mode torsi (Gambar 5.38). Motor ini memiliki satu peringkat RPM dan empat peringkat ampere pada papan namanya. Jika digulung ulang, sangat penting untuk mengganti sambungan internal dengan cara yang sama seperti pada belitan aslinya.



Gambar 5.38 (a) Delta-wye terhubung motor mode empat kali lipat untuk torsi tertinggi, (b) Motor mode empat kali terhubung delta-wye akan memiliki torsi sedang.

Gambar 5.38a menunjukkan sambungan delta, yang memiliki torsi tertinggi. Gambar 5.38b menunjukkan hubungan delta-wye dengan torsi sedang. Gambar 5.38c menunjukkan hubungan wye-delta dengan torsi sedang-rendah. Gambar 5.38d menunjukkan sambungan wye, yang memiliki torsi paling rendah.



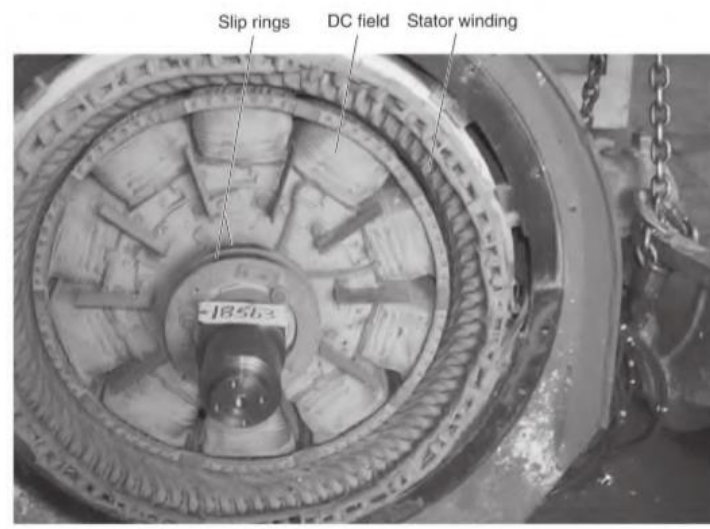
Gambar 5.38 (c) Motor mode empat kali terhubung wye-delta akan memiliki torsi sedang-
rendah, (d) Motor mode empat kali terhubung wye akan memiliki torsi terendah.

Mengidentifikasi Motor Quadruple-Mode, Sembilan-Lead Tiga Fasa

Logika identifikasi yang sama digunakan pada motor ini seperti yang dijelaskan di atas untuk motor mode tiga. Koneksi motor quadruple-mode, bagaimanapun, sedikit berbeda dari motor triple-mode. Sambungan ini dapat diidentifikasi dengan ohmmeter dengan ukuran yang tepat. Ada tiga set tiga lead yang saling menerangi. Sadapan fase-A T1 ke T4 memiliki resistansi yang jauh lebih kecil daripada T4 ke T7. Hal yang sama berlaku untuk T2 hingga T5, T5 hingga T8, T3 hingga T6, dan T6 hingga T9.

5.8 Motor Sinkron

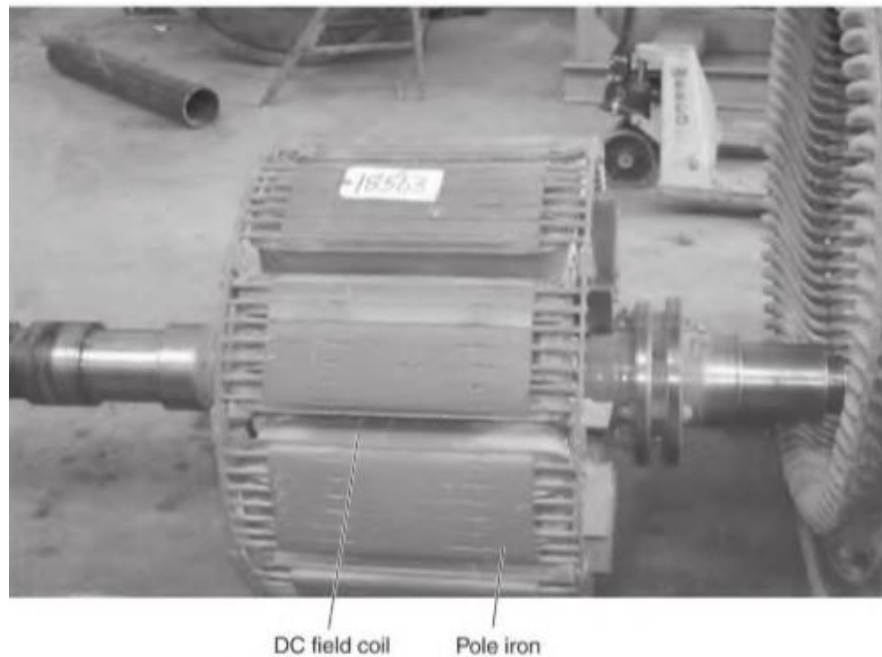
Motor sinkron digunakan pada beban yang membutuhkan kecepatan konstan. Motor ini memiliki berbagai ukuran dari kecil hingga ribuan tenaga kuda. Gambar 5.39 sampai dengan 5.42 merupakan berbagai gambar motor sinkron dan komponennya.



Gambar 5.39 Motor sinkron. Layanan Smith



Gambar 5.40 Stator motor sinkron. Layanan Smith

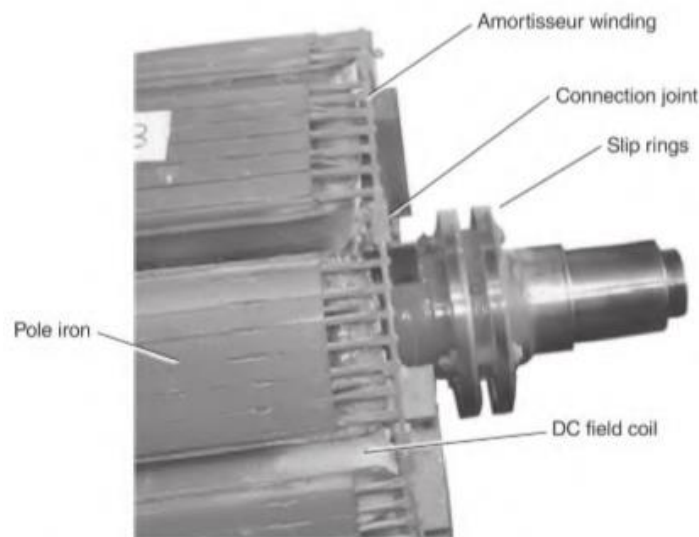


Gambar 5.41 Rotor dari motor sinkron. Layanan Smith.

Motor sinkron tidak memiliki torsi awal yang baik dan harus dimulai dengan beban yang sangat kecil. Aplikasi umum adalah kompresor pendingin dan kompresor udara, karena unit ini dapat dimulai tanpa beban dan kemudian diaktifkan setelah motor mencapai kecepatan. Motor sinkron sering digunakan untuk mengoreksi faktor daya dalam industri.

Komponen Motor Sinkron

Motor sinkron memiliki stator dan rangka tiga fase, seperti yang dimiliki motor induksi atau motor rotor belitan (dijelaskan nanti). Belitan stator terhubung dengan wye atau delta (atau dengan banyak wye atau delta) secara internal. Biasanya terhubung satu tegangan. Kebanyakan beroperasi pada tegangan tinggi (2400 volt dan lebih tinggi) dan memiliki kumparan bentuk-luka (Gambar 5.40). Rotor motor sinkron memiliki kutub medan DC yang terpasang di atasnya (Gambar 5.41). Jumlah kutub pada rotor sebanyak jumlah kutub stator dalam satu fase. Kumparan DC mendapatkan kekuatannya dari dua cincin selip yang dipasang pada poros. Medan DC motor synchronous mirip dengan medan shunt motor DC. (Resistensi kumparan membatasi ampere.) Kumparan (dipasang pada rotor) didinginkan dengan baik.



Gambar 5.42 Gulungan amortisseur (kaki tupai) tertanam pada besi kutub DC. Layanan Smith.

Besi kutub untuk kutub DC dilaminasi, seperti kutub stator. Itu diikat dengan aman ke bingkai yang disebut laba-laba. Laba-laba dipasang pada poros motor. Setiap kutub memiliki belitan sangkar tupai yang tertanam di dalamnya di atas gulungan DC (Gambar 5.42). Ini disebut belitan amortisseur. Batang di besi tiang memiliki kedua ujung yang terhubung ke bagian dari cincin ujung. Bagian cincin ujung dan palang tetap dengan setiap potongan besi kutub saat rotor dibongkar.

Bagian cincin ujung tambahan bergabung dengan bagian cincin ujung kutub untuk membentuk sirkuit yang lengkap. Bagian cincin tersusun dan dibaut dengan aman, baik secara mekanis maupun elektrik. Seperti belitan sangkar tupai, rangkaian memiliki tegangan rendah, dan membawa ampere yang sangat tinggi saat memulai. Ketika medan DC diberi energi dan rotor berada pada kecepatan sinkron, tidak ada tegangan atau arus dalam belitan amortisseur.

Pengoperasian Motor Sinkron

Ketika stator diberi energi, motor semchronous mulai seperti motor induksi. Belitan amortisseur (seperti belitan sangkar tupai) membentuk kutub yang bereaksi terhadap medan magnet stator yang berputar. Gulungan amortisseur tidak dirancang untuk penggunaan jangka panjang (seperti halnya dengan belitan sangkar tupai motor induksi). Ini memberi motor torsi yang cukup untuk memulai beban minimal. Sebuah kontrol memberi energi pada medan DC rotor ketika rotor mencapai 95 hingga 98 persen dari kecepatan sinkron. Medan DC yang diberi energi dengan cepat menarik rotor ke kecepatan sinkron. Motor sekarang siap untuk memuat.

Selama startup, garis gaya dari medan magnet berputar stator memotong konduktor kumparan medan DC. Pada saat ini, stator menjadi primer dan medan DC menjadi sekunder dari transformator tegangan sangat tinggi. Kumparan stator memiliki volt yang sangat tinggi per putaran, dan sangat sedikit putaran. Kumparan medan DC mengandung sejumlah besar

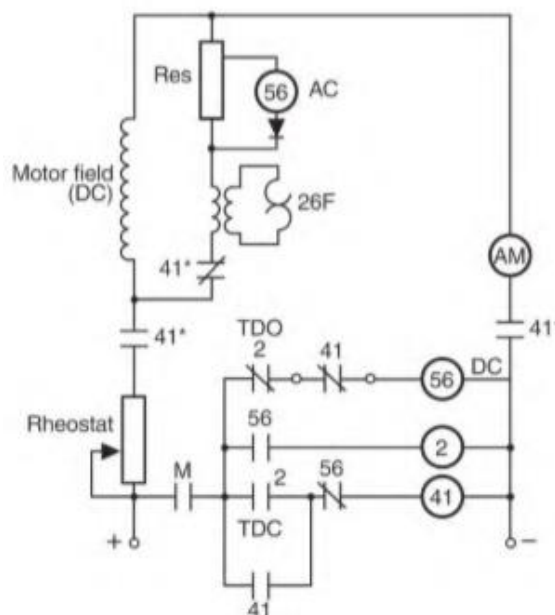
putaran. Ketika teori transformator diterapkan pada kombinasi ini, hasilnya adalah tegangan yang sangat tinggi di medan DC. Kumparan medan DC dihubungkan secara seri, sehingga nilai tegangan setiap kumparan menambah berikutnya, menghasilkan tegangan tinggi yang sangat merusak pada cincin slip.

Sebuah resistor pelepasan dihubungkan melintasi medan DC selama startup (untuk menurunkan tegangan tinggi yang diubah). Resistor pelepasan mempengaruhi medan DC dengan cara yang sama seperti beban lebih mempengaruhi transformator. (Ketika transformator kelebihan beban, tegangan sekunder turun.) Resistor pelepasan membebani tegangan transformasi medan DC, menjaganya pada nilai yang aman.

Untuk sesaat (ketika kontrol menerapkan tegangan DC ke medan DC) DC mengalir melalui resistor pelepasan dan medan DC. Resistor pelepasan kemudian diputuskan. Sangat penting bahwa medan DC selalu memiliki daya DC yang diterapkan padanya atau resistor pelepasan yang terhubung di atasnya. Tegangan tinggi yang merusak akan berkembang seketika jika medan DC terbuka. Ini adalah salah satu penyebab utama kegagalan isolasi dini pada kumparan medan DC.

Kontrol Motor Sinkron

Sisi AC dari kontrol motor sinkron mirip dengan kebanyakan kontrol motor dan tidak perlu dijelaskan. Sisi DC dari kontrol ditunjukkan pada Gambar 5.43. Belitan amortisseur memberi daya pada rotor hingga 95 hingga 98 persen dari kecepatan sinkron (ketika AC diterapkan ke stator motor sinkron). Saat rotor berakselerasi, resistor pelepasan mengontrol tegangan yang diubah menjadi medan DC. Kumparan relai AC (no. 1) dihubungkan melintasi bagian pelepasan.



Gambar 5.43 Sisi DC dari kontrol motor sinkron

Kontrol resistor pelepasan (juga dipasang pada poros motor) dan medan DC dicapai dengan komponen elektronik yang dipasang pada rotor.

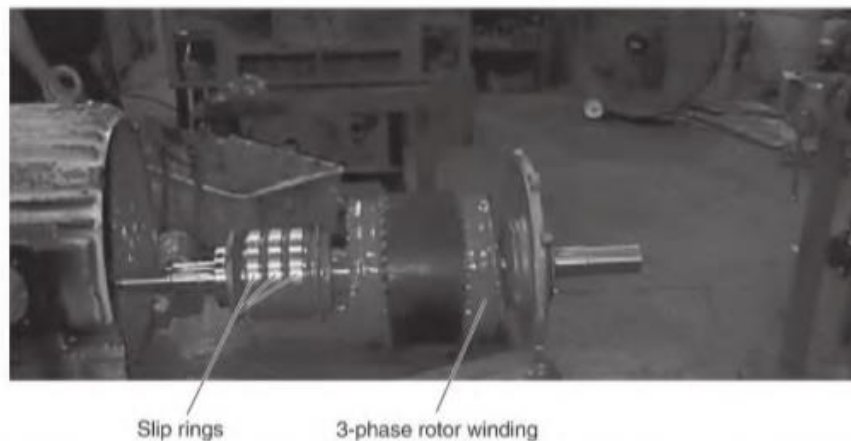
Alternator Tiga Fasa

Motor tiga fasa sinkron dapat digunakan sebagai alternator tiga fasa. Motor diputar oleh sumber daya (diesel, turbin, atau motor listrik), dan DC diterapkan ke medan DC rotor. Fluks medan DC memotong belitan stator dan menghasilkan daya tiga fasa. Tegangan (diambil dari kabel stator) dapat divariasikan dengan mengatur ampere di medan DC.

Hertz dikendalikan oleh kecepatan rotor. Jika daya alternator ditambahkan ke sumber daya yang ada, nilai polaritas tegangan dan hertz harus sesuai dengan sumber daya yang ada. Lilitan amortisseur (sangkar tupai) pada alternator tiga fasa memiliki efek peredam pada perubahan kecepatan (perburuan) di dalam mesin ketika dibebani ringan.

Motor Rotor Luka

Motor rotor belitan adalah motor induksi berkecepatan variabel (Gambar 5.46). Itu adalah salah satu motor tiga fase kecepatan variabel pertama yang dikembangkan. Ukuran berkisar dari pecahan hingga ribuan tenaga kuda.



Gambar 5.46 Motor tiga fase rotor belitan (dibongkar). Layanan Smith.

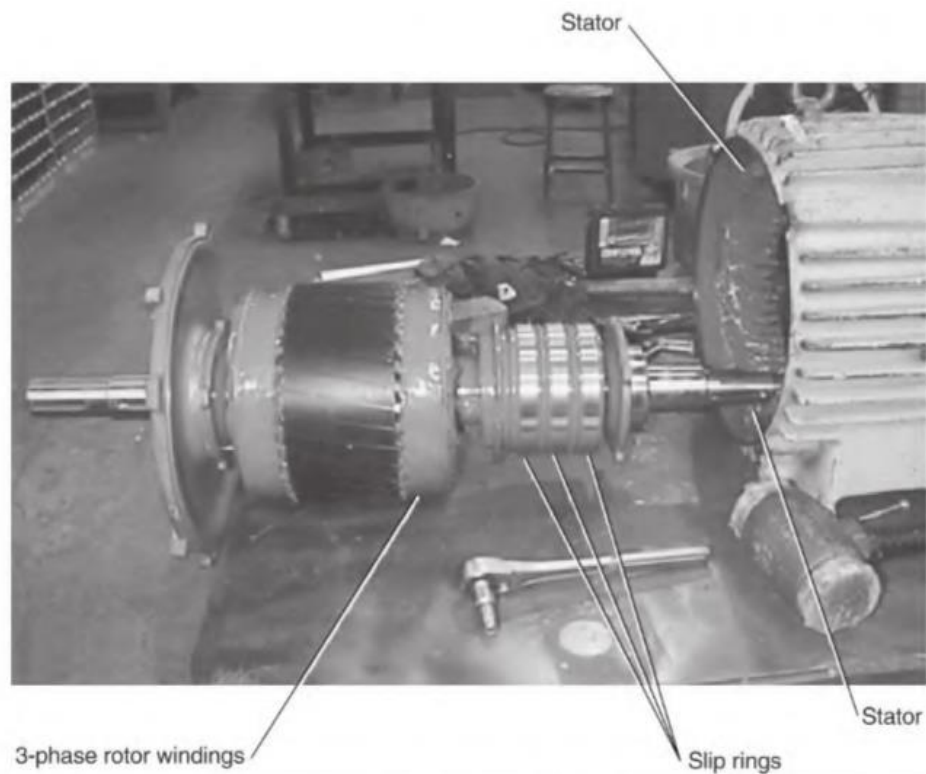
Komponen Motor Rotor Kumparan

Motor rotor Kumparan (Gambar 5.47) memiliki stator dan rangka tiga fase yang mirip dengan motor induksi yang dijelaskan sebelumnya. Belitan stator terhubung wye atau delta (atau dengan beberapa wye atau delta) (secara internal) dan biasanya terhubung satu tegangan. Rotor memiliki belitan tiga fase yang mirip dengan belitan stator (Gambar 5.48). (Jarak kutub identik dengan jarak kutub stator.) Belitan rotor juga terhubung dengan wye atau delta (atau dengan beberapa wye atau delta). Setiap fase terhubung ke slip ring. Cincin-cincin itu memiliki sikat yang terpasang di atasnya yang terhubung ke sadapan M1, M2, dan M3. Sadapan ini terhubung ke pengontrol yang mengontrol aliran ampere di belitan rotor.

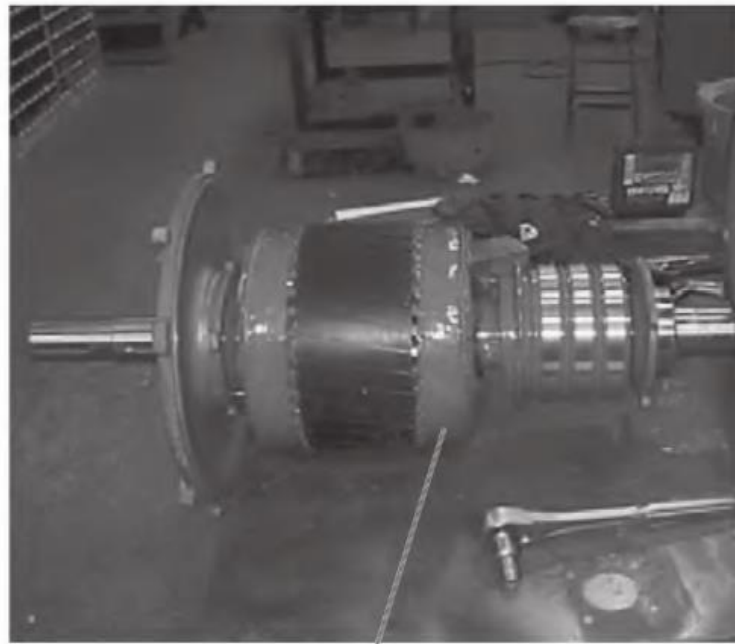
Pengoperasian Motor Rotor

Tegangan tiga fasa diubah menjadi belitan rotor ketika belitan stator diberi energi. Ini menciptakan potensi tegangan tiga fase di tiga cincin slip. Nilai tegangan tergantung pada rasio putaran antara kutub belitan rotor dan kutub stator. (Rasio TUR_n dijelaskan di bawah "Fungsi Transformer" di Bab 3 dan diilustrasikan pada Gambar 3.42.)

Ketika motor mulai, kontrol rotor diatur pada nilai resistansi tertinggi. Penjelasan paling sederhana dari kontrol diberikan pada Gambar. 5.49. Ini adalah satu set resistor yang terhubung dengan wye. (Sangat penting bahwa resistansi benar-benar sama antara ketiga fase.) Gambar 5.50 menunjukkan kontrol yang lebih rinci dengan resistor (dan kontak yang melewatinya karena diperlukan lebih banyak daya).

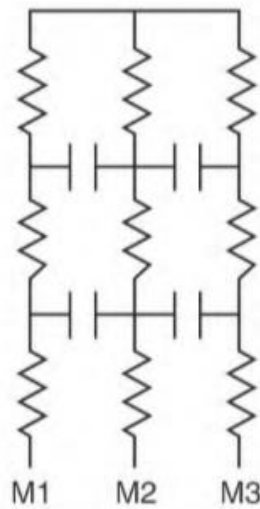


Gambar 5.47 Stator dari motor rotor kumparan.

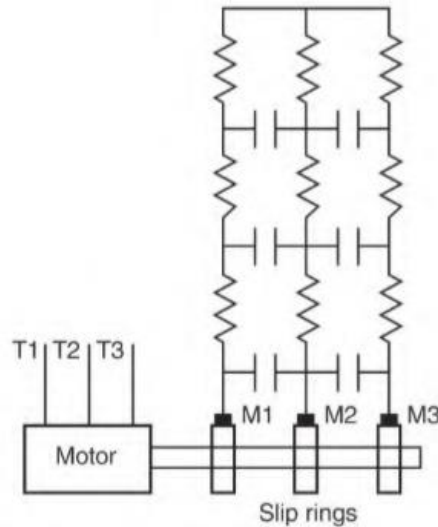


3-phase rotor winding
connected to slip rings

Gambar 5.48 Rotor dari motor rotor belitan.



Gambar 5.49 Resistor kontrol untuk motor rotor belitan.



Gambar 5.50 Kontrol motor rotor lilit, dengan kontak untuk melewati setiap resistor.

Kontrol memungkinkan sejumlah kecil arus mengalir di kutub belitan rotor saat motor dihidupkan. Gulungan stator dan rotor memiliki sudut fasa yang baik (lihat "Sudut Fasa" sebelumnya dalam bab ini) dan torsi awal yang baik dengan arus rendah. Saat rotor berakselerasi, pengontrol menurunkan resistansi hingga rotor mencapai kecepatan penuh. Pada kecepatan penuh, cincin slip dihubungkan singkat, dan rotor beroperasi sebagai rotor sangkar tupai. Jika resistansi dipotong terlalu cepat, belitan rotor mengembangkan arus tinggi dan induktansi tinggi. (Induktansi menunda waktu arus mengalir.) Ketika daya magnet puncak tercapai di kutub rotor, daya magnet kutub stator telah mencapai puncaknya dan turun ke nilai yang lebih rendah. Daya puncak kutub rotor sekarang tidak sesuai dengan daya puncak kutub stator—sudut fase yang buruk. Hasilnya adalah kehilangan torsi. Motor masih akan membawa beban ke kecepatan tinggi, tetapi hasilnya adalah pemanasan yang berlebihan dan kehilangan daya yang tidak perlu.

Bahkan pada pengaturan kecepatan terendah, motor rotor belitan akan berakselerasi mendekati kecepatan sinkron jika tidak ada beban. Dari nol hingga RPM penuh, kontrol dan beban mengatur kecepatan rotor. Sampai motor mencapai kecepatan penuh (ketika cincin slip korsleting), motor memiliki efisiensi yang rendah. Untuk meningkatkan efisiensi, daya (yang biasanya terbuang sebagai panas dengan resistor) dapat diubah menjadi daya tiga fase, dengan kontrol elektronik regeneratif. Daya ini dikembalikan ke saluran, menurunkan biaya pengoperasian motor.

Cairan Digunakan untuk Kontrol Kecepatan

Jenis lain dari kontrol arus rotor menggunakan cairan sebagai hambatannya. Tiga pelat (terhubung ke slip ring lead) diturunkan menjadi cairan. Aliran arus meningkat saat pelat diturunkan. Kontrol arus jauh lebih halus daripada kontrol dengan resistor dan kontak.

Membalikkan Motor Rotor Lilitan

Pertukaran dua kabel stator akan membalikkan motor rotor belitan. Pertukaran ujung rotor tidak akan membalikkan motor ini, karena kutub stator menentukan polaritas kutub rotor. Motor rotor belitan tidak boleh dicolokkan (dibalik) saat berjalan. Plugging mengubah tegangan yang sangat tinggi menjadi belitan rotor. Tegangan yang dihasilkan (Coba colokkan) pada lilitan belitan rotor terlalu tinggi untuk isolasi rangkaian.

Tegangan tertinggi akan berada di akhir fase (lead). (Insulasi terlemah dari sirkuit rotor adalah di antara logam yang terbuka dari cincin slip dan poros.) Jika satu cincin slip diarde ke poros, ketebalan insulasi antara cincin dipotong menjadi dua. Busur akan terjadi antara satu atau kedua dari dua cincin slip lainnya dan poros. Kontaminasi debu sikat (di area slip ring) meningkatkan kemungkinan terbentuknya busur. Penyumbatan mengakibatkan ujung belitan rotor terlepas dari cincin slip. Tegangan meningkat secara dramatis pada belitan rotor, dan telah menyebabkan flashover antara slip ring.

Motor Rotor Luka Digunakan sebagai Transformator Tegangan-Variabel

Sebuah rotor belitan dapat digunakan sebagai sumber tegangan variabel tiga fasa. Sebuah perangkat diarahkan mengontrol pergerakan poros motor. Belitan stator bertindak sebagai primat transformator, dan belitan rotor adalah sekunder. Slip ring tidak digunakan.

Ketika rotor digerakkan, tegangan yang diubah menjadi kutub-kutub rotor berubah-ubah karena keselarasannya dengan kutub-kutub stator berubah. Penyelarasan total pole-to-pole menghasilkan output tegangan penuh. Ketika kutub rotor dipindahkan 90 derajat listrik keluar dari keselarasan (satu-setengah kutub), output tegangan berada pada nilai terendah. Perangkat yang mengontrol gerakan rotor harus cukup kuat untuk menahan torsi penuh motor. Torsi berkembang ketika ampere mengalir di belitan rotor. Gulungan rotor biasanya didesain ulang dan digulung ulang untuk menghasilkan tegangan yang diinginkan.

Motor Rotor Luka Digunakan sebagai Hertz Changer

Sebelum pengembangan kontrol hertz elektronik, motor rotor belitan yang dimodifikasi khusus digunakan untuk menghasilkan daya 120-Hz. Daya diperoleh dengan memberi energi pada stator motor rotor belitan dan menggerakkan porosnya melawan putarannya dengan motor lain. Daya disadap dari cincin slip motor rotor belitan. Kualitas daya yang dihasilkan oleh metode ini lebih baik daripada daya 120-Hz yang diproduksi secara elektronik saat ini.

Motor DC Tanpa Sikat

Motor DC brushless adalah jenis motor sinkron tiga fasa (Gambar 5.51) dengan magnet permanen pada rotornya. (Kebanyakan motor sinkron memiliki kumparan pada rotornya, ditenagai oleh DC.) Seperti motor sinkron, motor DC brushless memiliki pengaturan kecepatan absolut. Kontrol kecepatan tepat (± 0). Berbeda dengan motor sinkron, motor ini tidak mati jika kelebihan beban. Ketika terjadi kelebihan beban, pengontrol akan secara otomatis menyesuaikan hertz ke RPM yang berbeda. Rentang daya motor DC brushless adalah dari V,,

hingga 400 tenaga kuda. Mereka memiliki ukuran dan penutup bingkai standar NEMA, dan pengontrol beroperasi pada sumber daya 50 atau 60-Hz. Kontrol motor DC brushless dapat mencakup pengereman dinamis (regeneratif) untuk memperlambat beban momentum. Ini memiliki torsi beban penuh pada kecepatan nol, untuk digunakan sebagai rem atau sebagai servomotor. Kemampuan akselerasi dan deselerasinya biasanya 0,05 hingga 90 detik, dan keduanya dapat disesuaikan secara terpisah di pengontrol. Ini memiliki kemampuan plugging yang dikontrol secara elektronik (membalikkan) pada kecepatan apa pun. Arus dan tegangan motor dibatasi secara elektronik ketika motor dicolokkan. Ini mengurangi tegangan ampere tinggi yang biasanya disebabkan oleh penyumbatan pada jenis motor lain. Motor DC brushless dapat menahan beban lebih 150 persen selama 1 menit. Ini dilindungi dengan aksi trip seketika saat arus melebihi 250 persen. Ini memiliki faktor daya hampir kesatuan pada semua kecepatan dan beban. Ampere magnetisasi terbatas pada stator. Rotor tidak memerlukan arus magnetisasi karena medan magnet rotor disuplai oleh magnet permanen. (Rotor sangkar tupai membutuhkan magnetisasi terus menerus.)



Gambar 5.51 Pemotong motor DC tanpa sikat. Powertec.

Komponen Motor DC Brushless

Motor DC brushless memiliki belitan stator tiga fasa. Belitan adalah tegangan tunggal dan dioperasikan oleh pengontrol motor. Itu tidak dapat beroperasi tanpa pengontrolnya. Rotor memiliki magnet permanen yang diepoksi ke porosnya. Magnet diperkuat dengan beberapa bungkus fiberglass berkekuatan tinggi dan pita epoksi.

Sensor efek hall terhubung ke braket ujung motor. Sebuah roda magnet multipole dipasang pada poros rotor. Rakitan sensor Hall memiliki lima hingga tujuh kabel, yang menuju pengontrol di saluran terpisah dari sirkuit belitan stator. (Data yang dibawa oleh kabel kontrol akan rusak jika berada di saluran yang sama dengan kabel stator.) Semua motor DC tanpa sikat memiliki bantalan bola atau rol. (Sangat penting untuk memantau kondisi bantalan dengan cermat.) Jika bantalan rusak, rotor akan rusak. Bantalan pada motor DC tanpa sikat bertahan

lebih lama daripada kebanyakan jenis motor lainnya (karena suhu poros yang rendah). Magnet permanen menghilangkan panas yang dihasilkan dari arus belitan sangkar tupai (magnetisasi).

Pengoperasian Motor DC Tanpa Sikat

Motor DC brushless beroperasi dari pengontrol kecepatan variabel-variabel-hertz tegangan. Sensor efek Hall (pada poros motor) memberi tahu pengontrol posisi magnet yang tepat (relatif terhadap kutub stator). Medan magnet yang berputar terbentuk ketika pengontrol secara bergantian memberi daya pada tiga fase stator. Dua fase aktif dan satu fase mati menciptakan medan magnet yang berputar.

5.9 Motor Servo Tiga Fasa

Beberapa motor servo beroperasi hampir sama dengan motor DC brushless. Mereka memiliki perangkat umpan balik yang disebut resolver, encoder, generator tachometer, dan sensor efek Hall, dalam kombinasi dari dua atau lebih. Pengontrol motor servo melacak magnet permanen rotor. Ini memberi energi pada belitan stator yang tepat untuk memposisikan poros persis seperti yang dibutuhkan. Itu juga dapat mengontrol kecepatan motor yang tepat. Untuk menentukan apakah motor memiliki magnet permanen, pendekkan dua ujungnya dan putar porosnya. Magnet permanen akan menyebabkan resistensi terhadap rotasi. Jika motor dibongkar, sangat penting untuk memberi tanda referensi pada poros dan bel ujung. Menandai lokasi komponen menyederhanakan pemasangan kembali. Jika penyelarasan tidak dicatat, beri energi pada dua kabel belitan dengan tegangan rendah DC dan arus terkontrol (5 ampere atau kurang). Ini akan mengunci rotor dan memberikan titik referensi untuk memposisikan komponen. Kebanyakan kontrol servo mengkompensasi beberapa misalignment. Jumlah kutub juga dapat ditentukan dengan cara ini. Motor kecil ini dan kontrolnya mungkin akan dibuang seperti motor kecil lainnya.

5.10 Mengidentifikasi Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa memiliki banyak koneksi yang berbeda. Identifikasi bisa jadi sulit, terutama jika tidak ada papan nama. Sebagian besar koneksi dan fungsi serta aplikasinya akan diidentifikasi di bagian ini. Prosedur pemecahan masalah yang ditemukan di Bab 6 dapat digunakan pada semua motor yang dijelaskan di bagian ini. Jumlah sadapan yang dimiliki motor dapat membantu mengidentifikasi sambungannya. Jumlahnya bisa dari 3 hingga 18 atau lebih. Sebagian besar dapat dibagi 3, dengan yang paling umum adalah motor tegangan ganda sembilan sadapan. Motor enam sadapan memiliki banyak variasi yang berbeda dan sulit untuk diidentifikasi. Motor wye-delta, torsi konstan, tenaga kuda konstan, dan torsi variabel semuanya adalah motor enam sadapan (yang menggunakan angka 1 sampai 6).

Koneksi yang lebih jarang ditemui adalah dua kecepatan satu belitan, dua kecepatan dua belitan, start belitan sebagian, wye-delta, motor 12-lead, multispeed tegangan ganda, multimode, dan koneksi Eropa. Motor tanpa pelat nama menghadirkan masalah identifikasi umum. Kadang-kadang motor telah didesain ulang menjadi tenaga kuda, kecepatan, atau tegangan yang berbeda (tanpa perubahan yang dicatat pada pelat nama). Semua motor harus

diuji menggunakan kontrol pembatas arus, seperti resistor. Motor yang tidak dikenal seharusnya tidak pernah memiliki kekuatan penuh yang diterapkan padanya.

Motor Tegangan Ganda Sembilan-Lead

Motor tegangan ganda sembilan sadapan akan selalu terhubung ke wye atau delta. Motor sembilan sadapan yang terhubung dengan wye memiliki tiga set dua sadapan yang menyala satu sama lain dan satu set tiga sadapan yang menyala satu sama lain. Motor sembilan-sambungan delta memiliki tiga set tiga sadapan yang saling menyala. Motor multimode juga memiliki tiga set tiga lead yang saling menyala. Namun, ada perbedaan besar dalam koneksi internal motor. Hal ini dijelaskan di bawah "Motor Tiga Fasa Sembilan Lead Multimode," di awal bab ini. (Koneksi ini ditemukan terutama di industri ladang minyak.)

Sembilan lead memungkinkan untuk mengoperasikan motor tiga fase pada salah satu dari dua tegangan. Ada perbedaan 2-ke-1 antara koneksi tegangan tinggi dan rendah. Motor sembilan sadapan (keduanya wye dan delta) juga dapat dihubungkan mulai belitan sebagian jika memiliki gaya belitan yang tepat. Hal ini akan dijelaskan kemudian di bagian ini di bawah

"Penggulungan Gaya Konsentris dan Sambungan Mulai Pemutaran Sebagian".

Variasi dari motor yang terhubung dengan sembilan sadapan wye melibatkan sadapan kesepuluh. Kabel kesepuluh digunakan untuk menyambung wye internal ketika motor yang terhubung dengan wye dihubungkan dengan tegangan rendah. Pemecahan masalah motor ini dibahas dalam Bab 6.

Motor Tiga Timbal

Motor induksi tiga fasa tiga sadapan dirancang untuk satu tegangan dan satu kecepatan. (Motor yang lebih besar biasanya memiliki tiga sadapan, karena jarang dirancang untuk tegangan ganda.) Motor sembilan sadapan (ketika digulung ulang) dapat diubah menjadi tiga sadapan jika beroperasi pada satu voltase; sehingga ada lebih sedikit masalah koneksi dibandingkan dengan sembilan lead. (Nilai tegangan motor harus tertera pada pelat nama.) Jalankan motor pada tegangan rendah (240 volt) dengan kontrol pembatas arus jika tegangan tidak diketahui. Jika dimulai dengan arus masuk yang jauh lebih sedikit dari yang diharapkan, itu terhubung atau dirancang untuk tegangan yang lebih tinggi. Motor akan memiliki sekitar seperempat dari daya normalnya dan akan mulai lebih lambat dari biasanya. Sulit untuk menentukan tegangan yang tepat untuk motor kecil. Mereka mulai dengan cepat pada tegangan rendah—meskipun terhubung untuk tegangan tinggi—karena rotornya yang ringan. Ampere tanpa beban akan sangat rendah saat dijalankan pada tegangan rendah. Koneksi internal motor tiga-lead akan menjadi wye atau delta. Keduanya diuji dengan prosedur pengujian yang sama yang ditemukan di Bab 6.

Motor Enam Arah

Ketika sebuah motor memiliki enam sadapan, ia dapat memiliki banyak koneksi yang berbeda. (Beberapa contohnya adalah torsi konstan, daya kuda konstan, torsi variabel, dua putaran dua kecepatan, start belitan sebagian, dan koneksi wye-delta.) 254 Pemeliharaan dan Pemecahan Masalah Motor Listrik Enam sadapan terkadang digunakan pada kecepatan tunggal motor induksi, karena tidak ada ruang antara inti motor dan cangkang untuk tiga sadapan yang lebih besar. Dalam hal ini, sadapan setiap fase harus diamankan dalam satu lug sehingga tetap bersama.

Data pada papan nama membantu mengidentifikasi sambungan motor enam sadapan. Jumlah sirkuit antara lead juga membantu. Papan nama motor harus memiliki tenaga kuda, kecepatan, dan tegangan. Informasi ini mungkin semua yang diperlukan untuk mengidentifikasi koneksi motor. Jika papan nama tidak memberikan informasi yang cukup, periksa jumlah sirkuit di antara kabel. Deskripsi sirkuit (dalam teks berikut) kemudian dapat digunakan untuk identifikasi.

Motor satu lilitan dua kecepatan akan memiliki enam sadapan yang semuanya menunjukkan kontinuitas satu sama lain. Mereka diberi nomor 1 sampai 6. Papan nama mereka akan menunjukkan peringkat tenaga kuda yang berbeda (berkaitan dengan desainnya) tetapi jarang akan mengidentifikasi jenis motor. Mereka" semua memiliki peringkat kecepatan 2-ke-1 dan terlalu besar (untuk tenaga kuda mereka).

Motor torsi konstan memiliki dua peringkat tenaga kuda. (Kecepatan tinggi memiliki tenaga kuda dua kali lebih banyak daripada kecepatan rendah.) Motor dengan tenaga kuda konstan memiliki peringkat tenaga kuda yang sama untuk kedua kecepatan. Motor torsi variabel memiliki dua peringkat tenaga kuda. (Daya kuda kecepatan rendah adalah seperempat dari tenaga kuda kecepatan tinggi.) Tiga skema sambungan yang ditunjukkan pada Gambar 5.52 mengidentifikasi jenis sambungan yang digunakan dalam motor ini. (Motor torsi konstan adalah yang paling umum.)

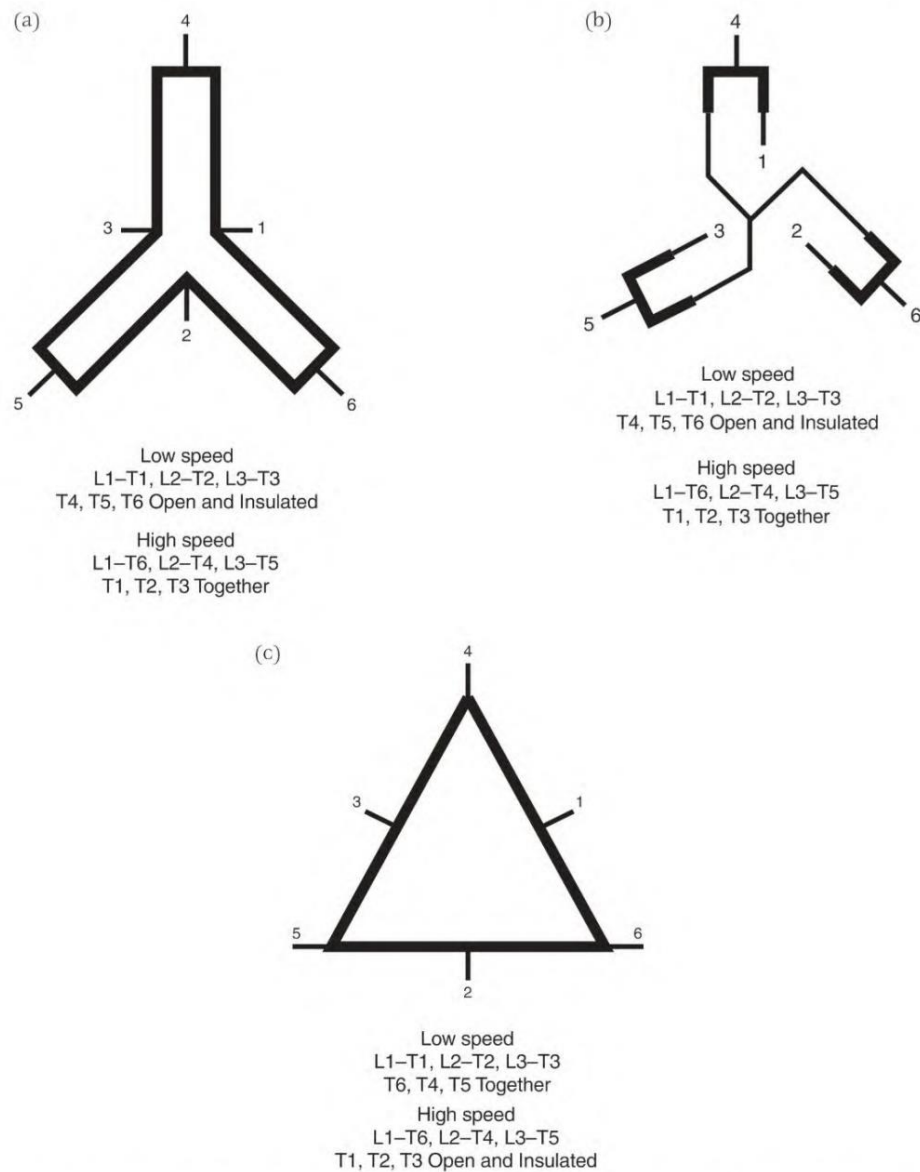
Koneksi Torsi Konstan

Hubungkan nomor lead (seperti yang ditunjukkan pada skema torsi konstan untuk kecepatan rendah) dengan T4, T5, dan T6 terbuka, dan gunakan daya tiga fase arus terbatas. Jika motor berjalan dengan baik, sambungkan dengan kecepatan tinggi. Jika beroperasi dengan memuaskan, jalankan motor dengan tegangan pengenalan penuh pada kedua kecepatan. Terhubung kecepatan rendah, motor dapat menarik penuh atau sedikit di atas ampere pelat nama. Terhubung kecepatan tinggi, itu harus menarik sekitar 50 persen lebih kecil dari ampere pelat nama, yang akan menunjukkan bahwa motor terhubung torsi konstan. Motor (torsi konstan) ini memiliki dua kali tenaga kuda pada kecepatan tinggi dibandingkan pada kecepatan rendah.

Koneksi Torsi Variabel

Motor torsi variabel dan torsi konstan menggunakan kombinasi nomor lead yang sama. Jika daya motor sangat rendah (pada kecepatan rendah), koneksi motor adalah torsi variabel

(Gambar 5.52b). Tenaga kuda kecepatan rendah motor torsi variabel adalah seperempat dari tenaga kuda kecepatan tinggi. Pengujian beban motor adalah cara mudah untuk mengetahui perbedaan antara dua koneksi.



Gambar 5.52 (a) Sambungan torsi konstan, (b) Sambungan torsi variabel, (c) Sambungan tenaga kuda konstan.

Koneksi Tenaga Kuda Konstan

Jika motor dirancang untuk menjadi tenaga kuda konstan (Gambar 5.52c), koneksi torsi konstan kecepatan rendah akan menyebabkannya menarik ampere yang sangat tinggi. Jika ampere tinggi, uji motor (dengan daya terbatas) menggunakan koneksi daya kuda konstan. Jika koneksi motor telah diidentifikasi secara positif dan memiliki daya yang sangat kecil, maka terhubung (atau didesain ulang) untuk tegangan yang lebih tinggi daripada yang diterapkan. Uji motor (pertama, dengan daya terbatas) menggunakan tegangan yang lebih tinggi.

Koneksi Dua-Kecepatan Dua-Berliku

Motor dua lilitan dua kecepatan memiliki dua set tiga sadapan yang saling menyala. Nomor lead adalah T1, T2, dan T3 untuk kecepatan rendah; T11, T12, dan T13 untuk kecepatan tinggi. Mungkin ada atau mungkin tidak ada dua peringkat tenaga kuda di papan namanya. Jika demikian, tenaga kuda kecepatan rendah akan lebih kecil daripada kecepatan tinggi. Motor dua-belitan dua-kecepatan memiliki jumlah sirkuit yang sama (dua set tiga) sebagai motor start-berliku-bagian (akan dibahas selanjutnya).

Koneksi Mulai Berliku Bagian

Motor start bagian-berliku akan memiliki dua sirkuit dari tiga lead. Satu sirkuit diberi nomor T1, T2, dan T3; lainnya, T7, T8, dan T9. Setiap sirkuit berisi sebagian dari belitan kecepatan tunggal. Sambungan yang paling umum adalah start setengah lilitan, menggunakan sambungan dua arah. (Setengah dari belitan ada di setiap sirkuit.) Menerapkan arus tiga fase terbatas ke satu sirkuit akan mengidentifikasi koneksi ini. Jika motor hidup dan berjalan, lakukan tes yang sama dengan sirkuit lainnya. Kedua sirkuit harus berjalan pada kecepatan dan ampere yang sama. Daya motor kira-kira setengah dengan satu sirkuit. Motor mungkin atau mungkin tidak berisik (tergantung pada koneksi kutub-ke-kutub internal), dan ampere akan rendah. Hubungkan jalur 1 ke T1 dan T7, jalur 2 ke T2 dan T8, dan jalur 3 ke T3 dan T9. Motor harus mulai dan berjalan dengan kekuatan penuh. (Motor memulai beban pada setengah lilitannya. Setelah 2 atau 3 detik, setengah lainnya diberi energi.)

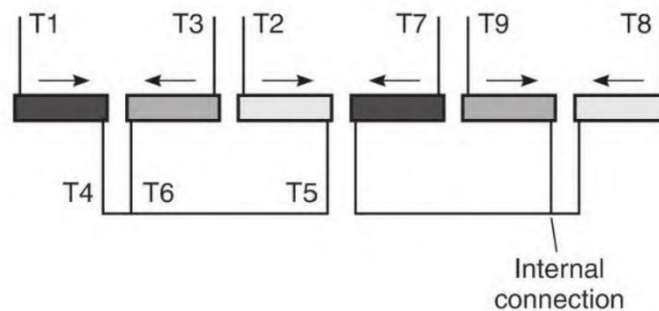
Inrush ampere adalah setengah dari across-the-line starting (menggunakan belitan lengkap). Saat kecepatan meningkat, ampere pada belitan tahap pertama turun. Ketika belitan tahap kedua diberi energi, permintaan amperenya akan hampir sama dengan permintaan ampere tahap pertama. Dengan kedua tahap diberi energi, permintaan ampere total lebih kecil daripada start lintas jalur. Start belitan sebagian tidak direkomendasikan untuk beban yang menuntut start yang sering atau berat dalam waktu lama. (Panas yang berlebihan akan terjadi pada belitan tahap pertama karena tegangan penuh diterapkan padanya.) Jika panas tidak memiliki waktu untuk menghilang (dari seringnya start), masa pakai isolasi belitan berkurang. Metode start wye-delta (dibahas nanti di bagian ini) lebih baik untuk start yang lama dan berat.

Awal Berliku Bagian dari Motor Dua Kutub

Motor dua kutub dapat dimulai dengan belitan sebagian jika memiliki sambungan internal yang benar. Jika T1, T2, dan T3 dihubungkan ke kutub pertama setiap fasa, seperti diilustrasikan pada Gambar 5.53, motor akan hidup dan berjalan normal (ketika T7, T8, dan T9 diberi energi). Jika T3 disambungkan ke sebuah kutub di separuh belitan lainnya, motor dapat membalikkan dirinya sendiri ketika separuh kedua diberi energi. Berliku Gaya Konsentris dan Sambungan Mulai Berliku Bagian

Motor sembilan sadapan (dengan belitan gaya konsentris) tidak akan mulai pada bagian belitannya. Masalah ini sering terjadi ketika motor lilitan putaran, atau motor starter belitan bagian terhubung khusus, diganti dengan motor standar (belitan konsentris).

Sambungan khusus (tidak digunakan pada motor tegangan ganda sembilan sadapan standar) harus digunakan.



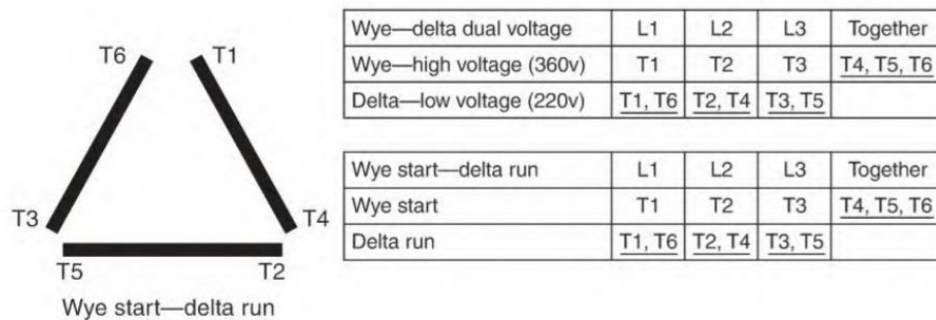
Gambar 5.53 Sambungan internal untuk motor dua kutub yang akan bekerja dengan kontrol start belitan bagian. Motor tidak akan mundur saat babak kedua diberi energi.

Untuk mengikuti persaingan dan permintaan volume tinggi, sebagian besar pabrik motor menggunakan metode lilitan konsentris. Kumparan berbentuk konsentris dapat dimasukkan ke dalam slot motor dengan mesin. (Gulungan putaran harus dililit dengan tangan.) Pusat perbaikan motor listrik sering mendesain ulang belitan konsentris menjadi belitan putaran.

Koneksi Wye-Delta

Sambungan wye-delta (Gambar 5.54) digunakan di Eropa sebagai sambungan tegangan ganda. Di Amerika Serikat, koneksi digunakan terutama sebagai metode awal. Sebuah motor terhubung wye-delta akan memiliki tiga set dua sadapan yang menyala satu sama lain (T1 ke T4, T2 ke T5, dan T3 ke T6). Akan ada dua peringkat tegangan pada papan nama, dengan tegangan yang lebih tinggi (wye) menjadi 1,73 (akar kuadrat dari 3) kali tegangan yang lebih rendah (delta). Tegangan operasi (untuk penyalaan wye-delta) adalah tegangan sambungan delta. Jika sambungan delta diberi nilai 220 volt, tegangan sambungan wye akan menjadi 380 volt (selisih 160 volt). Untuk menghasilkan daya penuh, volt per putaran harus sama untuk kedua sambungan.

Verifikasi koneksi dengan menghubungkan T4, T5, dan T6 bersama-sama; kemudian berikan arus tiga fasa terbatas pada T1, T2, dan T3. (Gunakan tegangan pengenalan untuk koneksi delta.) Motor harus mulai perlahan dan dayanya berkurang. Hubungkan kembali motor (menggunakan koneksi delta: jalur 1 terhubung ke T1 dan T6, jalur 2 ke T2 dan T4, jalur 3 ke T3 dan T5). Jika tegangan dan sambungan sudah benar, motor harus berjalan normal dengan beban penuh.



Gambar 5.54 Hubungan wye-delta.

Metode Mulai Wye-Start, Delta-Run

Metode pengasutan wye-start, delta-run mirip dengan pengasutan tegangan rendah. Sambungan wye diberi energi terlebih dahulu dengan 220 volt (tegangan operasi delta). Beberapa detik kemudian kontrol beralih ke koneksi delta, dan motor berjalan dengan daya penuh. Dengan menggunakan metode ini, arus masuk ampere jauh lebih kecil dibandingkan dengan start lintas jalur. Ini memungkinkan motor mengambil lebih banyak waktu untuk memulai beban berat, tanpa terlalu panas pada belitannya.

Motor akan memiliki kira-kira sepertiga dari torsi normalnya pada sambungan wye. Beban tidak boleh memerlukan torsi pemutus yang lebih tinggi dari yang dapat dihasilkan oleh sambungan wye. Jika motor terhubung wye-delta tidak memiliki torsi breakaway yang cukup, koneksi start satu-delta, koneksi dua-wye dapat digunakan. (Tegangan operasi harus untuk dua wye.) Koneksi satu-delta start, dua-wye run (dijelaskan sedikit kemudian di bawah "Motor Dua Belas-Lead Single-Speed") menghasilkan torsi awal 40 persen lebih banyak daripada metode wye-delta. Arus masuk ampere lebih tinggi daripada metode wye-start, delta-run.

Motor Induksi Wye-Delta dengan Tegangan Tidak Diketahui

Terkadang pelat nama motor hilang atau tidak menunjukkan peringkat tegangan. Jika koil berbentuk putaran bubur atau konsentris, tegangan motor dapat dinilai antara 208 hingga 760 volt (Gambar 5.55). (Gulungan bubur jarang digunakan pada tegangan di atas 760 volt.) Kawat kumparan biasanya terlihat dengan gulungan bubur. Kumparan bentuk-luka digunakan pada motor di atas 2400 volt. Jenis belitan ini jarang ditemukan pada motor dengan tegangan 760 volt atau kurang. Kumparan masing-masing dibungkus dengan isolasi. Pusat perbaikan motor atau pabrikan motor harus dikonsultasikan untuk menentukan voltase yang benar. Menerapkan tegangan yang terlalu tinggi (misalnya, 460 volt ke motor 230 volt) akan merusak motor dalam beberapa detik. Selalu gunakan arus terbatas (resistor) ketika tegangan tidak diketahui. Ketika tegangan tidak pasti dan motor tidak memiliki masalah listrik, prosedur berikut harus diikuti:

1. Hubungkan wye dan jalankan tanpa beban, dengan arus terbatas.
2. Jika motor mulai perlahan dan menarik sangat sedikit ampere, maka tegangan terlalu rendah atau sambungan delta harus digunakan.

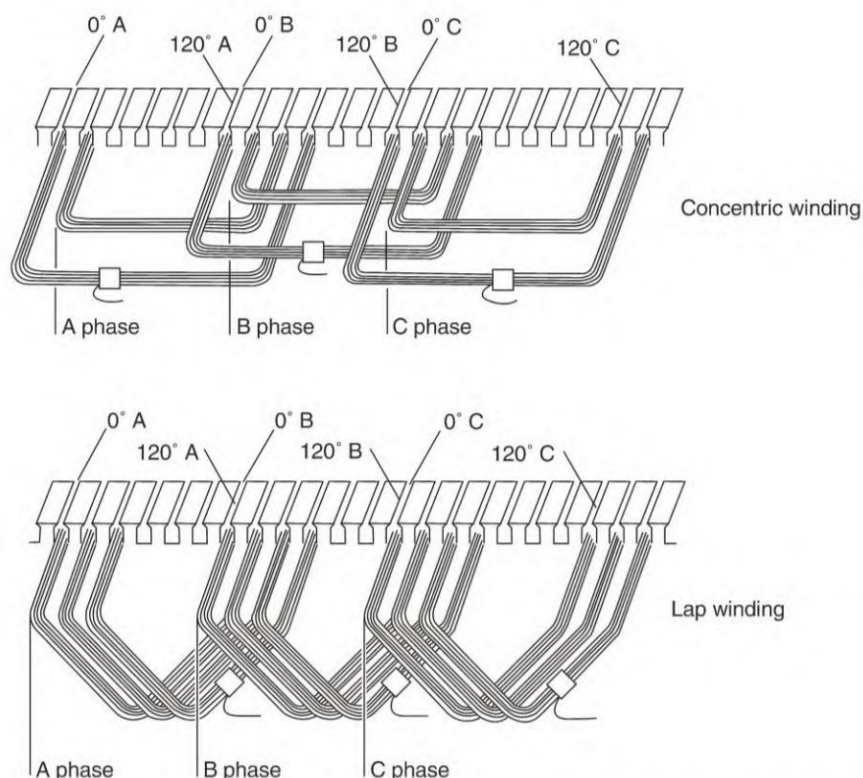
3. Hubungkan delta motor dan pasang tegangan yang sama (menggunakan arus terbatas). Motor akan mulai lebih cepat dan menarik lebih banyak ampere daripada dengan koneksi wye.
4. Terapkan tegangan penuh sambil mengamati cara memulai, dan ampere tanpa beban. Jika mulai perlahan dan ampere rendah, berikan tegangan yang lebih tinggi berikutnya, menggunakan prosedur yang sama (sambungan wye terlebih dahulu), hingga motor hidup dan berjalan normal.

Muat motor dan periksa ampere.

Dengan asumsi ampere tidak terlalu tinggi, gunakan tachometer untuk melihat apakah RPM memuaskan. (Motor di atas 50 tenaga kuda akan memiliki slip lebih sedikit daripada motor di bawah 50 tenaga kuda.) Bagi 7200 dengan jumlah kutub untuk mendapatkan kecepatan sinkron motor (dijelaskan dalam Bab 3 di bawah "Revolusi per Menit, Kutub, dan Hertz"). Slip harus kurang dari 1 persen kecuali motor dirancang untuk slip tinggi (5 persen slip maksimum untuk motor slip tinggi).

Jika slip berlebihan dengan sambungan wye, sambungkan delta motor dan jalankan dengan arus terbatas dan tanpa beban.

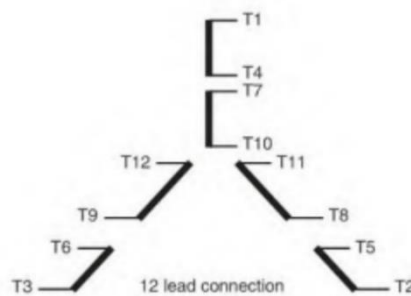
Jika ampere tidak terlalu tinggi, berikan tegangan penuh dan beban penuh dan periksa RPM. Sebuah wye terhubung motor menggunakan tegangan delta akan mulai dan berjalan hampir normal. Namun, dengan motor yang terisi penuh, slip akan berlebihan, belitan akan menjadi terlalu panas, dan motor akan gagal dalam beberapa jam.



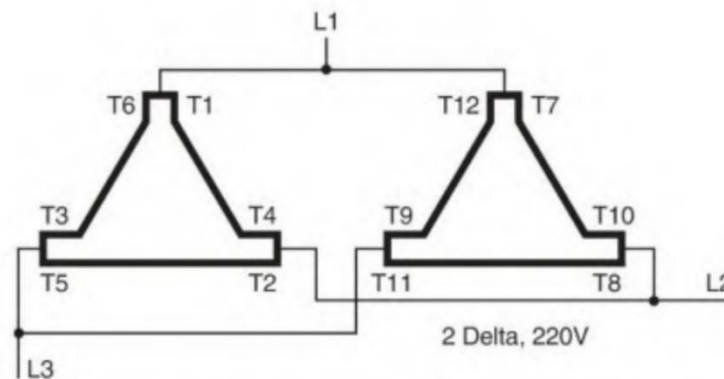
Gambar 5.55 Dua bentuk (konsentrik dan putaran) digunakan pada belitan motor belitan burur.

Motor Kecepatan Tunggal Dua Belas-Lead

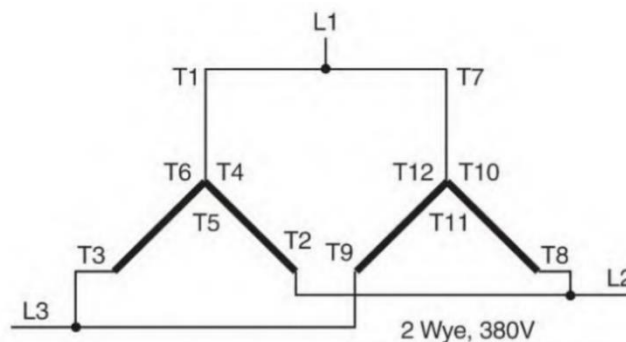
Sambungan 12 sadapan (bernomor 1 sampai 12) akan memiliki enam pasang sadapan yang menyala satu sama lain. Gambar 5.56 menunjukkan koneksi. Perbedaan antara sambungan ini dan sambungan sembilan sadapan adalah bahwa ujung setiap fase (T10, T11, dan T12) dapat diakses di kotak sambungan motor. Motor 12-lead dapat dihubungkan ke empat voltase yang berbeda: wye-delta, start satu delta, run dua-wye, dan variasi metode start belitan bagian. Gambar 5.57 adalah sambungan dua delta, yang memiliki peringkat tegangan terendah. Terlepas dari apa peringkat tegangan koneksi dua delta, peringkat tegangan koneksi dua-wye adalah 1,73 (akar kuadrat dari 3) kali tegangan itu (Gambar 5.58). Dalam hal ini, jika sambungan dua delta diberi nilai 220 volt, $220 \times 1,73 = 380$. Sambungan dua arah wye diberi nilai 380 volt.



Gambar 5.56 Urutan penomoran 12 sadapan yang digunakan di Indonesia.

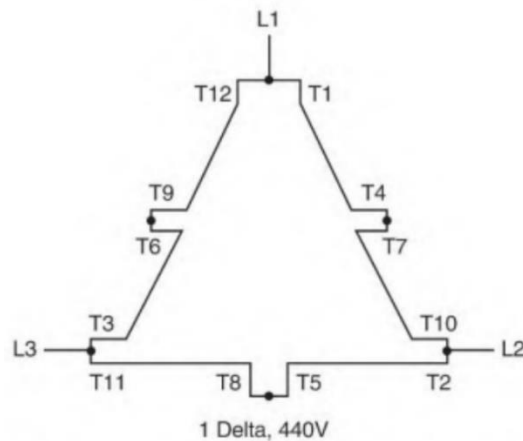


Gambar 5.57 Sambungan tegangan terendah untuk motor 12-lead adalah dua delta.

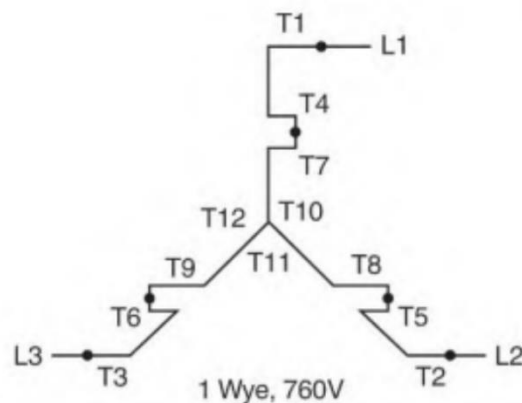


Gambar 5.58 Nilai tegangan untuk sambungan dua-wye adalah 1,73 kali sambungan dua-delta.

Jika koneksi dua delta (paralel) diberi tegangan 220 volt, satu delta (terhubung seri) diberi tegangan 440 volt (Gambar 5.59). Jika sambungan dua-wye (paralel) diberi tegangan 380 volt, sambungan satu-wye (terhubung seri) diberi tegangan 760 volt (Gambar 5.60). Sambungan 12-lead dapat digunakan sebagai start bagian-berliku pada dua tegangan. Itu dapat dihubungkan dua wye untuk memulai dan dua delta untuk berlari (beroperasi pada tegangan dua delta). Itu juga dapat dihubungkan satu-wye start dan satu-delta berlari (beroperasi pada tegangan satu-delta). Metode start lainnya (dimungkinkan oleh koneksi 12-lead) adalah start satu delta dan lari dua arah. Koneksi ini akan menghasilkan torsi awal 40 persen lebih banyak daripada koneksi wye-start, delta-run. (Torsi awal yang meningkat akan membutuhkan arus masuk ampere yang lebih tinggi.) Tegangan operasi harus seperti sambungan dua arah dan mungkin memerlukan penggulungan ulang motor untuk tegangan ini.



Gambar 5.59 Nilai tegangan untuk sambungan satu-delta adalah dua kali dari sambungan dua-delta.



Gambar 5.60 Nilai tegangan untuk sambungan satu arah adalah dua kali lipat

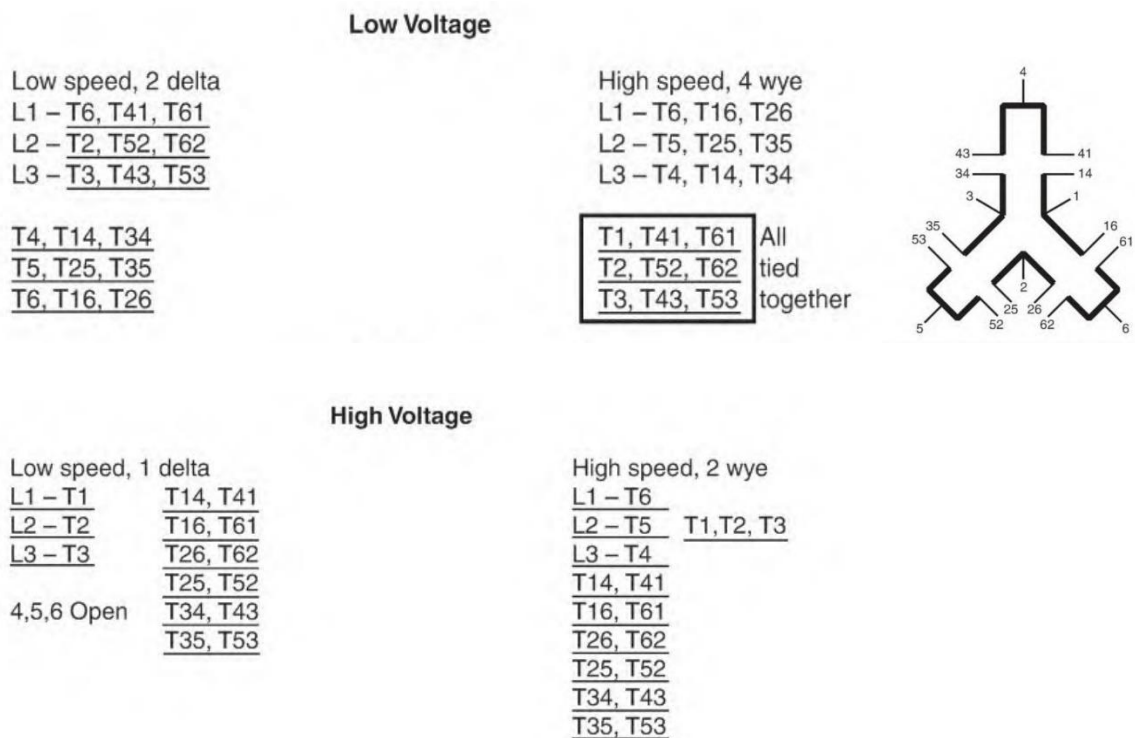
Motor Multispeed Tegangan Ganda

Sambungan tegangan ganda jarang ditemui pada motor dua kecepatan. Seperti yang ditunjukkan pada skema berikut, motor dua kecepatan tegangan ganda membutuhkan 18 sadapan. Skema pada Gambar. 5,61, 5,62, dan 5,63 (a dan b) berturut-turut adalah torsi-konstan, tenaga kuda-konstan, dan tegangan-ganda torsi variabel.

Belitan terhubung tegangan ganda dua kecepatan tidak dapat digunakan dengan belitan lain. Ada banyak rangkaian paralel loop tertutup dengan motor tegangan ganda dua kecepatan terhubung tegangan rendah (5.63b). Semua sirkuit loop tertutup harus dibuka saat belitan ini idle.

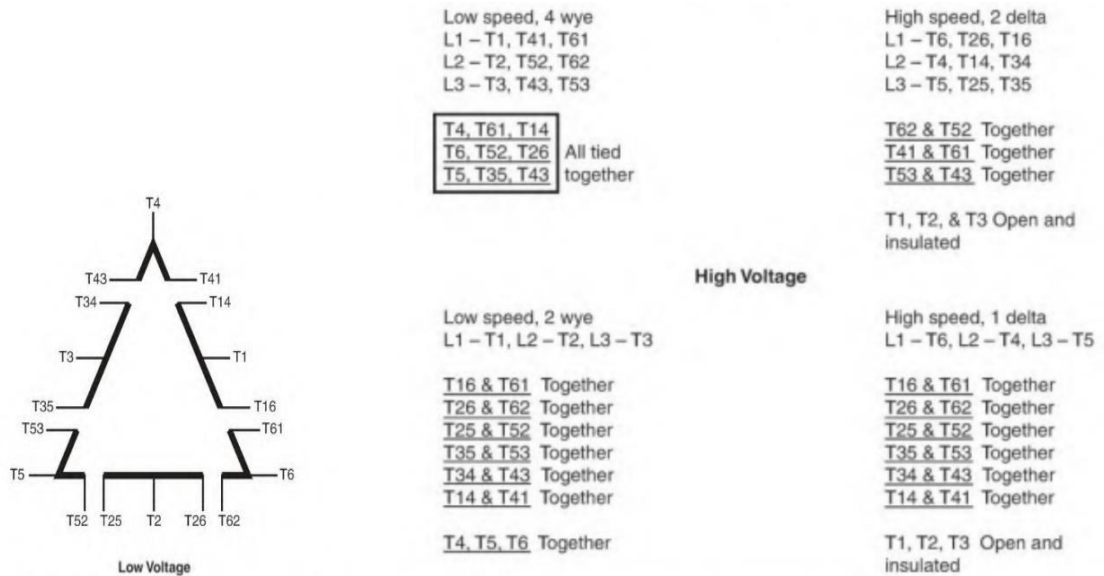
Koneksi

Sistem pelabelan International digunakan di Indonesia. Gambar 5.64 dan 5.65 menunjukkan sistem pelabelan ini. Sebagian besar peralatan yang dibawa ke luar negeri termasuk Amerika Serikat dari Eropa dan Inggris Raya memiliki motor dengan sistem penomoran timah ini. Gambar 5.66 dan 5.67 menunjukkan hubungan Indonesia sebelumnya untuk motor wye-delta dan 12-lead. Gambar 5.68 dan 5.69 memberikan hubungan bekas Inggris Raya untuk motor wye-delta dan 12-lead. Sebagian besar motor ini dirancang untuk beroperasi pada 50 Hz. Peringkat tenaga kuda biasanya diberikan dalam kilowatt. (Konversi ke 60 Hz telah dijelaskan sebelumnya dalam bab ini, di bawah "Pengoperasian Motor Tiga Fasa.")

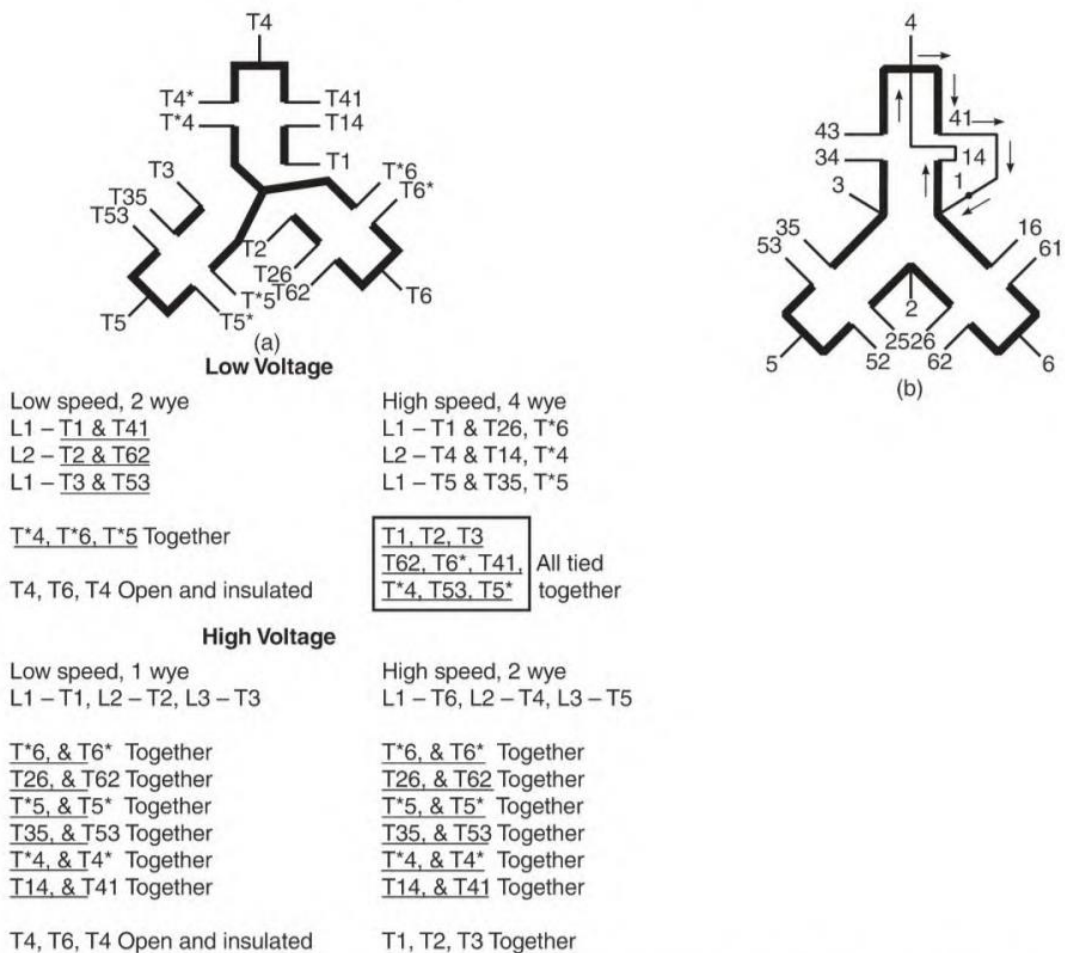


Gambar 5.61 Sambungan torsi konstan tegangan ganda.

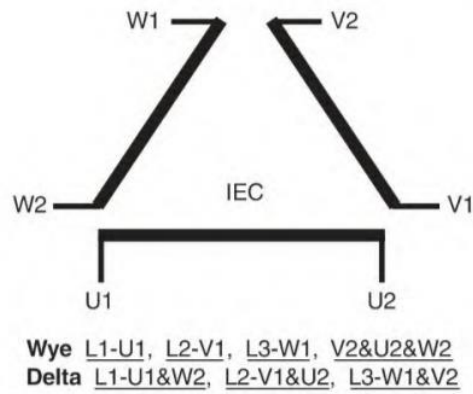
Ukuran bingkai adalah metrik. Jika diganti dengan ukuran bingkai NEMA, pelat adaptor dapat digunakan. Sistem koneksi Indonesia dapat diganti dengan sistem penomoran sederhana yang ditemukan di Amerika Serikat. Koneksi internal identik dengan motor AS.



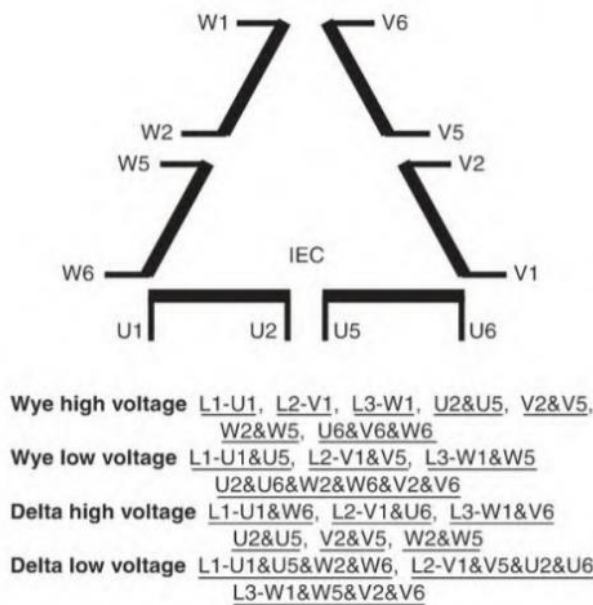
Gambar 5.62 Sambungan tenaga kuda konstan tegangan ganda



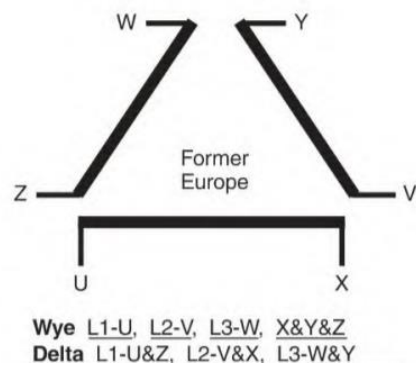
Gambar 5.63 (a) Sambungan torsi variabel tegangan ganda, (b) Putaran cunent (panah) jika sambungan tidak terbuka saat digunakan dengan belitan lain.



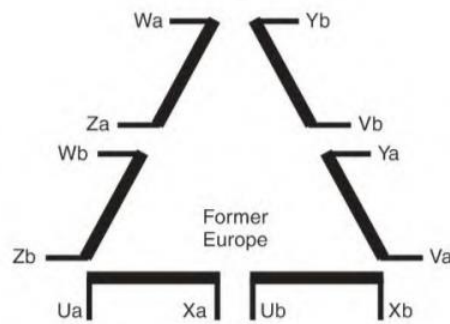
Gambar 5.64 Versi terbaru dari koneksi wye-delta, dikembangkan oleh IEC di Eropa dan Inggris Raya.



Gambar 5.65 Sistem penomoran IEC 12-lead untuk Eropa dan Inggris Raya

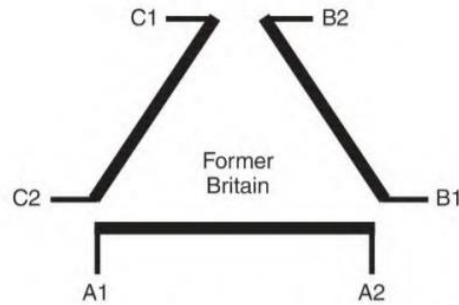


Gambar 5.66 koneksi wye-delta untuk Eropa.



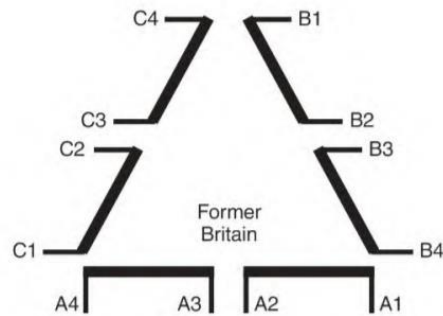
Wye high voltage L1-Ua, L2-Va, L3-Wa, Xa&Ub, Ya&Vb, Za&Wb, Xb&Yb&Zb
 Wye low voltage L1-Ua&Ub, L2-Va&Vb, L3-Wa&Wb, Xa&Xb&Ya&Yb&Za&Zb together
 Delta high voltage L1-Ua&Zb, L2-Va&Xb, L3-Wa&Yb, Xa&Ub, Ya&Vb, Za&Wb
 Delta low voltage L1-Ua&Ub&Za&Zb, L2-Va&Vb&Xa&Xb, L3-Wa&Wb&Ya&Yb

Gambar 5.67 Koneksi 12-lead untuk Eropa.



Wye con. L1-A1, L2-B1, L3-C1, A2&B2&C2
 Delta con. L1-A1&C2, L2-B1&A2, L3-C1&B2

Gambar 5.68 Koneksi wye-delta untuk Inggris Raya.



Gambar 5.69 Koneksi 12-lead untuk Inggris Raya.

5.11 Test Pemahaman Materi, Pilih B (Betul) dan S (Salah)

1. Kualitas apa yang membuat motor induksi tiga fase populer untuk industri?
2. Kecepatan motor induksi tiga fasa diatur oleh jumlah kutub, Hz sumber daya, dan beban B/S
3. Laminasi di inti motor 25-Hz lebih tebal daripada di motor 60-Hz B/S

4. Motor dengan bodi pendek adalah pilihan yang baik untuk beban getas B/S
5. Tiga fase motor tiga fase dipisahkan satu sama lain oleh derajat listrik.
6. Torsi putar terjadi karena waktu saat daya puncak berkembang di setiap fase sesuai dengan derajat pemisahan fisik fase B/S
7. Tegangan fase tunggal tidak akan memulai motor tiga fase B/S
8. Motor tiga fase yang berjalan pada fase tunggal akan memiliki daya kuda terukurnya.
 - a. $\sqrt{3}$
 - b. 72
 - c. 7,4
9. Sebuah motor induksi menarik ampere tinggi ketika mulai karena permintaan arus yang tinggi dari rotor sangkar tupai B/S
10. Ampere tinggi (starting) berarti torsi tinggi B/S
11. Huruf kode digunakan untuk menentukan ampere beban penuh motor B/S
12. Nilai torsi motor konstan saat RPM berubah B/S
13. Sebuah beban memiliki persyaratan torsi, RPM, dan tenaga kuda, sedangkan motor hanya membutuhkan peringkat tenaga kuda yang dibutuhkan beban B/S
14. Nameplate RPM (full-load RPM) adalah kecepatan di mana motor memiliki torsi paling besar B/S
15. Huruf desain membantu menyesuaikan motor dengan persyaratan bebannya B/S
16. Desain Motor A digunakan ketika RPM beban hampir konstan diperlukan B/S
17. Motor desain B populer karena memenuhi sebagian besar persyaratan beban, dan tidak memerlukan B/S arus awal yang tinggi
18. Motor desain C memiliki karakteristik torsi yang lebih tinggi daripada motor desain B B/S Motor D desain menarik ampere awal yang rendah dan memiliki torsi awal yang tinggi, tetapi memiliki torsi rendah pada RPM penuh B/S
19. Motor desain D dapat menangani kelebihan beban intermiten yang akan menyebabkan panas berlebih pada motor desain B atau C B/S
20. Semua motor induksi beroperasi pada RPM B/S papan nama yang tepat
21. Motor terhubung wye memiliki empat sirkuit, dan motor terhubung delta memiliki tiga sirkuit B/S
22. Sambungan delta sembilan sadapan memiliki satu rangkaian tiga sadapan dan tiga rangkaian dua sadapan B/S
23. Papan tombol telepon dapat digunakan untuk mengidentifikasi nomor pada sambungan 9-, 10-, dan 12-sambungan B/S
24. Sambungan 12 sadapan memiliki empat sambungan tegangan, dan lebih banyak opsi mulai daripada sambungan 9 sadapan B/S
25. Sambungan 12 sadapan dapat digunakan untuk start bagian berliku dan metode start lainnya B/S
26. Motor multi-kecepatan semuanya memiliki satu B/S yang berkelok-kelok
27. Sebutkan tiga kecepatan motor satu lilitan dua kecepatan B/S

28. Motor satu lilitan dua kecepatan, tanpa beban, menarik lebih sedikit arus pada kecepatan rendah daripada pada B/S kecepatan tinggi
29. Motor tenaga kuda konstan memiliki torsi tinggi pada kecepatan rendah B/S
30. Motor dengan torsi konstan memiliki lebih banyak tenaga kuda pada kecepatan.
 - a. rendah
 - b. tinggi
31. Motor torsi variabel memiliki peringkat tenaga kuda yang mirip dengan motor torsi konstan B/S
32. Motor dua belitan dua kecepatan tidak memiliki hubungan internal antara belitan B/S
33. Fitur utama motor multimode adalah untuk menghemat biaya energi selama beban rendah untuk waktu yang lama B/S
34. Motor multimode digunakan karena memiliki faktor daya yang baik, dan karena dayanya dapat disesuaikan dengan kebutuhan beban yang berbeda B/S
35. Motor multimode jarang ditemukan di luar industri oli, tetapi akan bekerja dengan baik pada aplikasi kompresor udara B/S
36. Motor sembilan sadapan yang dapat dikacaukan dengan motor multimode saat menguji jumlah sirkuit adalah:
 - a. ya.
 - b. delta.
37. Perbedaan antara motor mode triple dan motor mode quadruple adalah lokasi lead tengah di setiap fase B/S
38. Medan DC pada motor sinkron hanya digunakan untuk memulai beban B/S
39. Gulungan amortisseur adalah belitan sangkar tupai Resistor pelepasan B/SA digunakan untuk membatasi ampere medan DC B/SAmpere tinggi adalah penyebab utama kegagalan medan DC B/S
40. memungkinkan relai kontrol medan untuk memberi energi pada medan DC B/S
41. Tegangan diturunkan
42. Hz rendah
43. Overexciting medan DC mengubah RPM motor sinkron B/S
44. Motor sinkron (digunakan untuk meningkatkan faktor daya industri) harus dibebani B/S
45. Motor sinkron tanpa sikat beroperasi sama dengan jenis sikat B/S
46. Motor sinkron tiga fasa dapat diubah menjadi alternator yang menghasilkan daya tiga fasa B/S
47. Kontrol yang sebelumnya digunakan untuk meningkatkan faktor daya pada motor sinkron digunakan untuk mengontrol Hz pada alternator B/S
48. Belitan amortisseur (kandang tupai) menjadi belitan peredam pada alternator B/S
49. Motor rotor belitan adalah motor induksi B/S
50. Belitan tiga fasa (dan pengontrol) pada rotor motor rotor belitan mengontrol torsi motor B/S
51. Menurunkan ampli rotor menurunkan ampli stator B/S

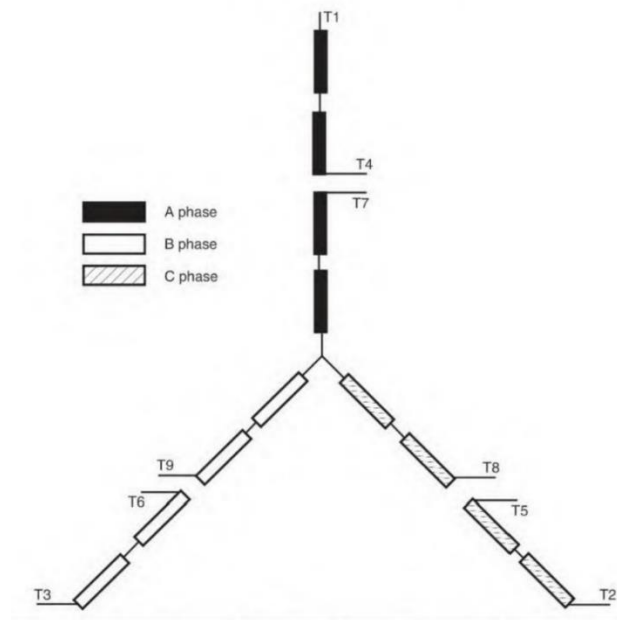
52. Menghilangkan resistensi pada kontrol rotor terlalu cepat menekan belitan motor B/S
53. Kontrol rotor belitan secara tepat mengatur kecepatan motor bahkan jika tidak ada beban B/S
54. Motor rotor belitan dapat dibalik bj'- menukar sadapannya
 - a. rotor
 - b. stator
55. Motor rotor belitan dapat digunakan sebagai transformator tegangan variabel atau sebagai kontrol Hz B/S
56. Motor DC brushless berjalan pada kecepatan sinkron B/S
57. Motor servo adalah motor DC brushless mini B/S
58. Motor tegangan ganda sembilan sadapan yang tidak dikenal dapat dihubungkan dengan wye, delta, atau multimode B/S
59. Motor tiga fase tiga sadapan yang tidak dikenal harus diuji coba dengan tegangan rendah dan arus terbatas sebelum mencoba B/S tegangan lebih tinggi
60. Motor enam sadapan adalah yang paling sulit untuk mengidentifikasi B/S
61. Sebutkan tiga jenis motor dua kecepatan satu lilitan B/S
62. Tidak disarankan untuk terlebih dahulu menguji coba motor yang tidak dikenal dengan tegangan penuh B/S
63. Nomor sadapan yang lebih tinggi menunjukkan belitan kecepatan yang lebih tinggi pada motor dua kecepatan dua belitan B/S
64. Tujuan utama dari start bagian belitan adalah untuk mengurangi ampli awal B/S
65. Motor dua kutub mungkin tidak mulai menggunakan metode mulai belitan bagian B/S
66. Motor lilitan konsentris standar mungkin tidak dapat dihidupkan dengan setengah lilitan B/S
67. Motor terhubung wye-delta memiliki dua sirkuit dengan tiga sadapan. B/S
68. Metode mulai wye-delta memungkinkan lebih banyak waktu untuk memulai beban tanpa terlalu panas pada belitan B/S
69. Setelah sambungan dan tegangan diidentifikasi, tachometer harus menjadi instrumen uji akhir yang digunakan (pada beban penuh) B/S
70. Pada motor 12 sadapan standar, sadapan T10 adalah akhir dari fase A, T11 adalah akhir dari fase C, dan T12 adalah akhir dari fase B. B/S
71. Motor 12-lead dapat digunakan untuk start bagian-berliku. B/S
72. Motor dua kecepatan tegangan ganda membutuhkan 18 sadapan. B/S
73. Sistem koneksi Eropa tidak dapat dikonversi ke sistem nomor A.S. tanpa mengubah koneksi internal B/S

BAB 6

CARA MEMPERBAIKI MOTOR TIGA FASA

6.1 Koneksi Internal Motor Sembilan-Lead Tegangan Ganda

Kesalahan yang mahal dapat dihindari jika teknisi memahami dua jenis sambungan yang digunakan pada motor sembilan sadapan. Pengujian dapat dilakukan secara akurat dan dengan keyakinan jika koneksi dipahami sepenuhnya. Motor tiga fase sembilan sadapan tegangan ganda terhubung secara internal dengan wye atau delta. Data yang ditemukan antara nomor lead sangat berbeda dalam dua koneksi. Beberapa kegagalan belitan pada motor terhubung-wye akan memiliki tampilan yang berbeda dari motor terhubung-delta—bahkan ketika keduanya memiliki masalah dasar yang sama. Hasil tes juga akan berbeda. Penting untuk mengidentifikasi penyebab belitan yang terbakar. Mereka akan memiliki penampilan yang berbeda dalam semua situasi ini: burnout satu fase, kelebihan beban, tegangan tidak seimbang, dan lonjakan tegangan. (Kerusakan lonjakan tegangan lebih sering terjadi pada motor yang dikendalikan oleh penggerak variabel hertz.) Semua masalah ini disebabkan oleh kesalahan dalam instalasi yang memerlukan koreksi. Motor pengganti bisa gagal—terkadang langsung—jika masalah di pabrik tidak diperbaiki. Sembilan lead memungkinkan untuk mengoperasikan motor tiga fase pada salah satu dari dua tegangan. Kedua koneksi memiliki perbedaan tegangan 2-ke-1.



Gambar 6.1 Motor sembilan-tiang empat kutub dengan dua kutub di setiap setengah fasenya

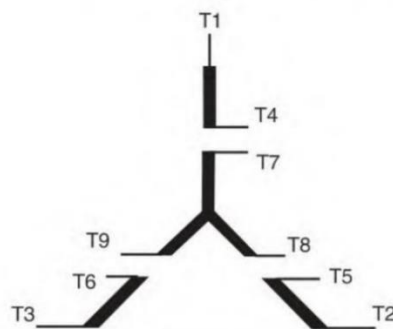
Memahami Koneksi Wye Sembilan-Lead

Motor yang terhubung dengan sembilan sadapan wye terdiri dari tiga belitan fase tunggal. Setiap fase memiliki lilitan, kumparan, dan ukuran kawat yang identik. Selain itu, mereka masing-masing dipisahkan menjadi dua sirkuit yang sama. Ujung setiap fase

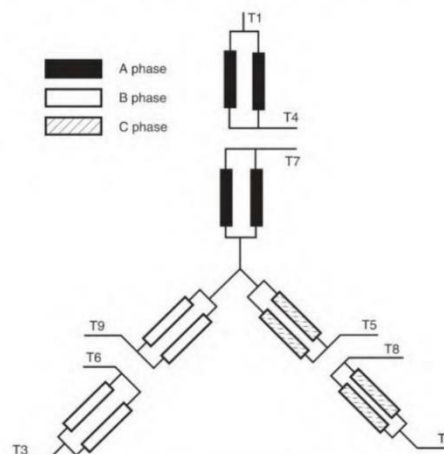
dihubungkan bersama, membentuk koneksi Y (Gambar 6.1). Dua sirkuit dari setiap fase dapat dihubungkan secara eksternal secara seri atau paralel. Seri untuk tegangan tinggi, dan paralel untuk tegangan rendah. Sambungan tegangan tinggi (seri) selalu dinilai dua kali lebih tinggi dari sambungan tegangan rendah (paralel).

Skema sambungan (Gambar 6.2) dapat digunakan sebagai panduan untuk menguji motor yang terhubung dengan sembilan sadapan. Panjang yang identik antara angka pada skema berarti datanya sama, yaitu T1 hingga T4, T2 hingga T5, T3 hingga T6, T7 hingga T8 dan T9. Sirkuit yang identik dapat diuji perbandingannya, yang merupakan metode yang mudah, andal, dan akurat untuk memeriksa belitan. Kesalahan identik di setiap sirkuit identik (total enam) dimungkinkan, tetapi sangat jauh. Internal, belitan mungkin memiliki sirkuit wye paralel (Gambar 6.3). Ini mengurangi ukuran kawat belitan. (Kabel yang lebih kecil lebih mudah dibentuk dan dimasukkan ke dalam slot.) Motor yang 5 tenaga kuda dan lebih besar biasanya memiliki beberapa sambungan wye internal. Jika ada lebih dari satu sambungan wye internal, setiap setengah rangkaian akan memiliki satu atau lebih rangkaian paralel. Sebuah rangkaian terbuka pada sambungan paralel (multiwye) akan menunjukkan hasil pengujian yang berbeda dari rangkaian terbuka pada sambungan satu-wye (Gambar 6.4).

Nomor lead T1 dan T4 adalah paruh pertama dari rangkaian fase A. Lead T7 memulai setengah sisa sirkuit fase-A dan berakhir di wye internal. Nomor lead T2 dan T5 adalah paruh pertama dari rangkaian fase C. Lead T8 memulai setengah sisa sirkuit fase-C dan berakhir di wye internal. Nomor lead T3 dan T6 adalah paruh pertama dari rangkaian fase B. Lead T9 memulai setengah sisa sirkuit fase-B dan berakhir di wye internal.



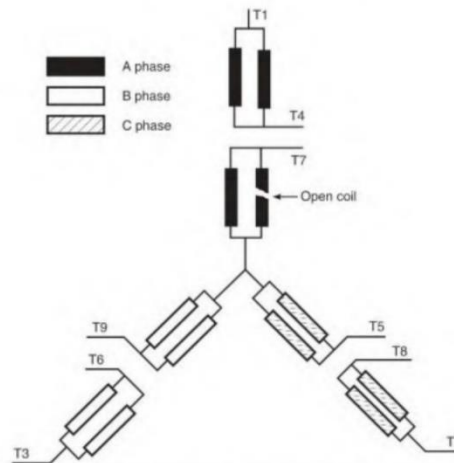
Gambar 6.2 Menggunakan skema sembilan sadapan untuk melakukan uji perbandingan.



Gambar 6.3 Sebuah motor sembilan-lead empat-kutub dua-dan-empat-wye.

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

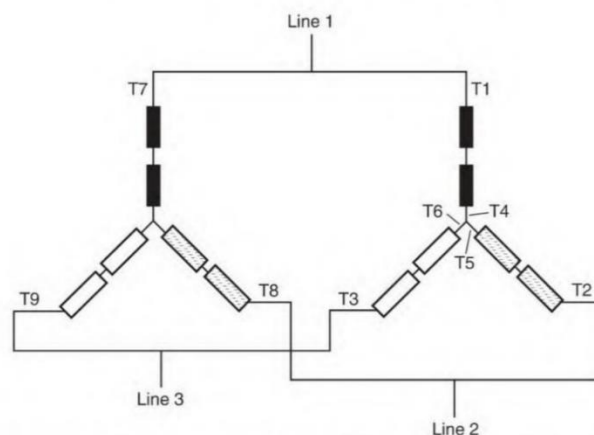
Sadapan T1 dan T4, T2 dan T5, serta T3 dan T6 memiliki data yang sama persis di antara mereka. Sadapan T7, T8, dan T9 memiliki belokan dua kali lebih banyak (di antara mereka) seperti yang dimiliki tiga pasangan. Dengan koneksi tegangan rendah (paralel), jalur 1 terhubung ke T1 dan T7; jalur 2 ke T2 dan T8; dan jalur 3 ke T3 dan T9. Sadapan T4, T5, dan T6 dihubungkan bersama dan diisolasi, membentuk wye eksternal (Gambar 6.5). Sadapan T1, T2, dan T3 memiliki data yang identik dengan sadapan T7, T8, dan T9. Dengan sambungan tegangan tinggi (seri), jalur 1 terhubung ke T1, jalur 2 ke T2, dan jalur 3 ke T3. Lead T4 terhubung ke T7, T5 terhubung ke T8, dan T6 terhubung ke T9. Semua diisolasi secara terpisah (Gambar 6.6). Data belitan motor dari jalur 1 ke jalur 2, jalur 2 ke jalur 3, dan jalur 3 ke jalur 1. Arus yang mengalir dari jalur ke jalur dalam sambungan wye akan melewati dua fase lengkap (Gambar 6.7).



Gambar 6.4 Sebuah motor empat-kutub empat-wye sembilan-sumbu dengan sirkuit terbuka.

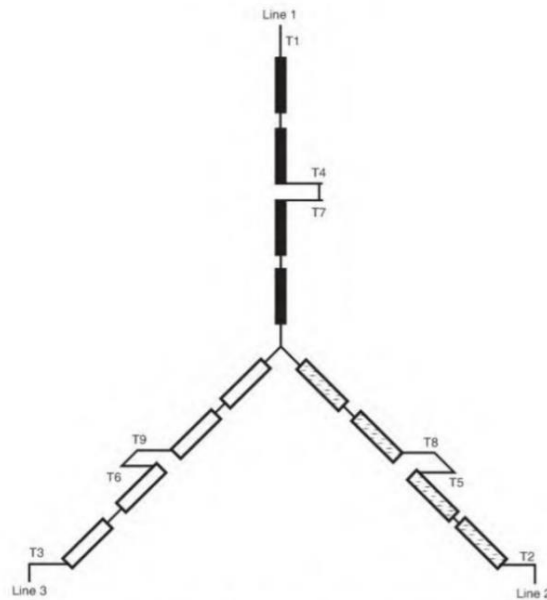
Memahami Koneksi Delta Sembilan Arah

Motor terhubung delta sembilan sadapan terdiri dari tiga belitan fase tunggal. Setiap fase memiliki lilitan, kumparan, dan ukuran kawat yang identik. Setiap akhir fase terhubung ke awal fase berikutnya (Gambar 6.8).

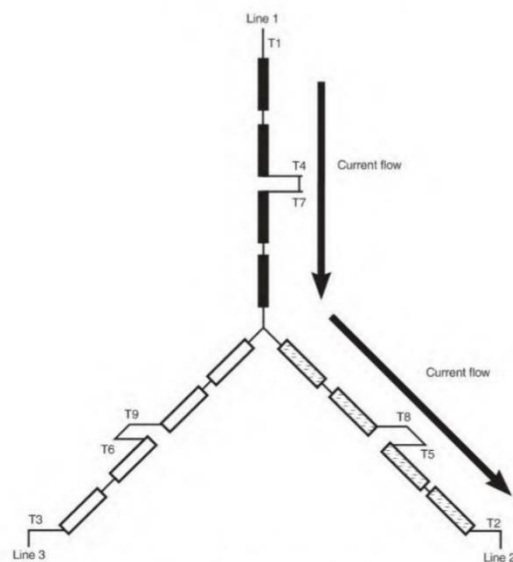


Gambar 6.5 Motor dengan sembilan sadapan yang terhubung dengan tegangan rendah.

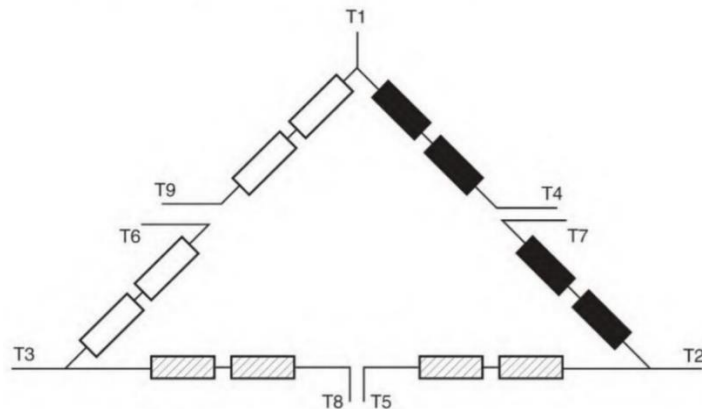
Setiap fase dipisahkan menjadi dua sirkuit yang sama. Kedua sirkuit dapat dihubungkan secara seri atau paralel. Sambungan seri tegangan tinggi, dan sambungan paralel tegangan rendah. Sambungan tegangan tinggi (seri) akan selalu diberi peringkat dua kali peringkat tegangan rendah (paralel).



Gambar 6.6 Motor terhubung-wye sembilan-sambungan tegangan tinggi.

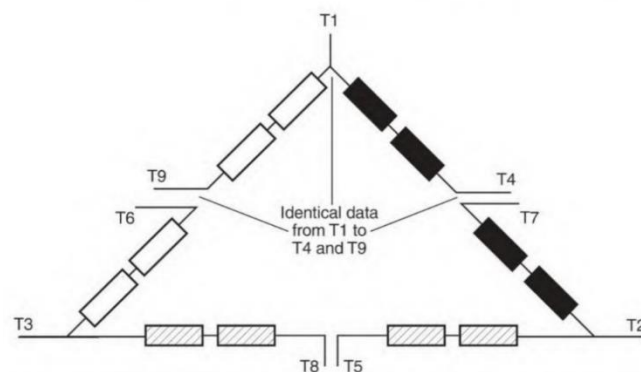


Gambar 6.7 Arus mengalir melalui dua fase dari L1 ke L2.



Gambar 6.8 Motor terhubung delta sembilan sadapan.

Skema sambungan (Gambar 6.9) dapat digunakan sebagai panduan untuk menguji motor yang terhubung delta sembilan sadapan. Panjang yang identik antara angka berarti datanya identik antara mereka, yaitu, T1 ke T4 dan ke T9; T2 ke T5 dan ke T7; dan T3 ke T6 dan ke T8. Sirkuit yang identik dapat diuji perbandingannya. Kesalahan identik di setiap sirkuit fase (total enam sirkuit) dimungkinkan, tetapi sangat tidak mungkin.



Gambar 6.9 Menggunakan skema delta sembilan sadapan untuk menguji sirkuit motor.

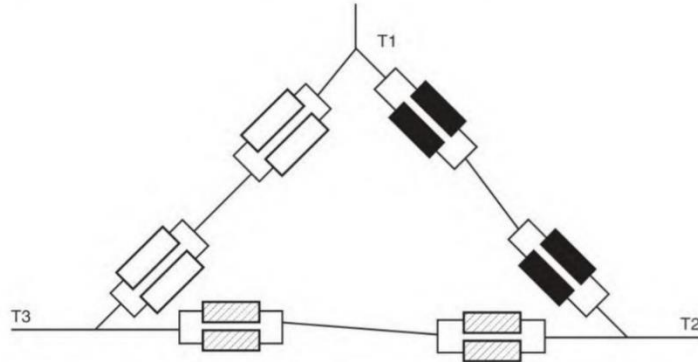
Ukuran Kawat Lebih Kecil dengan Delta dan Multicircuit Winding

Belitan terhubung delta menggunakan kabel yang lebih kecil daripada koneksi wye. Beberapa sirkuit internal juga menggunakan kabel yang lebih kecil daripada sirkuit tunggal. (Kabel yang lebih kecil lebih mudah dibentuk dan dimasukkan ke dalam slot.) Sambungan delta biasanya ditemukan pada motor 5 tenaga kuda (dan lebih besar), tetapi motor tiga fase ukuran berapa pun dapat dihubungkan secara delta. Hal yang sama berlaku untuk koneksi multi-sirkuit. Secara internal, belitan dapat memiliki banyak sirkuit paralel (Gambar 6.10). Sambungan delta tegangan ganda (sembilan sadapan), dengan lebih dari satu sirkuit delta internal, ditunjukkan pada Gambar 6.11. Setiap setengah sirkuit (misalnya, T1 ke T4) memiliki dua sirkuit paralel. Daftar berikut mengacu pada skema pada Gambar 6.12:

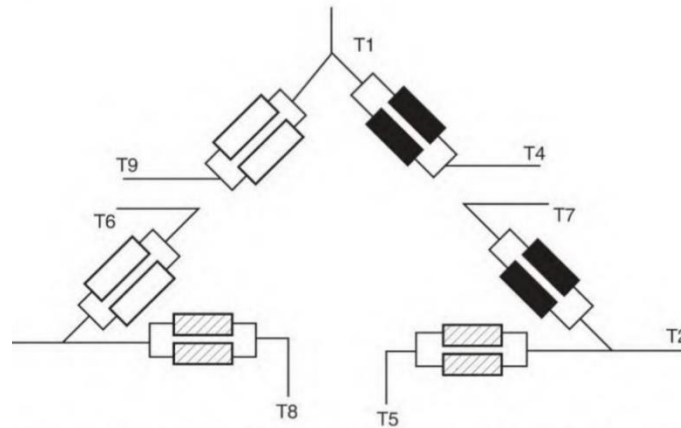
- Sadapan T1 dan T4 adalah paruh pertama dari rangkaian fase A. Lead T7 memulai separuh sisa sirkuit fase-A dan berakhir di jalur 2 (T2).
- Sadapan T2 dan T5 adalah paruh pertama dari rangkaian fase C. Lead T8 memulai separuh sisa sirkuit fase-C dan berakhir di jalur 3 (T3).

Sadapan T3 dan T6 adalah paruh pertama dari rangkaian fase B. Lead T9 memulai separuh sisa sirkuit fase-B dan berakhir di saluran 1 (T1).

- Data antara T1 dan T4 sama persis dengan data antara T1 dan T9.
- Data antara T2 dan T5 sama persis dengan data antara T2 dan T7.
- Data antara T3 dan T6 sama persis dengan data antara T3 dan T8.

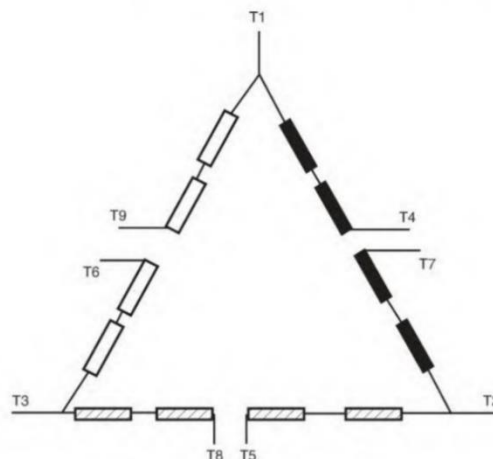


Gambar 6.10 Koneksi empat sirkuit atau empat delta.

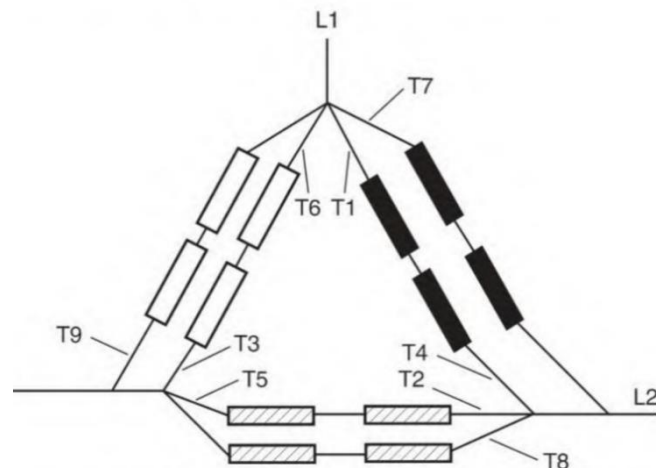


Gambar 6.11 Skema delta sembilan sadapan dengan koneksi internal paralel

Dengan koneksi tegangan rendah (paralel) (Gambar 6.13), jalur 1 terhubung ke T1, T7, dan T6; jalur 2 ke T2, T8, dan T4; dan jalur 3 ke T3, T9, dan T5.

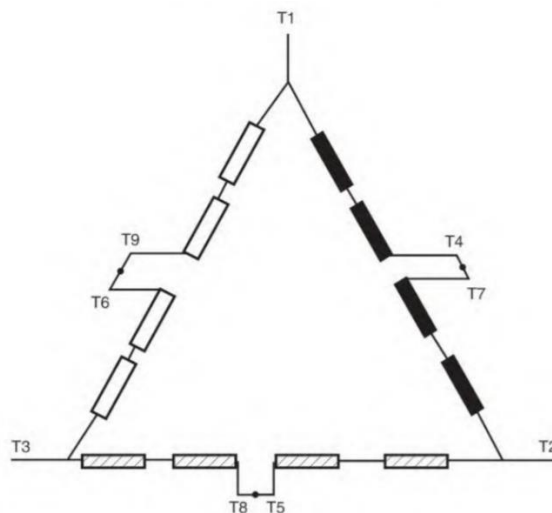


Gambar 6.12 Koneksi satu dan dua delta sembilan sadapan

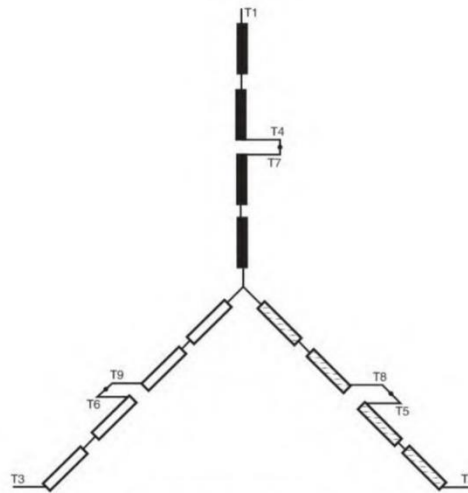


Gambar 6.13 Sambungan satu dan dua delta sembilan sadapan untuk tegangan rendah.

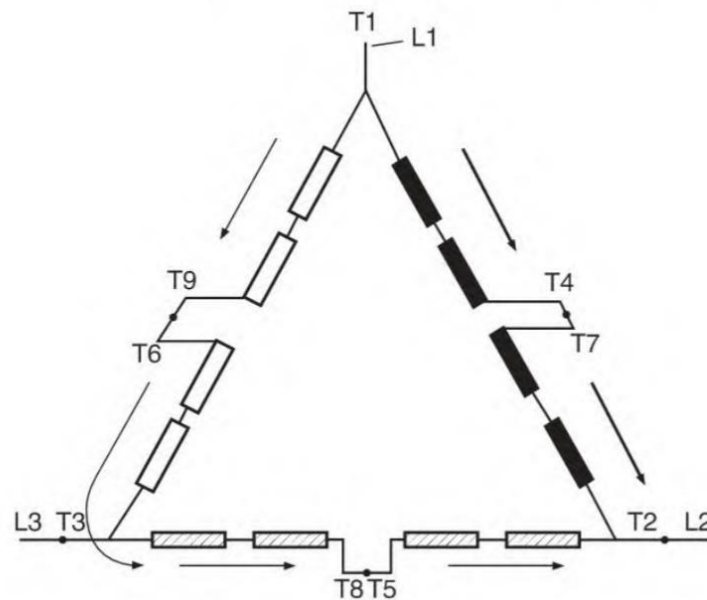
Pada sambungan tegangan tinggi (Gambar 6.14), jalur 1 terhubung ke T1, jalur 2 ke T2, dan jalur 3 ke T3. Timbal T4 terhubung ke T7; T5 hingga T8; T6 hingga T9; tiga koneksi diisolasi secara terpisah. Kombinasi angka untuk tegangan tinggi sama untuk wye (Gambar 6.15) dan delta. Data antara saluran 1 dan saluran 2, saluran 2 dan saluran 3, serta saluran 3 dan saluran 1 persis sama pada sambungan tegangan tinggi dan rendah. Sebagian besar arus yang mengalir dari saluran 1 ke saluran 2 (dalam hubungan delta) akan melewati satu belitan fase lengkap (Gambar 6.16). Beberapa arus akan mengalir melalui dua fase lainnya.



Gambar 6.14 Sambungan satu dan dua delta sembilan sadapan untuk tegangan tinggi.



Gambar 6.15 Sambungan sembilan sadapan satu dan dua sambungan untuk tegangan tinggi.



Gambar 6.16 Aliran arus dari L1 ke L2 di motor terhubung delta sembilan sadapan.

6.2 Identifikasi Lead Tanpa Tanda pada Motor Tiga Fasa Sembilan-Lead

Beberapa metode untuk mengidentifikasi lead yang tidak bertanda mengharuskan motor dijalankan pada bagian belitannya. Motor dengan kumparan berbentuk konsentris tidak akan memulai sendiri pada bagian belitannya. Poros harus diputar untuk memulainya, yang berbahaya. Pembacaan tegangan harus diambil dari lead dengan motor berjalan. (Ini juga berbahaya.)

Metode berikut ini jauh lebih aman dan sederhana. (Gunakan uji perbandingan pada semua sirkuit untuk memastikan tidak ada kegagalan belitan.) Mengidentifikasi Lead Tanpa Tanda dalam Sambungan Wye Peralatan berikut diperlukan:

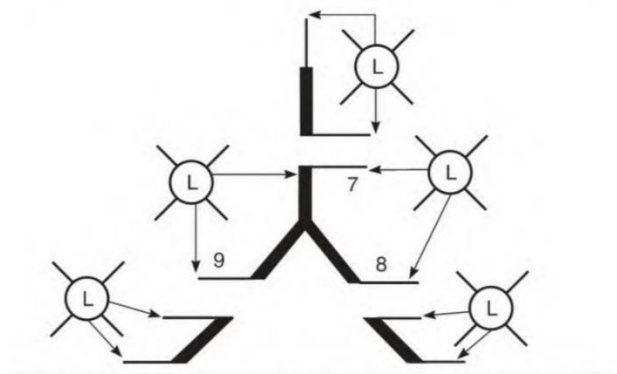
- Uji cahaya atau ohmmeter
- Sumber DC tegangan rendah (baterai 6- atau 12-volt)
- Voltmeter DC skala rendah (harus analog)

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

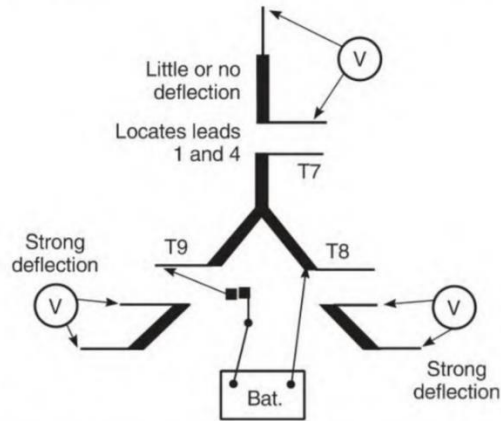
- Label prospek bernomor

Motor harus dirakit (rotor diperlukan untuk melengkapi sirkuit magnetik). Langkah pertama adalah memisahkan rangkaian dengan menggunakan ohmmeter atau lampu uji. Seperti dapat dilihat pada Gambar 6.17, ada tiga set dua sadapan yang menyala bersama dan satu set tiga sadapan. Pasangkan dua set. Labeli secara permanen lead di set tiga dengan nomor T7, T8, dan T9 seperti yang ditunjukkan. Selanjutnya, cari T1 dan T4. Hubungkan salah satu sumber tegangan DC ke T8, kemudian buat dan putus (flash) rangkaian dengan sesekali menyentuh ujung lainnya ke T9. Periksa ketiga set (dua-lead) dengan voltmeter saat mem-flash T9. Voltmeter akan menunjukkan defleksi yang kuat pada dua pasang dan sedikit atau tidak ada defleksi pada satu pasang (Gambar 6.18). Pasangan dengan sedikit atau tanpa defleksi adalah T1 dan T4—terletak tetapi tidak teridentifikasi—dan merupakan bagian dari fase T7. Pasang voltmeter ke pasangan yang terletak. Pasang sumber tegangan ke T7 dan T8 dengan kabel positif pada T7 (Gambar 6.19). Flash sirkuitnya. Jika voltmeter membelok ke atas, beri label permanen pada kabel motor yang terhubung ke probe voltmeter positif T1, dan kabel berpasangannya T4. Dengan sumber tegangan masih di lokasi ini (berkedip T7 dan T8), periksa dua pasang lainnya dengan voltmeter. Pasangan dengan defleksi yang kuat akan menjadi milik T8, dan pasangan dengan sedikit atau tanpa defleksi akan menjadi milik T9 (Gambar 6.20). Hubungkan voltmeter ke pasangan dengan defleksi yang kuat (Gambar 6.21). Pasang sumber tegangan ke T7 dan T8 (dengan probe positif pada T8). Saat mem-flash sirkuit (jika ada defleksi kelas atas), beri label secara permanen pada kabel motor yang terhubung ke probe voltmeter positif T2 dan kabel berpasangannya T5.

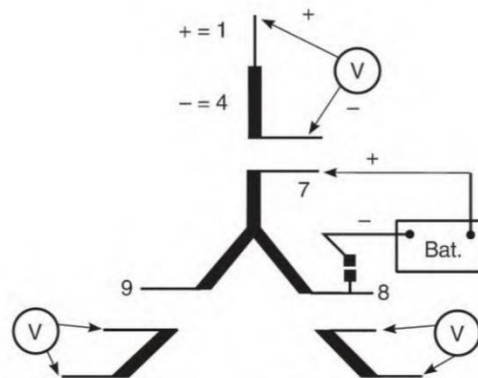
Ulangi prosedur sebelumnya—dengan probe positif dari sumber tegangan pada T9—untuk mengidentifikasi pasangan terakhir (T3 dan T6). Pada pengujian sebelumnya, dua dari tiga fase memiliki setengah dari belitannya yang diberi energi, dan satu belitan fase lengkap tidak digunakan. Sepasang sadapan (yang termasuk dalam fase diam) memiliki sedikit atau tidak ada defleksi, karena belitannya tidak berada dalam rangkaian magnet (sudut) yang sama dengan fase yang diberi energi. (Gulungan idle diimbangi 120 derajat listrik dari yang lain.)



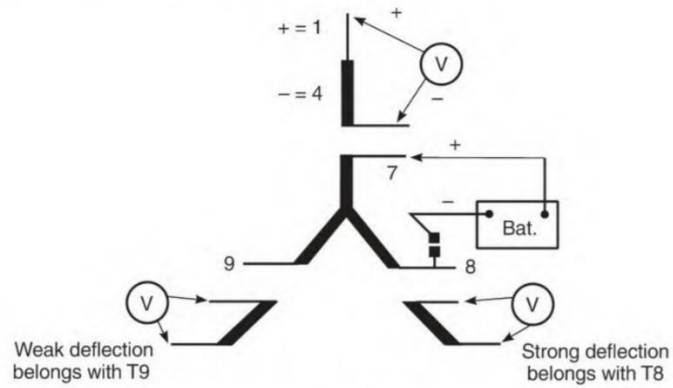
Gambar 6.17 Mengidentifikasi sirkuit motor terhubung-wye sembilan sadapan dengan sadapan tidak bertanda. Set dengan tiga lead secara permanen diberi label 7, 8, dan 9.



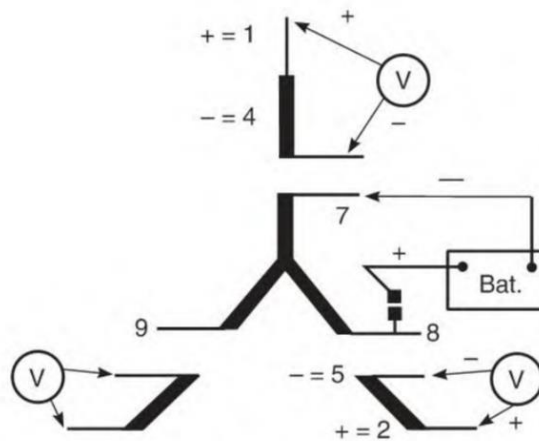
Gambar 6.18 Sambungan baterai untuk mencari T1 dan T4.



Gambar 6.19 Sambungan untuk mengidentifikasi T1 dan T4.



Gambar 6.20 Sambungan baterai untuk mencari T2 dan T5 dan juga T3 dan T6.



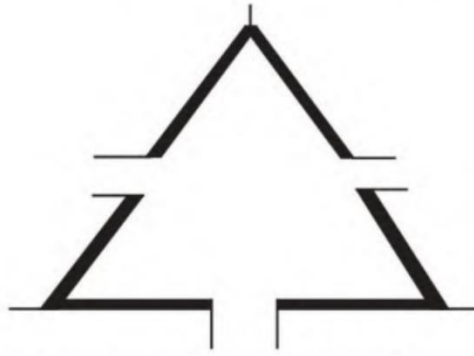
Gambar 6.21 Sambungan untuk mengidentifikasi T2 dan T5.

Mengidentifikasi Prospek Tanpa Tanda dalam Koneksi Delta

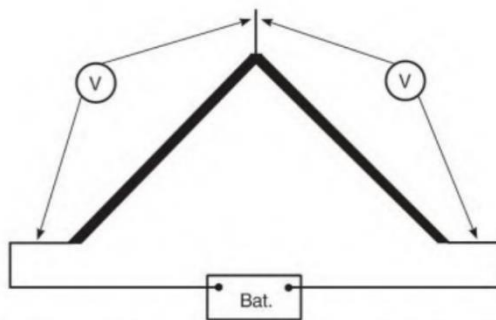
- Peralatan ini dibutuhkan:
- Lampu uji atau ohmmeter
- Sumber DC tegangan rendah (batte 6 atau 12 volt[^])
- Voltmeter DC skala rendah (harus analog)
- Label prospek bernomor

Motor harus dirakit karena rotor diperlukan untuk melengkapi rangkaian magnetik. Pertama, pisahkan sirkuit. Seperti dapat dilihat pada Gambar 6.22, ada tiga set dari tiga sadapan yang saling menyala. Selanjutnya temukan pusat lead (titik delta) dari setiap sirkuit. (Titik sambungan delta—sambungan T1, T2, dan T3—seringkali memiliki kabel yang lebih besar daripada enam sadapan lainnya.) Pasang sumber tegangan DC ke dua sadapan dari rangkaian tiga sadapan mana pun. Akan ada tegangan dari kedua sadapan sumber tegangan—ke titik—seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.23, jika sadapan kanan dipilih. Jika titik tersebut adalah salah satu kabel yang terpasang ke sumber daya, akan ada pembacaan tegangan dari satu kabel sumber ke kabel idle dan tidak ada dari kabel sumber lainnya (Gambar 6.24).

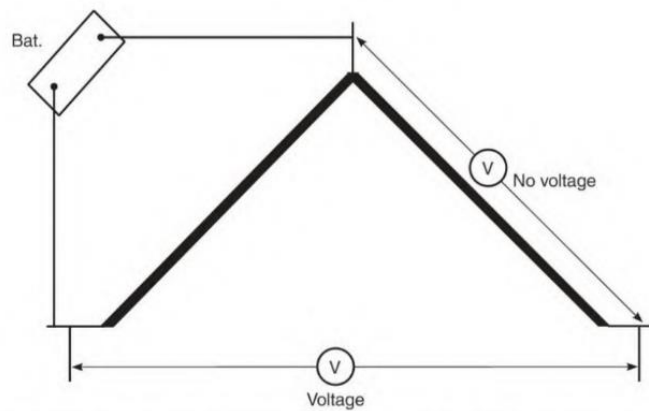
Beri label secara permanen pada titik delta T1, T2, dan T3. Putar dua sadapan milik titik T1 bersama-sama, dan berikan tegangan DC intermiten, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.25. Dari titik T2, satu sadapan (dari rangkaian tiga sadapannya) akan menunjukkan defleksi yang kuat, dan sadapan lainnya akan menunjukkan sedikit atau tidak ada defleksi. Beri label secara permanen pada kabel defleksi kuat T7 dan T5 lainnya. Dari titik T3 (Gambar 6.26), satu sadapan (dari rangkaian tiga sadapannya) akan menunjukkan defleksi yang kuat, dan sadapan lainnya akan menunjukkan sedikit atau tidak ada sama sekali. Beri label secara permanen pada kabel defleksi kuat T6 dan T8 lainnya.



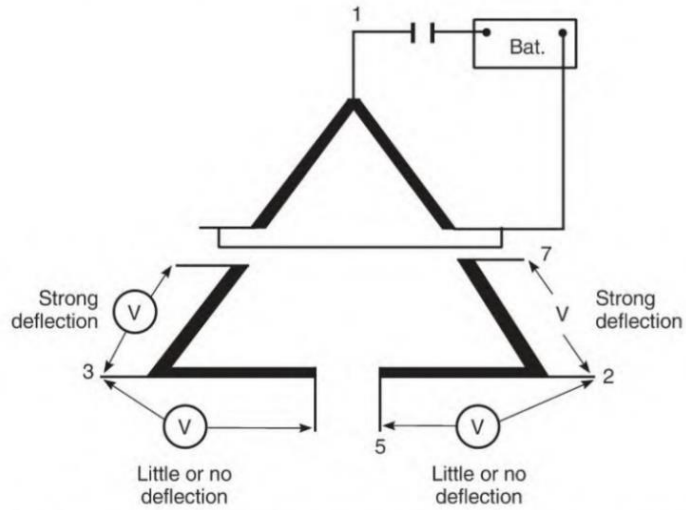
Gambar 6.22 Mengidentifikasi sirkit motor terhubung delta sembilan sadapan dengan sadapan tidak bertanda.



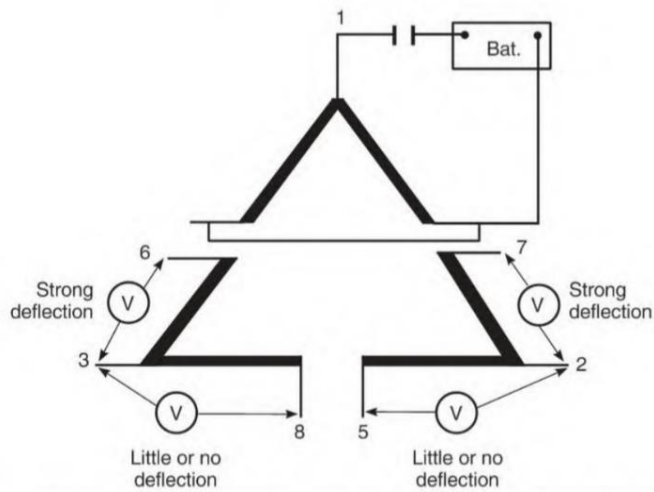
Gambar 6.23 Sambungan untuk mengidentifikasi titik T1, T2, dan T3 dari sambungan delta.



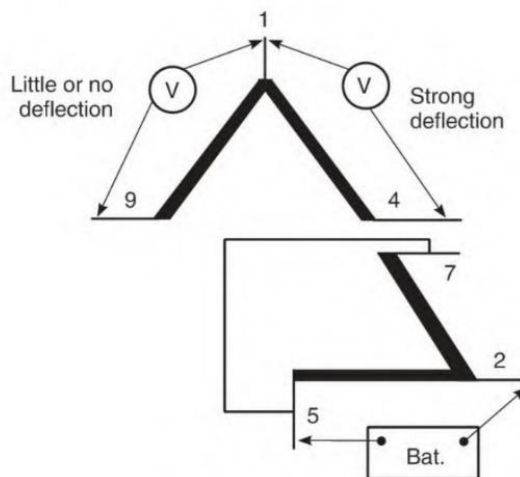
Gambar 6.24 Jika pasangan yang salah diberi energi, satu kabel tidak akan memiliki tegangan.



Gambar 6.25 Daya yang diterapkan ke Ti dan pasangan yang terhubung secara internal mengidentifikasi T7 dan T5.



Gambar 6.26 Sambungan voltmeter untuk mengidentifikasi T8 dan T6 dan T5 dan T7.

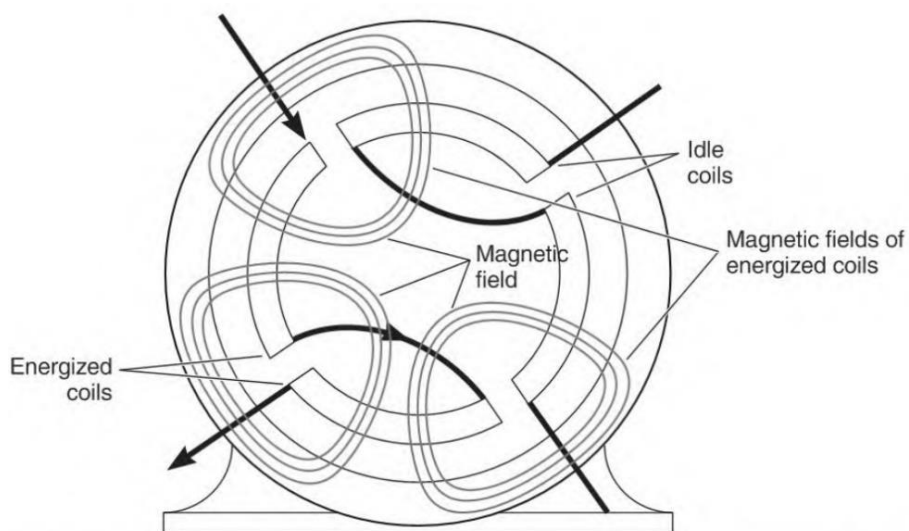


Gambar 6.27 Sambungan untuk mengidentifikasi T4 dan T9.

Hubungkan sadapan T5 dan T7 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.27 dan terapkan DC intermiten. Dari titik T1, satu sadapan (dari rangkaian tiga sadapannya) akan menunjukkan defleksi yang kuat, dan sadapan lainnya akan menunjukkan sedikit atau tidak sama sekali. Beri label secara permanen pada kabel defleksi kuat T4 dan T9 lainnya. Mengidentifikasi lead yang tidak bertanda dengan sambungan delta melibatkan defleksi jarum voltmeter—bukan polaritas seperti pada wye. Setengah dari dua fase yang diberi energi dalam prosedur ini adalah idle. Gulungan mereka dipotong oleh garis gaya dari setengah energi. Ini menghasilkan defleksi yang kuat. Gulungan fase idle berada di luar sirkuit magnetik dan tidak dipotong oleh garis gaya. Sangat sedikit atau tidak ada tegangan yang diubah ke dalamnya.

Teori Tes Timbal Tanpa Tanda

Penjelasan tentang uji timah tidak bertanda melibatkan sirkuit magnetik dan teori transformator. Gambar 6.28 menunjukkan sirkuit magnetik fase tunggal yang berisi empat kutub. Ketika setengah kutub diberi energi dengan DC intermiten, dua kutub lagi dibuat di inti besi motor. Garis-garis gaya magnet kutub-kutub ini akan memotong konduktor kutub-kutub yang menganggur seperti yang ditunjukkan. Daya diubah menjadi kumparan kutub idle, menjadikannya sekunder transformator. Sebuah voltmeter DC analog (terpasang pada lead kutub idle) akan menunjukkan defleksi. (Voltmeter digital bereaksi terlalu cepat dan tidak akan menunjukkan polaritas yang benar.) Lendutan pada setengah lilitan yang menganggur kuat, karena berada dalam sirkuit (atau sudut) magnetik yang sama dengan setengah yang diberi energi secara terputus-putus.



Gambar 6.28 Sirkuit magnetik yang berkembang pada besi stator (ketika setengah fase diberi energi). Medan magnet dari kumparan berenergi memotong kabel kumparan yang menganggur, mengubah tegangan rendah ke dalamnya.

Dalam stator tiga fase, dua fase diberi energi. Fase ketiga tidak berada dalam sirkuit magnetik dari fase yang diberi energi, dan memiliki tegangan yang sangat kecil yang ditransformasikan ke dalamnya.

Masalah Lilitan

Sangat penting untuk secara akurat mengidentifikasi masalah yang memerlukan pelepasan dan penggantian motor. Masalah lilitan yang diidentifikasi harus didokumentasikan. Seorang sejarawan dari masalah motor pabrik (pada perangkat lunak komputer) akan menunjukkan area masalah yang dapat diperbaiki, atau bahkan dihilangkan. Masalah lilitan ini dapat ditemukan pada motor tiga fase:

- Putaran korslet
- Ground (berliku korsleting ke bingkai)
- Fase-ke-fase pendek
- Buka gulungan
- Gulungan terbakar karena beroperasi pada fase tunggal
- Motor terendam
- Berbagai macam masalah rotor

Masalah-masalah ini memerlukan penggantian atau penggulangan ulang motor.

Belokan Korsleting

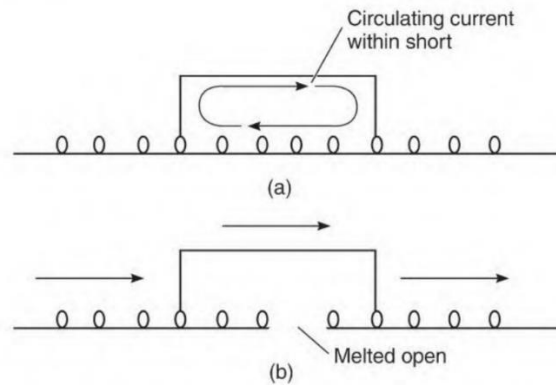
Korsleting adalah kerusakan belitan yang umum, dan memerlukan penggulangan ulang atau penggantian motor. Putaran korsleting disebabkan oleh kawat koil yang sobek, lonjakan tegangan tinggi, kontaminan konduktif, belitan yang terlalu panas, isolasi yang sudah tua, dan kabel koil bergetar yang longgar. Seperti dijelaskan di bawah "Reaktansi Induktif" di Bab 3, sebagian besar hambatan aliran arus dalam motor AC dilengkapi dengan reaktansi induktif. Resistansi kawat dalam fase lengkap adalah persentase yang sangat kecil dari total impedansi motor (resistansi ditambah reaktansi induktif). Reaktansi induktif membuat setiap belokan sangat signifikan dalam permintaan ampere motor. Setiap belokan memasok lebih banyak reaktansi induktif daripada resistansi. Bentuk pendek ketika satu atau lebih lilitan kumparan dilewati karena kerusakan isolasi antara kabel. Resistansi yang dihasilkan oleh belitan korsleting dihilangkan dari belitan fasenya, menghasilkan peningkatan ampere.

Ketika ada beberapa lilitan korsleting di salah satu dari tiga fase, rangkaian loop tertutup dibentuk oleh lilitan di dalam hubung singkat. Saat motor berjalan, garis gaya (dari aliran arus AC) memotong kabel di sirkuit loop tertutup. Arus sirkulasi tinggi diubah menjadi loop (Gambar 6.29a). Daya yang dikonsumsi oleh arus yang bersirkulasi meningkatkan ampere dari fase yang salah, membuatnya mudah untuk mengidentifikasi masalah.

Arus yang bersirkulasi dalam loop tertutup sering melelehkan sirkuit terbuka. Ketika ini terjadi, arus sirkulasi dan belitan dalam loop tertutup dihilangkan (Gambar 6.29b). Hanya resistansi kawat (belitan) dalam loop tertutup yang sekarang dihilangkan dari belitan fase. Tanpa permintaan ampere dari arus yang bersirkulasi, perbedaan akan berkurang antara ampere fase gangguan dan fase normal. Perbedaan resistansi yang sangat kecil adalah semua yang diperlukan untuk mengidentifikasi fase yang salah. (Rotor harus diputar selama pengujian ini untuk menghilangkan efeknya.) Putaran korsleting pada belitan AC biasanya terlihat. Mereka menjadi hangus dengan cepat dari arus sirkulasi tinggi yang diubah menjadi mereka (Gambar 6.30).

Ground

Ketika motor "Grounding", belitan dihubungkan singkat ke inti yang dilaminasi atau ke rangka motor. Masalahnya biasanya ditemukan di slot, di mana isolasi slot telah rusak. Air adalah penyebab paling umum dari belitan yang diarde. Tanah yang kokoh membutuhkan penggulangan ulang atau penggantian motor.



Gambar 6.29 (a) Transformasi aliran arus dalam belitan dalam kumparan korsleting (loop tertutup) menaikkan ampere fasa, (h) Loop tertutup meleleh terbuka.



Gambar 6.30 Sebuah kumparan korsleting. EASA.

Beberapa penyebab kerusakan isolasi slot adalah panas berlebih, kontaminan konduktor, petir, usia, tekanan pas koil yang ketat, titik panas yang disebabkan oleh kerusakan laminasi (dari kegagalan belitan sebelumnya), dan gerakan koil yang berlebihan. Pergerakan kumparan yang berlebihan sering disebabkan oleh pertumbuhan termal dan/atau torsi puntir kumparan, yang disebabkan oleh pemalakan (plugging) atau gangguan daya sesaat.

Fase-ke-Fase Pendek

Sebuah fase-ke-fase pendek disebabkan oleh kerusakan isolasi di ujung koil atau di slot. Jenis kesalahan ini memerlukan penggulangan ulang atau penggantian motor. Tegangan antar fase bisa sangat tinggi. Ketika terjadi korsleting, sejumlah besar belitan dilewati. Kedua belitan

fase biasanya dilebur terbuka, sehingga masalahnya mudah dideteksi. Di antara penyebab kerusakan interfase adalah kontaminan, kecocokan ketat (dalam slot), usia, kerusakan mekanis, dan lonjakan tegangan tinggi. Kumputan yang membentuk kutub untuk setiap fase ditempatkan di atas satu sama lain di semua motor tiga fase. Gambar 6.31 adalah belitan tipe konsentris. Kumputan tidak berbagi slot dengan kutub lain di beberapa belitan tipe konsentris. Gambar 6.32 adalah jenis lilitan putaran. Ujung-ujung kumputan bersarang satu sama lain dan memiliki insulasi fase di antara kutub. Kumputan biasanya berbagi slot dengan kutub lainnya. Isolasi juga memisahkan kumputan dari setiap fase dalam slot.

Beberapa motor (hingga 5 tenaga kuda) dililit tanpa isolasi yang memisahkan fase. Insulasi fase-ke-fase penting karena ada potensial tegangan saluran antara fase terlepas dari tenaga kuda motor. Gambar 6.33 adalah koil ujung fase-ke-fase pendek. Sebuah fase-ke-fase pendek terjadi di slot lebih sering daripada di ujung kumputan. Ketika kerusakan terjadi pada slot, tembaga biasanya meleleh dan menyatu dengan laminasi slot. Tembaga ini harus digiling dan dilepas sebelum motor digulung ulang, atau menjadi titik panas dan merusak insulasi baru.



Gambar 6.31 Gulungan stator belitan konsentris. Instrumen Elektrom.



Gambar 6.32 Gulungan stator putaran-putaran. EASA.



Gambar 6.33 Belitan dengan fase-ke-fase pendek. EASA

6.3 Kerusakan Khusus Pada Gulungan

Penyebab umum belitan terbuka adalah ukuran lug timah yang terlalu kecil. (Lihat "Lugs Penghubung Lead Motor," nanti di bab ini.) Sambungan hangus di kotak sambungan motor merupakan indikasi pasti dari masalah ini. Gulungan terbuka juga disebabkan oleh belokan korsleting, hubungan pendek fase-ke-fase, hubungan pendek ground-ke-rangka, koneksi koil-ke-koil internal yang salah, kelebihan beban yang parah, dan koil yang rusak secara fisik. Kesalahan ini memerlukan penggulungan ulang atau penggantian motor.

Belitan terbuka akan menunjukkan beberapa gejala yang berbeda (tergantung pada sambungan internal motor). Motor terhubung-wye dengan belitan terbuka akan diuji secara berbeda dari motor terhubung-delta. Gulungan sirkuit tunggal terbuka akan menjadi "fase tunggal". Tenaganya akan turun menjadi sekitar setengahnya, dan motor tidak mau hidup. Jika koneksi internal motor adalah multi-sirkuit, itu akan mulai tetapi akan mengurangi daya. Rangkaian terbuka akan menyebabkan rangkaian magnet menjadi tidak seimbang. Di bawah beban normal motor akan berjalan lebih lambat dan akan menjadi terlalu panas. Sebuah microhmmeter digunakan untuk mengidentifikasi masalah ini.

Motor dengan jumlah sirkuit paralel yang tinggi, yaitu empat dan delapan wye, akan menunjukkan rugi daya yang lebih kecil ketika satu sirkuit dibuka. Koneksi sirkuit multiparalel digunakan pada motor di atas 5 tenaga kuda. Gulungan motor yang kelebihan beban (beroperasi pada 250 volt) biasanya menjadi hangus seluruhnya sebelum belitan terbuka terjadi. Namun, motor yang kelebihan beban yang beroperasi pada 440 volt seringkali tidak memiliki tanda-tanda kabel yang terbakar sebelum belitannya meleleh. Dalam kedua kasus tersebut, perlindungan kelebihan beban tidak berfungsi, dan motor harus digulung ulang atau diganti.

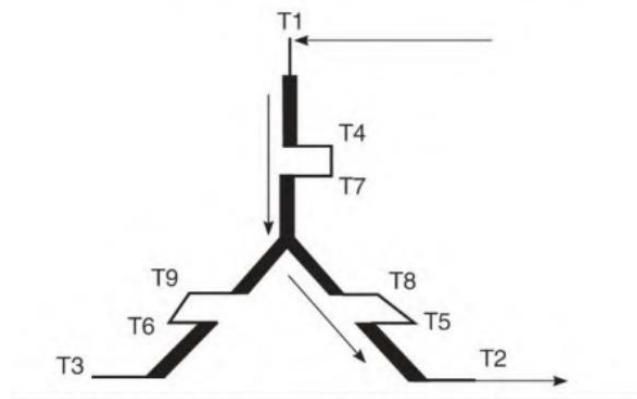
Gulungan yang Terbakar dari Operasi pada Fase Tunggal

Ketika satu saluran catu daya tiga fase terbuka, daya menjadi satu fase. Jika ini terjadi saat motor sedang berjalan, output dayanya akan dipotong kira-kira setengahnya. Ini akan terus berjalan, tetapi tidak bisa lagi memulai dengan sendirinya. Seperti motor fase tunggal

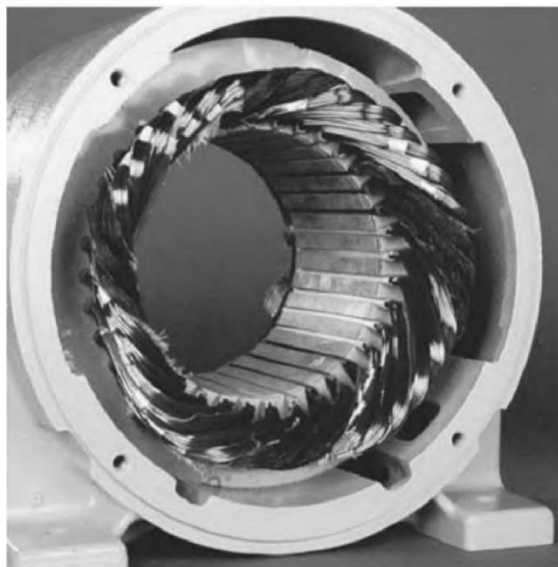
tanpa belitan awal yang diberi energi, ia tidak memiliki medan magnet yang berputar untuk memulainya.

Kerusakan Satu Fasa pada Motor Sembilan-Sambungan Wye

Gambar 6.34 menunjukkan jalur saat ini melalui koneksi Wye. Dua fase belitan diberi energi; fase ketiga tidak memiliki aliran arus. Jika alat pelindung motor tidak berfungsi, dua fase yang membawa arus akan menjadi terlalu panas dan hangus. Fase tanpa aliran arus akan terlihat normal. Gambar 6.35 adalah gambar burnout yang disebabkan oleh satu fasa pada belitan empat kutub.



Gambar 6.34 Skema yang menunjukkan di mana arus mengalir dalam motor terhubung-wye dengan saluran 3 terbuka (fase tunggal).



Gambar 6.35 Motor terhubung wye yang gagal karena kondisi fase tunggal. Jalur 3 terbuka. EASA.

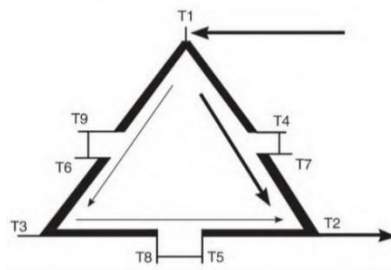
Kerusakan Fasa Tunggal pada Motor Sembilan-Sambungan Delta

Gambar 6.36 menunjukkan jalur arus melalui sambungan delta, dengan fase terbuka. Fase A memiliki arus yang sangat tinggi yang mengalir melaluinya. Dua fase lainnya memiliki

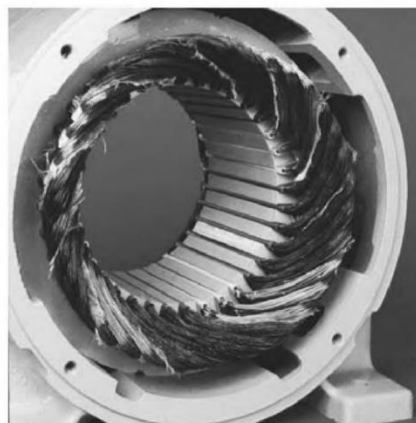
sekitar setengahnya. Fasa dengan arus tinggi akan overheat dan hangus jika alat pelindung motor tidak melepaskannya. Fase-fase yang kurang arus akan terlihat normal. Gambar 6.37 adalah gambar *burnout* yang disebabkan oleh satu fasa pada belitan empat kutub.

Motor Terendam

Jika motor tiga fase telah terendam air tetapi tidak diberi energi, kemungkinan besar motor tersebut tidak perlu digulung ulang atau diganti. Membersihkan dan memanggng gulungan mungkin sudah cukup. Motor harus dibongkar sesegera mungkin. Jika motor memiliki bantalan bola, mereka harus diganti. Jika memiliki bantalan selongsong, bahan penyerap oli akan membuat lubang atau karat pada area poros yang terletak di jendela bantalan. Ganti bahan sumbu oli segera. Jika motor memiliki reservoir oli dan cincin oli, reservoir harus dibersihkan secara menyeluruh. Gulungan harus diuji terlebih dahulu dengan ohmmeter. (Gulungan basah tidak boleh dikenai tegangan uji yang dapat melengkung melalui insulasi celah basah.) Suhu pemanggngan tidak boleh melebihi 2000 F. Uji ohmmeter harus membaca tak terhingga setelah pemanggngan. Setelah belitan dibersihkan, dikeringkan, dan diuji, lapisan tersebut akan membutuhkan lapisan pernis yang dapat mengeringkan udara. Ketika air membasahi isolasi slot, gulungan tembaga dan inti menjadi bentuk baterai. Tegangan kecil dapat dibaca (dengan milivoltmeter) antara belitan dan bingkai ketika insulasi slot basah. Angka nol menunjukkan motor telah dipanggng cukup lama. Sebuah megohmmeter, hi-pot, atau tester lonjakan dapat digunakan ketika tes ohmmeter menunjukkan tak terhingga.



Gambar 6.36 Skema yang menunjukkan di mana arus mengalir dalam motor terhubung delta dengan saluran 3 terbuka (fase tunggal).



Gambar 6.37 Motor terhubung delta yang gagal karena kondisi fase tunggal. Jalur 3 terbuka. EASA.

Berbagai Macam Masalah Rotor

Ini adalah ulasan masalah rotor yang ditemukan di Bab 3, dengan informasi lebih rinci:

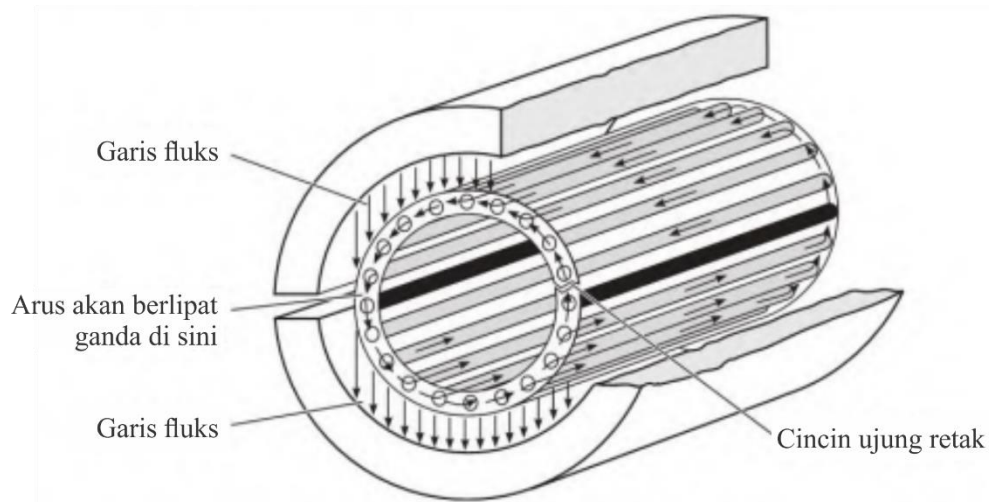
- Buka bilah rotor
- Cincin ujung terbuka
- Setrika rotor/stator tidak sejajar
- Rotor menyeret pada stator
- Rotor longgar pada poros

Buka Batang Rotor

Rotor bar terbuka atau cincin ujung biasanya memerlukan penggantian motor. Mereka dapat diperbaiki, disusun kembali, atau dipasang kembali (jika ekonomis). (Penting bahwa setiap logam yang diganti harus sama dengan yang asli.) Batang rotor terbuka disebabkan oleh kelebihan beban, lengkungan pada slot dari belitan korsleting, getaran batang longgar, tegangan pertumbuhan termal (dari awal), cacat pada batang material (cacat pengecoran), dan koneksi yang buruk dengan cincin ujung. Rotor bar terbuka menyebabkan hilangnya daya. Jika terlalu banyak batang rotor yang terbuka, motor yang dibebani akan menarik ampere cukup tinggi untuk membuka alat pelindungnya. Tanpa beban, ampere akan sangat rendah. Start yang lambat dan RPM yang lebih rendah dari nilai RPM adalah tanda batang rotor rusak.

Cincin Ujung Terbuka

Cincin ujung terbuka menyebabkan torsi yang tidak merata dan beberapa kehilangan daya. Sebuah cincin dengan satu tempat terbuka akan segera mengembangkan lebih banyak tempat terbuka. Setiap kali titik terbuka melintasi titik 90° antara kutub, arus akan berlipat ganda di area cincin antara dua kutub berikutnya (Gambar 6.38). Penyebab cincin ujung terbuka dan/atau cincin ujung retak termasuk pengecoran yang cacat; motor terbakar karena kelebihan beban; motor didesain ulang untuk kecepatan yang lebih tinggi (tanpa peningkatan ukuran cincin ujung); bahan cincin dibor untuk menyeimbangkan; stres pertumbuhan termal; dan kerusakan mekanis. Gelembung atau kekosongan di cincin ujung dapat menyebabkan getaran listrik. (Type getaran ini tidak dapat dikoreksi dengan penyeimbangan.) Getaran ini dapat dideteksi dengan memotong daya dan membiarkan motor meluncur. Getaran yang disebabkan oleh listrik akan selalu berhenti begitu listrik dimatikan.



Gambar 6.38 Aliran arus dalam rotor sangkar tupai dengan cincin ujung terbuka.

Setrika Rotor/Stator Tidak Sejajar

Motor dengan rotor yang tidak sejajar akan menarik ampere tinggi dan akan kehilangan daya. Jalur magnet menjadi terdistorsi, menyebabkan ampere magnetisasi meningkat. Gulungan stator akan hangus dan menyerupai burnout yang berlebihan. Kemungkinan penyebab rotor yang tidak sejajar meliputi:

- Penempatan bantalan shim yang salah
- Bantalan tidak terpasang dengan benar pada poros (perpanjangan balapan di sisi yang salah)
- Lebar bantalan salah
- Bantalan captive tidak dipegang seperti yang ditempatkan semula
- Lonceng akhir dipertukarkan
- Inti stator bergeser pada cangkangnya
- Sebuah rotor bergeser pada porosnya
- Rotor diganti dengan rotor yang lebih pendek. Sebuah rotor dengan diameter yang sama tetapi lebih panjang dari aslinya akan bekerja, tetapi beberapa efisiensi hilang.

Seret Rotor pada Stator

Jika rotor terseret pada stator dan bantalannya tidak aus, merupakan praktik umum untuk "memotong" rotor pada mesin bubut. Proses ini meningkatkan celah udara, yang meningkatkan ampere tanpa beban. Peningkatan ampere mirip dengan rotor dan besi stator yang tidak sejajar. Sirkuit magnet terdegradasi, sehingga dibutuhkan lebih banyak ampere untuk memagnetisasi besi motor. Motor akan berjalan lebih panas dari biasanya, karena motor menarik lebih banyak ampere magnetisasi. Jika beban maksimal atau ada kondisi buruk (seperti tegangan rendah atau sering start), motor harus diganti. (Akan ada beberapa kehilangan daya dan efisiensi permanen.)

Rotor Longgar pada Poros

Rotor longgar pada poros membuat suara gemuruh atau bergetar. Suara akan berhenti setelah daya dimatikan (saat motor meluncur). Jika motor telah beroperasi dengan cara ini untuk waktu yang lama, debu merah akan terbentuk di antara poros dan besi rotor. Debu ini merupakan besi yang teroksidasi, yang disebabkan oleh gesekan antara poros dan besi rotor. (Hal yang sama terjadi ketika katrol atau bantalan longgar pada poros.) Keputusan untuk memperbaiki rotor yang longgar tergantung pada harga motor pengganti dan pentingnya motor dalam operasi pabrik. Ada pilihan untuk masalah ini: Rotor (dan poros) dapat diganti; rotor dapat dibor dan poros baru dipasang padanya; atau irisan logam tipis dapat didorong antara poros dan rotor untuk mengamankannya.

Menjepit rotor dapat mengimbangnya cukup untuk membuatnya menyeret stator. Maka perlu untuk menelusuri rotor—pada mesin bubut—agar tidak terseret. Rotor harus dibor dan dipasang dengan poros baru. Dalam kebanyakan kasus, lebih ekonomis untuk mengganti motor.

Saat Motor Terlalu Panas

Overheating adalah penyebab utama kegagalan isolasi dan bantalan. Penyebab panas berlebih antara lain sebagai berikut:

- Garis
- Operator
- Kontrol
- Kesalahan motor
- Lokasi
- Pemeliharaan

Overheating yang Disebabkan Garis

Ada empat penyebab overheating yang disebabkan saluran: tegangan lebih, tegangan rendah, tegangan tidak seimbang, dan sambungan resistansi tinggi.

Tegangan lebih

Tegangan lebih dapat menyebabkan motor yang dibebani normal menjadi terlalu panas. Spesifikasi standar NEMA memungkinkan motor deviasi tegangan ± 10 persen dari rating tegangan papan nama mereka. Semua motor akan memulai bebannya lebih cepat ketika tegangan tinggi. Motor rangka-T, bagaimanapun, menjadi terlalu panas (pada tegangan lebih) lebih dari rangka-U yang lebih tua atau motor efisiensi tinggi (bahkan dengan tegangan lebih kurang dari 10 persen). Motor rangka-T memiliki kawat tembaga yang lebih kecil di belitannya dan jauh lebih sedikit besi di intinya. (Mereka bergantung pada volume udara yang tinggi untuk membuatnya tetap dingin.) NEMA menyetujui desain motor rangka-T pada tahun 1967. Motor yang dirampingkan ini dimungkinkan oleh pengembangan insulasi yang dapat mentolerir suhu yang lebih tinggi. Peningkatan besar dalam desain rangka-T adalah penggunaan bantalan bola alih-alih bantalan lengan. Bantalan bola memungkinkan untuk memiliki kesesuaian

yang lebih dekat antara rotor dan inti, sehingga mengurangi celah udara. (Kesenjangan udara mengurangi efisiensi motor lebih dari bentuk kehilangan lainnya.)

Motor induksi dan transformator memiliki karakteristik yang sangat mirip—keduanya mengubah daya dari satu belitan ke belitan lainnya. Tidak seperti motor, transformator tidak memiliki celah udara. Oleh karena itu, beberapa transformator memiliki peringkat efisiensi di atas 99 persen. Motor rangka-T sebelumnya memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada motor rangka-U, karena lebih sedikit besi yang digunakan pada inti dan rotor. (Memagnetisasi besi lebih banyak dari yang diperlukan akan menurunkan efisiensi.) Perubahan desain yang meningkatkan efisiensi motor rangka-T termasuk menghilangkan kelebihan besi dan mengurangi celah udara. Namun, karena ukuran keseluruhan berkurang, ada kehilangan area untuk pembuangan panas.

Beberapa produsen motor mengurangi bahan yang digunakan dalam komponen listrik dan mekanik terlalu banyak. (Satu pabrikan membuat motor bertenaga kuda fraksional yang terlalu rapuh untuk dikirim. Inti stator dipasang di cangkang baja yang sangat tipis. Beberapa penyok dibuat di cangkang untuk menahannya. Inti mudah copot hanya dengan penanganan yang agak kasar). Pabrikan meningkatkan ukuran kipas pendingin motor dan memasang baffle logam untuk mengarahkan udara ke belitan. Volume udara meningkat karena panas ekstra yang diciptakan oleh kawat berukuran kecil. (Daya yang digunakan untuk memindahkan udara ekstra mengurangi efisiensi motor.)

Dalam satu kasus, ada dua motor (dibuat oleh pabrikan yang sama) yang memiliki peringkat tenaga kuda yang berbeda. Mereka memiliki dimensi inti dan rotor yang identik dan data listrik yang identik. Satu motor dinilai V_s tenaga kuda dan yang lain V_z tenaga kuda. Motor V_s -tenaga kuda memiliki kerangka yang benar-benar tertutup, dan motor Whorsepower memiliki kerangka terbuka. RPM papan nama motor 1/2-tenaga kuda lebih rendah dari motor V_s -tenaga kuda. Dengan memuat motor ke beberapa RPM, itu menghasilkan tenaga kuda V_2 . Udara yang mengalir melalui braket ujung terbuka meningkatkan jumlah kemampuan pendinginan yang cukup untuk mengimbangi peningkatan ampere dan panas.

Tegangan rendah

Tegangan rendah mempengaruhi semua motor dengan cara yang sama—mereka kehilangan daya dan mungkin membutuhkan waktu terlalu lama untuk memulai beban. Start yang lama menyebabkan panas berlebih pada belitan stator (pada awal siklus kerjanya). Kekhawatiran lain dengan tegangan rendah adalah panas yang timbul dari seringnya start. Di bawah beban maksimum, tegangan rendah menyebabkan motor berjalan lebih lambat dari RPM papan nama. Secara teknis, itu kelebihan beban. Ini akan menjadi panas dan akan segera gagal.

Jika kabel servis ke motor terlalu kecil, itu menyebabkan tegangan rendah (terutama saat memulai). Beberapa gejala yang sering terjadi adalah sekring putus atau alat proteksi tersandung. Normalitas tegangan turun singkat dari arus awal motor

yang tinggi, tetapi tegangan harus kembali ke hampir nilai penuhnya segera setelah motor mencapai kecepatan penuh. Meskipun standar NEMA memungkinkan + 10 persen dari tegangan papan nama, tegangan tidak boleh turun lebih dari 1 persen. (Standar NEMA berkaitan dengan tegangan suplai motor, bukan penurunan tegangan.) Motor efisiensi tinggi menarik arus start yang lebih tinggi daripada motor standar. Ini mungkin memerlukan peningkatan ukuran kawat dari saluran pengumpan. Motor dengan beban maksimum adalah yang pertama bereaksi terhadap tegangan rendah. Contoh utama adalah motor yang membuat pelindung kelebihan bebannya tersandung pada waktu tertentu dalam sehari. Penyebabnya dilacak ke beban ampere tinggi yang online (di tempat lain di pabrik) pada waktu itu, menurunkan tegangan untuk seluruh pabrik. Saluran listrik yang dibebani hampir mencapai kapasitasnya dapat memiliki tegangan rendah yang terputus-putus. Permintaan beban tinggi yang singkat dari lokasi lain akan menyebabkan penurunan tegangan.

Perusahaan listrik menempatkan kapasitor melintasi garis untuk memperbaiki faktor daya rendah. Induktansi berkembang di saluran listrik jarak jauh. Garis disilangkan secara berkala untuk membatalkan induktansi. Lebih dari beberapa mil, bagaimanapun, induktansi masih terakumulasi, membutuhkan kapasitor untuk melakukan penyesuaian faktor daya akhir. Tegangan rendah akan berkembang jika kapasitor gagal. Perekam tegangan harus digunakan jika diduga ada masalah daya yang masuk. Perekam harus cukup lama untuk memasukkan setiap variasi beban yang dimiliki lokasi.

Tegangan Tidak Seimbang

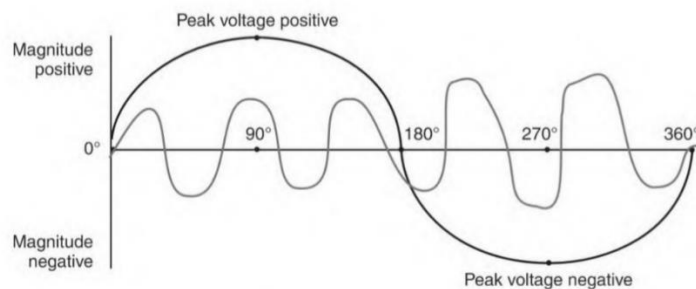
Tegangan tidak seimbang memiliki banyak sumber:

- Kapasitor pengoreksi faktor daya yang gagal dapat mempengaruhi tegangan seluruh bangunan.
- Sambungan dengan resistansi tinggi sering menjadi penyebab ketidakseimbangan. Masalah ini dapat dengan mudah ditemukan dengan instrumen inframerah.
- Pembebanan fase tunggal yang tidak seimbang (seperti penerangan dan motor fase tunggal) sering menjadi penyebab tegangan tidak seimbang. Beban penerangan dapat diseimbangkan pada panel distribusi. (AC satu fase adalah contoh beban motor yang sulit diseimbangkan, karena pengoperasian AC yang terputus-putus.)

Tegangan yang tidak seimbang akan menyebabkan motor menjadi terlalu panas meskipun diberi beban ringan. Motor dirancang untuk memiliki jumlah putaran yang sama persis di setiap fase. Tegangan yang tidak seimbang sama dengan bergiliran dari satu fase dan memasukkannya ke fase lain. Hasilnya adalah magnetisme yang tidak seimbang dan saling bertentangan. Lokasi yang terdistorsi dan besaran kutub yang tidak merata (diubah menjadi rotor) menciptakan fluks magnet bucking dan harmonik yang berbahaya.

Harmonik adalah tegangan dalam tegangan (Gambar 6.39). Ketika tegangan harmonik berada di sisi berlawanan dari garis nol (dari tegangan suplai), nilainya

dikurangi dari tegangan saluran. Ini mengurangi nilai tegangan saluran tetapi melemahkan motor. Kegagalan belitan yang disebabkan oleh tegangan yang tidak seimbang akan memiliki tampilan yang pasti (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.8 dalam bab berikutnya). Dalam belitan terhubung-*wye*, satu fase hangus, satu berubah warna (karena panas berlebih), dan fase ketiga tidak terpengaruh. Belitan terhubung *delta* akan terlihat mirip dengan belitan terhubung *wye* — dua fase terlalu panas dan satu fase tidak terpengaruh. Penyebab lain dari pemanasan terkait tegangan yang tidak seimbang adalah kontak yang aus (pada starter motor) yang tidak membuat sambungan yang solid.



Gambar 6.39 Gelombang sinus tegangan harmonik dalam gelombang sinus tegangan saluran. EASA.

Koneksi Resistensi Tinggi

Sambungan dengan resistansi tinggi adalah salah satu penyebab kegagalan motor listrik yang lebih sering. Karena arus start motor yang tinggi, beban amperenya sangat berbeda dari kebanyakan beban listrik. Setiap sambungan di sirkuit suplai motor mengalami tegangan ampere tinggi singkat saat dimulai. Sambungan ini harus diperiksa secara teratur (lebih sering jika motor sering dihidupkan).

Kode Listrik Nasional menentukan ukuran kabel untuk jalur suplai motor sesuai dengan ampere pelat nama motor. Kebanyakan motor memiliki arus masuk berkali-kali lipat dari nilai papan nama mereka. (Arus lonjakan motor efisiensi tinggi lebih tinggi daripada motor standar.) Meningkatkan ukuran kabel jalur suplai (satu ukuran di atas persyaratan kode) adalah biaya satu kali yang mengurangi kemungkinan kegagalan motor.

Menghubungkan Terminal

Terminal penghubung dalam sakelar pemutus dan/atau kontrol motor adalah titik umum untuk koneksi resistansi tinggi. Panas memperluas kawat tembaga lebih cepat daripada memperluas terminal kontrol. Terminal tidak memberi, jadi kawatnya hancur dan terdistorsi. Ini memiliki efek akumulasi, melonggarkan koneksi sedikit setiap kali motor dihidupkan. Akhirnya terbentuk koneksi dengan resistansi tinggi. Putus dan kontrol koneksi harus diperiksa dan dikencangkan secara rutin. Pistol inframerah kecil dapat digunakan untuk memeriksa koneksi. Semua koneksi harus memiliki suhu yang sama. Kawat aluminium memiliki reputasi

terkenal untuk mengembangkan koneksi yang longgar. Penggunaannya tidak dianjurkan untuk beban motor listrik.

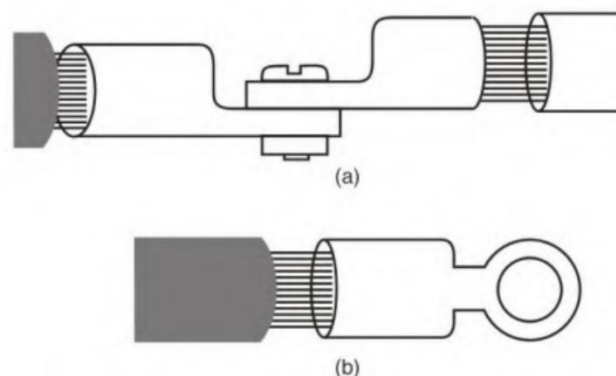
Lug Penghubung Lead Motor Lug lead motor harus cukup tebal (di seluruh sambungan) untuk mewakili area mil melingkar (ukuran) dari kawat timah motor. Jika ada bagian dari lug yang terlalu kecil, itu menjadi resistor secara seri dengan motor, dan arus akan dibatasi saat motor paling membutuhkannya—untuk memulai beban. Gambar 6.40 menunjukkan lug yang tidak dibuat untuk motor listrik. Lug (a) adalah sepotong pipa tembaga, yang sebagian telah diratakan dan dilubangi untuk baut penghubungnya. Ferrulnya akan menahan kawat yang memiliki luas mil melingkar yang jauh lebih besar daripada bagian lug yang dibaut. Lug (b) jelas bukan lug tugas motor.

Kawat Timbal Motor

Ukuran Beberapa produsen motor mengukur kawat timah sesuai dengan ampere pelat nama motor. Kawat memiliki insulasi suhu tinggi (biasanya berwarna putih) dan untaian kasar yang dikalengkan. Saat memasang lug pada kabel ini, pastikan untuk menyertakan semua untaian. Satu untaian mewakili persentase tinggi dari total luas mil melingkar kawat (tidak memadai). Ketika pusat perbaikan motor listrik memasang kawat timah, kawat sama dengan atau lebih besar dari total luas mil melingkar dari semua kabel kumparan internal yang terpasang padanya. Koneksi koil internal dipelintir bersama dan disolder perak. Bagian sambungan yang disolder bergabung dengan area mil yang lebih melingkar daripada kabel koil. (Ini adalah tempat terakhir untuk menjadi panas dari arus tinggi.)

Overheating yang Disebabkan Operator

Operator sering menyebabkan motor terlalu panas. Jika dibayar per unit, seringkali operator membebani mesin. Industri pertambangan adalah contohnya. Motor induksi yang kelebihan beban dapat diperiksa dengan cepat dengan tachometer. Bandingkan pembacaan tachometer dengan pelat nama motor.

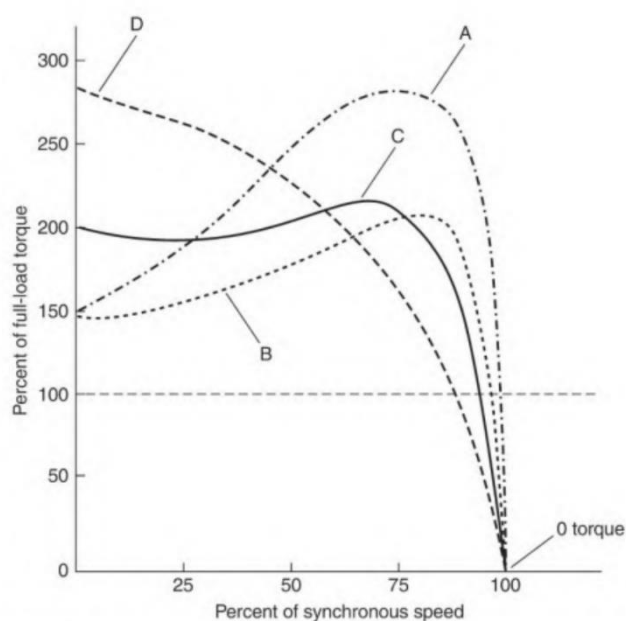


Gambar 6.40 Dua lug lead yang dapat menyebabkan kegagalan motor.

Hanya beberapa RPM lebih lambat dari RPM papan nama akan menyebabkan *overheating*. Desain motor A (atau efisiensi tinggi) akan bekerja lebih panas daripada motor

induksi standar dalam kondisi ini. Hal ini dapat dilihat pada kurva torsi yang dikembangkan oleh motor desain A mendekati kecepatan beban penuhnya (Gambar 6.41). Sering memulai dan berhenti sering menyebabkan pemanasan berlebihan pada motor di atas 25 tenaga kuda. Massa fisik motor besar tidak mudah membuang panas.

Kebanyakan motor akan mendingin lebih baik saat berjalan tanpa beban daripada saat dimatikan. Jika motor harus sering dihidupkan, ventilasi paksa atau penggunaan kopling harus dipertimbangkan jika sering terjadi kegagalan motor. Perubahan kecepatan yang tiba-tiba berbahaya bagi semua motor, tetapi terutama untuk motor brush-tjgpe (DC dan rotor belitan tiga fase). Motor induksi desain D harus dipertimbangkan jika kurva torsinya sesuai dengan kebutuhan beban.



Gambar 6.41 Tabel huruf desain yang digunakan untuk memilih motor untuk menyalakan kebutuhan torsi beban.

6.4 Pada Saat Motor Panas Berlebih (*Overheat*)

Persyaratan pemuatan siklus tugas (yang menyebabkan panas berlebih) dapat dikurangi dengan ventilasi paksa. Beberapa kondisi yang dibantu oleh ventilasi paksa adalah panas berlebih dari kecepatan lambat yang berkepanjangan pada torsi maksimum, siklus start-stop yang sering, dan siklus kerja yang mencakup kelebihan beban untuk waktu yang singkat sebelum shutdown. Mengoperasikan motor untuk waktu tanpa beban akan mendinginkan belitan dan inti secara merata. Berjalan tanpa beban pada tegangan rendah adalah cara yang lebih baik untuk mendinginkan motor.

Metode start belitan sebagian (menstarter motor) tidak direkomendasikan untuk start yang sering. Bagian dari belitan (setengah atau dua pertiga) memulai beban dan akan panas berlebihan jika sering dimulai. Beralih dari belitan sebagian ke belitan penuh terlalu lambat (lebih dari 3 detik) juga akan membuat motor terlalu panas. Jika motor memiliki kumparan

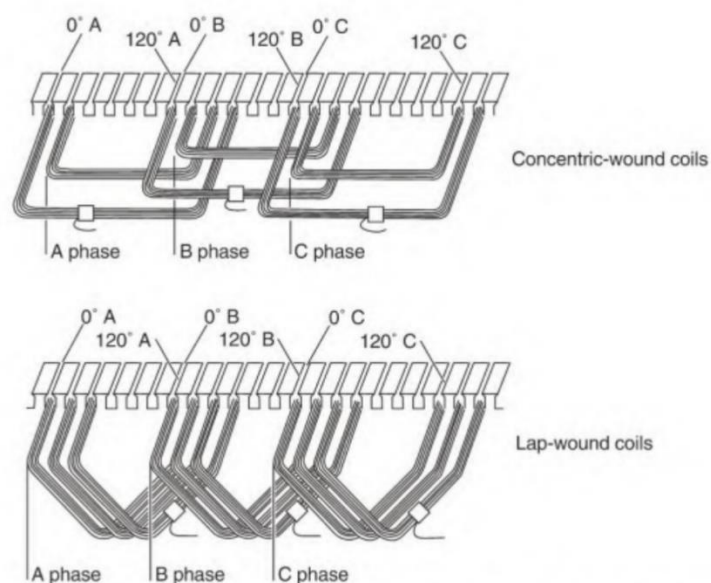
lilitan konsentris, motor tidak akan mulai pada bagian belitannya. Gambar 6.42 membandingkan kumparan konsentris dan berbentuk putaran.

Motor ini memerlukan sambungan internal khusus sebelum dapat digunakan pada kontrol start belitan bagian. Banyak motor (hingga 300 tenaga kuda) menggunakan jenis belitan konsentris. Ketika motor start belitan bagian lama diganti, motor baru harus dirancang untuk metode start ini. Kontrol hertz variabel yang dirancang dengan buruk dapat menyebabkan motor menjadi terlalu panas. (Tegangan harus berubah dengan perubahan hertz.) Tidak semua motor cocok untuk penggerak variabel-hertz. Dalam banyak kasus, motor rangka-T lama tidak bekerja sebaik motor efisiensi tinggi atau motor rangka-U pada hertz variabel.

Jika motor diberi label tugas inverter (tugas variabel-hertz), itu tidak berarti motor dirancang untuk kecepatan lambat pada torsi maksimum atau penyimpangan ekstrem lainnya dari kecepatan motor. Tugas inverter berarti kawat kumparan motor memiliki isolasi khusus. Insulasi ini menunda kerusakan dari lonjakan tegangan yang disebabkan oleh perubahan tegangan dan arus yang tiba-tiba. Itu tidak mencegah kerusakan. Reaktor, filter, atau kapasitor surja harus dipasang untuk mengurangi masalah ini.

Panas Berkembang dari Pengurangan Daya Mulai

Jumlah panas internal yang diakumulasikan motor dalam pengasutan lintas saluran dibandingkan dengan yang dihasilkan dalam metode pengasutan delta-wye atau tegangan rendah. Metode pengasutan daya rendah apa pun yang menerapkan semua belitan motor lebih baik untuk motor daripada metode start belitan sebagian. Mengurangi amper awal motor mengurangi jumlah penurunan tegangan yang disebabkan oleh start lintas jalur. Dalam beberapa kasus, pengasutan dengan daya yang dikurangi dilakukan untuk melindungi beban yang peka terhadap penyalaan cepat.



Gambar 6.42 Motor dengan kumparan berbentuk konsentris tidak dapat distarter menggunakan metode start belitan bagian. Namun, itu akan dimulai dengan gulungan berbentuk pangkuan.

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

Jika beban yang memerlukan pengasutan sering menyebabkan motor menjadi terlalu panas, ventilasi paksa akan memperpanjang masa pakai isolasi motor. Ventilasi harus berlanjut selama beberapa saat setelah motor offline. (Jumlah waktu yang dibutuhkan tergantung pada ukuran motor, dll.) Untuk umur motor yang maksimal, yang terbaik adalah menstarter motor besar tanpa beban. (Sebuah kopling dapat digunakan untuk menerapkan beban setelah motor mencapai kecepatan penuh.)

Kesalahan Motor Terlalu Panas

Belokan korsleting

Putaran korsleting pada belitan akan menyebabkan panas berlebih. Ketika hanya beberapa lilitan kumparan yang korsleting, mereka membentuk lingkaran tertutup. Arus yang bersirkulasi diubah menjadi loop. Arus biasanya cukup tinggi untuk melelehkan kawat, membuka loop tertutup.

Sebelum ini terjadi, sebuah kutub terbentuk dari arus yang bersirkulasi di belokan korsleting. Tiang ini tidak sesuai dengan tiang sekitarnya. Magnetnya menyebabkan suara dering, unik untuk motor dengan belokan korsleting. Putaran korsleting mungkin tidak memperlambat motor sama sekali. Perbandingan ampere baris-ke-baris akan menunjukkan perbedaan substansial antara sadapan motor, dan akan mengidentifikasi masalah sebagai belokan korsleting.

Ground di Winning

Jika belitan korsleting ke stator atau rangka, belitan akan menjadi panas (dari peningkatan aliran ampere). Kondisi ini biasanya menyebabkan sekring atau pemutus putus. Jika ada cukup kumparan di sirkuit motor antara saluran dan tanah, motor akan tetap berjalan, tetapi dengan ampere yang meningkat (dan tidak seimbang).

Bantalan Aus dan Celah Udara Tidak Merata

Bantalan lengan yang aus menyebabkan panas berlebih. Torsi motor tiga fase sangat halus sehingga mungkin perlu menggerakkan poros untuk mendeteksi bantalan lengan yang aus. Adalah umum bagi rotor untuk menyeret stator sebelum masalah terdeteksi. Celah udara yang tidak rata dari bantalan lengan yang aus akan menyebabkan pemanasan internal di beberapa motor. Motor yang menggunakan koneksi sirkuit internal (yang menyeimbangkan jalur arus melalui kutub) kurang terpengaruh oleh celah udara yang tidak rata. Meskipun celah udara yang tidak rata harus dihindari, itu tidak akan menyebabkan kerusakan langsung pada belitan motor. Di masa lalu, sebagian besar motor tiga fase memiliki bantalan lengan. Banyak yang berlari selama bertahun-tahun dengan bantalan yang aus dan celah udara yang tidak rata—tanpa masalah kelistrikan.

Faktor Layanan Salah

Faktor servis (terdapat pada pelat nama motor) adalah jumlah beban berlebih yang dapat ditangani motor (tanpa panas berlebih) untuk waktu yang terbatas. Nomor faktor

layanan adalah penganda. Angka pengali dikalikan ampere pelat nama motor adalah jumlah beban lebih yang dapat ditangani oleh motor. Nomor faktor layanan adalah 1, 1,15, dan 1,2. Faktor servis yang tinggi biasanya menunjukkan motor yang dirancang dengan baik. Motor yang benar-benar tertutup akan memiliki faktor layanan 1, yang berarti tidak dapat dimuat lebih tinggi dari ampere pelat nama. Banyak kompresor udara yang sengaja dirancang untuk menggunakan service factor. (Mereka berada di pasar yang sangat kompetitif.)

Dalam satu kasus, kompresor udara memiliki motor 75-tenaga kuda dengan faktor layanan 1,2. Kompresor dirancang untuk menggunakan nilai faktor servis 1,2 penuh. (Bila kompresor beroperasi secara normal, kompresor akan berhenti untuk beberapa saat sehingga motor memiliki waktu untuk mendinginkan.) Sayangnya, motor ini tidak pernah bekerja tanpa beban karena permintaan volume udara yang begitu tinggi. Motor gagal setelah beberapa bulan.

Terhubung untuk Tegangan yang Salah

Jika motor tegangan ganda yang terhubung untuk tegangan tinggi dihubungkan ke tegangan rendah, motor tersebut hanya akan menghasilkan seperempat dari tenaga kuda pengenalnya. Ini akan mulai jauh lebih lambat dari biasanya. Beberapa beban memungkinkan motor ini mencapai kecepatan hampir normal. Jika RPM motor induksi di bawah peringkat papan nama, slip tinggi akan menyebabkannya menjadi terlalu panas. Jika motor tegangan ganda yang terhubung untuk tegangan rendah disambungkan ke tegangan tinggi, hasilnya dengan semua jenis beban akan langsung terlihat. Motor berkembang berkali-kali lipat torsi awal normalnya, dan ia menarik begitu banyak ampere sehingga belitannya hancur dalam hitungan detik. Standar NEMA memungkinkan + 10 persen tegangan papan nama. Jika motor dengan beban penuh, dengan tegangan 220 volt, dihubungkan ke 250 volt, motor akan bekerja lebih panas dari biasanya (perbedaan 12 persen). Motor dengan siklus start yang sering akan mengalami masalah panas berlebih yang ekstrem ketika tegangan setinggi ini.

Motor dengan tegangan 208 volt tetapi terhubung ke 250 volt akan menjadi terlalu panas tanpa beban. (Sambungannya 20 persen di atas tegangan pengenalnya.) Motor dengan tegangan 250 volt tetapi terhubung ke 208 volt tidak dapat menarik beban pengenalnya. Ini mungkin tidak memulai beban yang membutuhkan torsi breakaway tinggi. Motor akan bekerja jika beban dikurangi. (Sebuah takometer harus digunakan untuk memastikan RPM tidak di bawah peringkat papan nama.) Setiap penyimpangan dari tegangan pengenal yang lebih besar dari +10 persen akan menghasilkan panas ekstra.

Hertz

Motor dirancang untuk daya 50 Hz sebagian besar mesin yang diproduksi di Eropa. Masalah dapat terjadi ketika mesin ini digunakan di Amerika Serikat pada 60 Hz. Sebuah motor 50-Hz empat kutub berjalan 300 RPM lebih cepat pada 60 Hz. Motor akan kelebihan beban jika bebannya adalah udara atau cairan. Belt conveyor dan auger juga akan membebani motor ini. (Mengubah rasio dimensi katrol memecahkan masalah untuk beberapa aplikasi.) Beban yang digerakkan langsung memerlukan perancangan ulang atau penggantian besar-besaran.

Dalam satu kasus, daya untuk seluruh fasilitas diubah menjadi 50 Hz, karena begitu banyak peralatan yang menggunakan 50 Hz. Ketika motor yang gagal diganti dengan motor 60-Hz, mereka bekerja lebih panas dari biasanya pada 50 Hz. (Motor 60-Hz memiliki putaran per kutub yang lebih sedikit daripada motor 50-Hz.) Jika tegangan suplai diturunkan untuk motor 60-Hz, motor tidak akan berjalan sepanas itu, tetapi output daya berkurang.

Masalah Motorik Internal

Masalah motor internal dapat menyebabkan panas berlebih. Masalah berikut telah dibahas sebelumnya, di bawah "Masalah Rotor Aneka," tetapi ditinjau di sini secara singkat.

Penjajaran Rotor/Stator

Jika rotor dan besi stator tidak disejajarkan dengan benar, hasilnya adalah ampere tinggi (berbeban atau tanpa beban) dan kehilangan daya. Masalah ini tidak dapat dideteksi dengan ohmmeter, atau arus dan putaran poros yang terbatas.

Buka Batang Rotor

Rotor bar terbuka menyebabkan hilangnya daya. Dengan beban normal, rotor akan berjalan lebih lambat dari RPM pelat nama, menghasilkan ampere yang tinggi pada belitan rotor dan stator. (Terlalu banyak slip meningkatkan hertz rotor, yang menyebabkan ampere lebih tinggi.)

Cincin Ujung Retak

Cincin ujung yang retak menyebabkan torsi yang tidak merata dan kehilangan daya. Hasilnya mirip dengan bilah rotor terbuka.

Celah Udara Terlalu Besar

Jika rotor menjadi "keluar dari putaran", itu dapat menyeret inti stator. Kondisi ini dikoreksi dengan mengeluarkan sebagian besi dari rotor dengan mesin bubut. Skimming rotor meningkatkan celah udara. Celah udara harus dijaga seminimal mungkin karena itu adalah pemutusan sirkuit magnetik. Celah udara yang besar menciptakan peningkatan besar pada amper magnetisasi motor. Motor akan berjalan lebih panas, dan akan ada sedikit kehilangan daya dan efisiensi.

Apakah akan memutar rotor harus diputuskan berdasarkan kasus per kasus. Jika motor memiliki daya lebih dari yang dibutuhkan atau tugasnya (sering dimulai, dll.) tidak menyebabkan pemanasan di atas normal, skimming rotor tidak akan membahayakan. Celah udara yang besar bisa mirip dengan rotor yang tidak sejajar. (Itu tidak dapat dideteksi dengan ohmmeter, atau arus terbatas dan putaran poros.)

Overheating yang Disebabkan Lokasi

Di lokasi yang panas, udara di sekitarnya meningkatkan suhu kerja normal motor. Jika motor dibebani mendekati kapasitasnya, motor akan menjadi terlalu panas. Bahkan ventilasi

paksa mungkin tidak membantu. Jika motor terletak terlalu dekat dengan dinding atau jika ada sesuatu yang menghalangi aliran udara masuk atau keluar, motor dapat menjadi terlalu panas (tergantung pada suhu sekitar). Jarak bebas yang direkomendasikan adalah 18 inci di semua sisi. Sinar matahari yang terik dapat menyebabkan motor dengan beban maksimum (atau motor yang sering start) menjadi terlalu panas.

Penutup yang ditambahkan untuk perlindungan dari cuaca dapat membahayakan motor, karena pergerakan udara dibatasi. Selain itu, enklosur dapat menjebak pembuangan udara panas motor. Exhaust fan sering ditambahkan untuk menghilangkan udara panas dari enklosur. Namun, pergerakan udara paksa seharusnya tidak mempengaruhi pergerakan udara normal motor.

Overheating yang Disebabkan Pemeliharaan

Sabuk Terlalu Kencang

Tekanan ekstra diberikan pada bantalan jika sabuk terlalu kencang. Jika motor memiliki stator yang panjang, poros dapat bengkok dan membuat lintasan bagian dalam bantalan tidak sejajar. Ada kasus di mana rotor terseret pada inti stator (karena sabuk yang terlalu kencang).

Masalah katrol

Katrol pengganti yang sedikit lebih besar dari aslinya dapat membebani motor jika beban meningkat dengan peningkatan kecepatan. Katrol yang aus mungkin membuat v-belt perlu dikencangkan secara berlebihan (agar tidak tergelincir). (Katrol penggerak motor selalu yang pertama dipakai.)

6.5 Test Pemahaman Materi, Pilih B (Betul) dan S (Salah)

1. Motor tiga fase sembilan sadapan tegangan ganda akan dihubungkan (secara internal) baik wye atau delta B/S
2. Masalah daya di pabrik akan menyebabkan kegagalan motor langsung. B/S
3. Sebutkan dua masalah di pabrik yang akan menyebabkan kegagalan langsung motor tiga fase B/S
4. Ujung-ujung setiap fase disambungkan secara internal dalam motor terhubung-wye. B/S
5. Sambungan delta memiliki setiap akhir fase yang terhubung ke awal fase berikutnya B/S
6. Sambungan delta dan desain multisirkuit memungkinkan penggunaan kabel yang lebih kecil di gulungan belitan B/S
7. Mengapa motor harus dirakit saat mengidentifikasi lead yang tidak bertanda B/S
8. Mengapa tidak ada voltase yang terdeteksi pada fase idle selama uji lead tanpa tanda B/S
9. Sambungan delta akan memiliki tiga set tiga sadapan yang menyala satu sama lain B/S
10. Saat menguji kabel yang tidak bertanda, voltmeter DC analog menunjukkan defleksi, dan bekerja lebih baik daripada meteran digital B/SB/S

11. Jumlah terbesar resistensi terhadap aliran arus dalam belitan tiga fase dilengkapi dengan reaktansi induktif B/S
12. Arus sirkulasi dalam kaleng pendek membakar dan melelehkan belokan di dalamnya
13. pendek (halaman 294).
14. Sebuah fase-ke-fase pendek biasanya jelas, dan membutuhkan penggantian atau rewinding B/S
15. Sebutkan tiga penyebab terjadinya belitan terbuka B/S.
16. Motor tiga fase yang berjalan pada fase tunggal akan memiliki:
 - a. kekuatan penuh.
 - b. Vs kekuatan.
 - c. I/i kekuatan.
17. Motor yang gagal dari kondisi saluran satu fase—dengan satu fase terbakar dan dua fase mendekati normal—dihubungkan
 - a. ya.
 - b. delta.
18. Pengujian pertama (dari lilitan ke rangka) pada motor yang telah terkena air harus dilakukan dengan ohmmeter B/S
19. Semua motor yang terendam air harus digulung ulang B/S
20. Ohmmeter akan selalu mendeteksi belitan motor yang diarde dengan menguji pada pemutusan atau kontrol motor
21. Semua masalah rotor menyebabkan kegagalan motor instan B/S
22. Tanda besi rotor/stator tidak sejajar adalah ampere tanpa beban tinggi B/S
23. Apa cara mudah untuk mendeteksi getaran yang disebabkan oleh listrik? B/S
24. Rotor out-of-round yang telah "skim" dengan mesin bubut tidak berpengaruh pada kinerja motor
25. Rotor yang longgar pada porosnya harus diganti
26. Tegangan lebih akan mempengaruhi beberapa motor lebih dari yang lain
27. Berapa standar deviasi NEMA yang diizinkan B/S)?
28. Sebagian besar kehilangan efisiensi motor ada di celah udara B/S
29. Dalam variasi tegangan 10 persen yang diizinkan, tegangan rendah membuat motor (berbeban penuh) lebih panas daripada tegangan tinggi yang dilakukan B/S
30. Pengoperasian pada tegangan rendah mirip dengan pembebanan berlebih pada motor yang dibebani normal B/S
31. Tegangan tidak seimbang selalu disebabkan oleh transformator yang rusak, dan merupakan masalah yang harus diperbaiki oleh pemasok daya B/S
32. Tegangan yang tidak seimbang akan menyebabkan kegagalan belitan langsung pada motor tiga fasa B/S
33. Tegangan tidak seimbang hanya mempengaruhi motor terhubung-*wye* B/S Koneksi resistansi tinggi lebih sering terjadi pada jalur suplai motor daripada sirkuit penerangan B/S
34. Start motor yang sering meningkatkan masalah koneksi terminal B/S

35. Motor yang memiliki saluran suplai yang terlalu besar tidak dapat dilindungi dari kelebihan beban B/S Mengencangkan terminal di sakelar pemutus motor harus menjadi bagian dari perawatan motor terjadwal B/S
36. Lug timah motor dan kawat timah bisa berukuran terlalu kecil karena membawa arus dengan jarak yang sangat kecil (halaman 308-309). B/S
37. Lug timbal yang terlalu kecil pada akhirnya akan menjadi terlalu panas dan hangus, menyebabkan sirkuit terbuka atau resistansi tinggi (halaman 309). T F
38. Tachometer dapat dengan cepat menentukan apakah motor kelebihan beban B/S
39. Jika motor terlalu panas karena siklus berhenti/mulai, tetapi bukan bebannya, lebih baik memasang motor yang lebih besar daripada menggunakan ventilasi paksa B/S
40. Menjalankan motor tanpa beban adalah cara terbaik untuk mendinginkan motor secara merata (halaman 311). T F
41. Pengasutan lintas jalur dan penyalaan daya yang dikurangi menghasilkan jumlah panas internal yang kira-kira sama B/S
42. Motor berjalan dengan belitan korsleting pada belitan B/S
 - a. mungkin
 - b. biasa
43. Belokan korslet terkadang dapat dideteksi oleh suara dering B/S
44. Celah udara yang tidak rata akan segera menghancurkan belitan B/S
45. Motor dengan service factor tinggi dapat berjalan terus menerus pada nilai ini B/S
46. Jika motor yang terhubung untuk tegangan tinggi dijalankan pada tegangan rendah, itu hanya akan menghasilkan setengah tenaga kuda pengenalnya B/S
47. Motor dengan nilai 250 volt dapat beroperasi pada 208 volt jika kecepatan beban penuhnya mendekati RPM B/S papan nama
48. Motor empat kutub yang dirancang untuk 50 Hz—beroperasi pada 60 Hz—akan bekerja
 - a. 300 RPM
 - b. lebih cepat.
 - c. lebih lambat.
49. Sebuah motor 50-Hz memiliki 60 Hz (halaman 314-315).
 - a. Lebih banyak kekuatan
 - b. lebih sedikit daya
50. Sebuah motor 60-Hz memiliki 50 Hz (halaman 315).
 - a. lebih banyak kekuatan
 - b. lebih sedikit daya
51. Semua masalah rotor menyebabkan motor yang terisi penuh kehilangan daya dan bekerja dengan panas B/S Motor yang paling besar memerlukan jarak bebas 18 inci, untuk ventilasi B/S yang tidak terbatas

BAB 7

KERUSAKAN MOTOR YANG JARANG TERJADI

7.1 Logika Perbaikan Memakai Hukum Tegangan

Banyak masalah listrik dapat dijelaskan menggunakan logika dalam tiga aturan ini:

- Ketika konduktor memotong atau dipotong oleh garis gaya magnet, tegangan dibuat di konduktor.
- Nilai tegangan meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan garis potong gaya. Contohnya adalah kecepatan dinamo generator.

Nilai tegangan meningkat dengan bertambahnya jumlah garis gaya.

Contoh: Meningkatkan ampere eksitasi di medan shunt generator DC, atau belitan rotor alternator AC, akan meningkatkan nilai tegangan. Kecepatan di mana garis gaya memotong konduktor bisa sangat tinggi ketika AC atau DC dimatikan. Busur yang terbentuk ketika kontak pembawa beban terbuka merusak kontak, tetapi efek busur adalah memperlambat pemadaman listrik. Ketika medan shunt mesin DC dimatikan, medan magnet dari ribuan lilitan kawat akan runtuh. Saat medan magnet runtuh, garis gayanya memotong putaran medan shunt, menghasilkan tegangan yang sangat tinggi. Jika shutdown ini seketika (seperti yang dilakukan dengan switching elektronik), hasilnya adalah lonjakan tegangan yang sangat tinggi.

Setiap perubahan tegangan mendadak dari tegangan penuh ke nol atau ke tegangan lain akan menyebabkan ampere dan medan magnet yang dihasilkan di sekitar konduktor berubah pada tingkat yang sama. Setiap konduktor dalam medan magnet ini akan diubah tegangannya. Hasilnya bisa menjadi lonjakan yang sangat merusak yang menembus isolasi, dan juga dapat menghancurkan sirkuit elektronik. Nilai lonjakan tegangan meningkat seiring dengan bertambahnya panjang konduktor. Jika jarak antara pengontrol kecepatan elektronik dan motor yang dikendalikannya lebih dari 50 kaki, kerusakan lonjakan pada belitan motor sering terjadi. Kerusakan isolasi yang disebabkan oleh lonjakan akan terjadi dalam beberapa putaran pertama dari kabel saluran motor. Tegangan lonjakan dapat diredam dengan reaktor—gulungan kawat berinsulasi berat yang melilit besi laminasi. Sebuah reaktor menerima perubahan daya yang tiba-tiba.

Saluran listrik di Kanada yang memberi makan Amerika Serikat bagian timur memiliki masalah dengan badai magnetik dari matahari. Meskipun medan magnet hampir tidak terdeteksi, tegangan menjadi sangat tinggi dan merusak ketika terakumulasi lebih dari ratusan mil. Badai ini telah bergerak secara magnetis

Utara sejauh ini kru survei harus menyesuaikannya. Saluran baja yang menjadi panas adalah masalah lain yang disebabkan oleh magnet. Saluran yang berisi banyak konduktor yang dimuat tidak merata menjadi panas dari arus eddy. Arus eddy bersirkulasi dalam baja ketika garis gaya magnet memotong logam besi ini. (Panas ini adalah kehilangan daya langsung.) Jika

ampere sama di setiap konduktor, medan magnetnya saling meniadakan dan mengurangi efek pemanasan.

Kawat netral atau kabel arde peralatan telanjang dapat menjadi berbahaya karena ditempatkan dekat dengan medan magnet kabel lain. Kawat arde peralatan (yang tidak kembali ke trafo) bisa menjadi tidak efektif jika dihubungkan ke batang arde yang tidak membawa ampere yang cukup. Dalam kasus kondisi pasir kering, akan lebih aman menggunakan catu daya yang tidak ditanahkan. (Sistem kelistrikan yang dirancang dengan buruk di lokasi gurun dapat mematikan jika melibatkan pipa ledeng.)

- Pemecahan Masalah Motor yang Kurang Umum
- Pemecahan Masalah Motor Teridentifikasi

Semua sirkuit harus diberikan pengujian belitan-ke-rangka yang tepat (dengan tindakan pencegahan biasa), dimulai dengan ohmmeter. Masalah catu daya (tegangan tidak seimbang, tegangan rendah atau tinggi, paku, dll.) Semua masalah di pabrik yang menyebabkan kegagalan motor. Masalah-masalah ini tidak langsung menyebabkan kegagalan motor sehingga sering diabaikan. Kerusakan bantalan tinggi pada daftar kegagalan motor. Informasi ditemukan di bawah "Pemeliharaan Bearing," nanti di bab ini.

Menyimpan catatan yang baik pada motor khusus dapat mempersingkat waktu pemecahan masalah. Beberapa motor dan kontrol membutuhkan lebih banyak perhatian daripada yang lain. Karakteristik aneh dari sebuah motor, seperti ampere tinggi dari koneksi kecepatan rendah motor konsekuensi multi-kecepatan, harus dicatat dalam catatan perawatan motor. Kontrol kontak yang memburuk lebih cepat dari biasanya juga harus diperhatikan, serta solusi untuk masalah masa lalu. Memiliki akses mudah ke jenis informasi ini dapat mempersingkat (atau mencegah) waktu henti.

Motor khusus seperti motor multispeed atau motor rangka khusus mahal dan sulit diganti. (Biasanya harus digulung ulang atau diperbaiki.) Motor tugas khusus sering kali memiliki tembaga atau paduan lain (selain aluminium) di rotornya. Batang rotor yang rusak lebih sering terjadi dengan paduan ini dibandingkan dengan aluminium cor. Gejala batang rotor yang rusak adalah:

- ditemukan di Bab 3, "Rotor Bar Rusak."
- Pemecahan Masalah Motor Sinkron
- Komponen motor sinkron tipe sikat yang paling mungkin rusak adalah:
 - Medan pembangkit DC dan resistor pelepasan
 - Amortisseur (kandang tupai) berliku
 - Lilitan stator
 - Bantalan

Prosedur pemecahan masalah di bawah "Masalah Lilitan Biasa" di Bab 6 dapat digunakan pada semua jenis motor tiga fase. Sambungan motor terlebih dahulu harus diidentifikasi. Skema motor kemudian digunakan untuk menguji rangkaian yang sama dan, jika perlu, untuk menemukan masalahnya. Pengujian perbandingan adalah prosedur pengujian yang paling akurat dan dapat diandalkan.

Perhatian : Sikat, pemegang sikat, dan cincin slip dapat memiliki tegangan yang sangat tinggi saat motor beroperasi. Berhati-hatilah dengan komponen ini.

7.2 Kerusakan Motor yang jarang Terjadi

Medan Exciter DC dan Resistor Discharge

Medan pembangkit DC dan resistor pelepasannya adalah sirkuit tertutup (Gambar 7.1) sampai kontrol motor memberi energi pada medan DC dan kemudian memutuskan resistor pelepasan. Ketika motor mulai, medan DC akan berubah menjadi tegangan tinggi. Tegangan yang diubah dikendalikan oleh efek kelebihan beban dari resistor pelepasan. Jika resistor mengembangkan koneksi yang salah, itu tidak akan memuat rangkaian medan yang cukup dan tegangan akan menjadi terlalu tinggi. Medan DC mungkin tidak langsung rusak, tetapi isolasinya telah ditekan dan akhirnya akan rusak. Kebanyakan kegagalan medan DC berhubungan dengan tegangan tegangan tinggi. Kumparan medan DC yang korsleting dapat membuat mesin tidak mencapai kecepatan yang cukup tinggi (95 hingga 98 persen dari kecepatan sinkron) untuk menerapkan tegangan DC. Jika terlalu manj? ternyata korsleting, arus sirkulasi berkembang dan membentuk kutub di besi kumparan. Tiang ini akan membentur tiang yang dibentuk oleh belitan amortisseur (sangkar tupai), menyebabkan hilangnya torsi awal, dan motor tidak akan bisa melaju.

Perhatian : Sikat, pemegang sikat, dan cincin slip dapat memiliki tegangan yang sangat tinggi saat motor beroperasi. Berhati-hatilah dengan komponen ini.

Medan Exciter DC dan Resistor Discharge

Medan pembangkit DC dan resistor pelepasannya adalah sirkuit tertutup (Gambar 7.1) sampai kontrol motor memberi energi pada medan DC dan kemudian memutuskan resistor pelepasan. Ketika motor mulai, medan DC akan berubah menjadi tegangan tinggi. Tegangan yang diubah dikendalikan oleh efek kelebihan beban dari resistor pelepasan. Jika resistor mengembangkan koneksi yang salah, itu tidak akan memuat rangkaian medan yang cukup dan tegangan akan menjadi terlalu tinggi. Medan DC mungkin tidak langsung rusak, tetapi isolasinya telah ditekan dan akhirnya akan rusak. Kebanyakan kegagalan medan DC berhubungan dengan tegangan tegangan tinggi. Kumparan medan DC yang korsleting dapat membuat mesin tidak mencapai kecepatan yang cukup tinggi (95 hingga 98 persen dari kecepatan sinkron) untuk menerapkan tegangan DC. Jika terlalu manj? ternyata korsleting, arus sirkulasi berkembang dan membentuk kutub di besi kumparan. Tiang ini akan membentur tiang yang dibentuk oleh belitan amortisseur (sangkar tupai), menyebabkan hilangnya torsi awal, dan motor tidak akan bisa melaju.

7.3 Perbaikan Motor Sinkron

Gulungan Amortisseur

Gulungan amortisseur (kandang tupai) dirancang untuk membawa rotor hingga 95 hingga 98 persen dari kecepatan sinkron. Pada saat ini DC diterapkan, membawa rotor ke kecepatan sinkron. Gulungan amortisseur tidak dirancang untuk tugas kontinu. Setiap kali motor dihidupkan, belitan amortisseur mengembang dan berkontraksi. Ini pada akhirnya akan menyebabkan jeruji retak dan menjadi terbuka. Batang terbuka menyebabkan hilangnya torsi, dan rotor tidak dapat meningkatkan kecepatan yang cukup untuk menyelesaikan siklus start. (Lihat "Masalah Rotor Aneka" di Bab 6.)

Gulungan amortisseur dapat diperiksa dengan pistol inframerah (jika motor memiliki rangka terbuka). Nyalakan motor dan jalankan cukup lama untuk memanaskan belitan amortisseur. Periksa palang dan sambungan cincin ujung segera. Sebuah bar yang lebih dingin dari yang lain terbuka. Sambungan dering akhir yang lebih panas dari yang lain memiliki sambungan yang buruk.

Belitan Stator

Belitan stator dihubungkan dengan cara yang sama seperti stator tiga fasa. Ini akan terhubung baik wye atau delta — biasanya beberapa wye atau delta. Ini tunduk pada masalah yang sama yang dijelaskan dalam Bab 6. Motor sinkron besar dililit bentuk, dengan masing-masing kumparan dibungkus satu per satu. Mereka dirancang untuk beroperasi pada tegangan tinggi. Prosedur pengujian yang sama digunakan pada motor besar dan kecil. Instrumen untuk mengujinya termasuk ohmmeter, megohmmeter, mikrohmeter, dan tester lonjakan.

Tes pertama harus dilakukan dengan ohmmeter, dari ujung ke rangka motor. Pembacaan yang rendah (kurang dari 50 megohm) menunjukkan bahwa kontaminasi mungkin ada pada belitan. Megohmmeter dapat digunakan selanjutnya untuk memverifikasi pembacaan ohmmeter. Pastikan untuk menghubungkan kabel ke rangka setelah pengujian megohmmeter. Uji perbandingan untuk belitan korsleting sekarang dapat dilakukan dengan mikrohmeter di terminal motor di kotak kontrol. (Kerusakan seperti koil korsleting biasanya sangat terlihat.) Jika ada perbedaan dalam pembacaan tes perbandingan (bandingkan lead 1 ke 2 dengan 2 ke 3, dan 3 ke 1), gunakan tester lonjakan untuk mengkonfirmasi hasil mikrohmeter.

Korona

Tegangan tinggi akan menimbulkan fenomena yang disebut korona. Korona adalah cahaya biru yang mengelilingi kumparan saat motor berjalan. (Udara di sebelah belitan berenergi menjadi terionisasi dan bersinar.) Ini juga akan membuat suara mendesis atau mendengung. Seperti percikan listrik lainnya, korona mengeluarkan frekuensi radio. Kerusakan kecil pada insulasi dilakukan setiap kali korona dilepaskan. Ini mengikis partikel kecil insulasi yang—dari waktu ke waktu—akan menghasilkan debu putih halus. (Hal ini dapat diminimalkan dengan melapisi kumparan dengan cat konduktif di area yang bersentuhan

dengan besi slot.) Kerusakan terjadi secara perlahan—dalam banyak kasus selama bertahun-tahun.

Lebih banyak kerusakan korona disebabkan oleh ozon yang dihasilkannya. Busur mengubah oksigen menjadi gas ozon. Gas ini menyerang isolasi dengan menurulkannya secara kimiawi. Ozon melakukan kerusakan terbesar dalam rongga di slot, atau di antara belokan. Aplikasi pernis vakum/tekanan (VPI) akan mengurangi jumlah rongga. (Pernis harus memiliki tingkat kekentalan yang tepat agar berhasil menghilangkan rongga.)

Bantalan

Bantalan lengan yang aus mengurangi celah udara di satu sisi rotor. Hasilnya adalah tekanan mekanis yang ekstrim pada poros dan bantalan. Harus ada sekitar 35 pon per inci persegi tarikan magnet, merata di sekitar rotor (jika terpusat). Jika celah udara dikurangi setengahnya di satu sisi, tarikan magnet di sisi lebar akan turun menjadi sekitar 10 pon per inci persegi, sedangkan sisi sempit akan naik hingga hampir 150 pon per inci persegi. Keausan bantalan dipercepat oleh peningkatan tegangan. Celah udara harus diukur setiap tahun pada motor bantalan tumpuan. Perubahan suhu dapat menyebabkan pergerakan komponen pendukung. (Ada kasus pembengkakan beton saat tulangan berkarat.)

Uji Tegangan Langkah

Uji tegangan langkah (dijelaskan di bagian Bab 8, "Instrumen untuk Pengujian Mendalam dan Pemeliharaan Terjadwal") adalah metode yang andal untuk menguji motor dan generator sinkron besar. Ini adalah prosedur perawatan, dilakukan dengan instrumen yang disebut analyzer berliku (Gambar 7.2). Tes harus dijadwalkan secara teratur.

7.4 Perbaiki Motor Dua Kecepatan Satu Gulungan

Motor Berliku Satu

Selalu putuskan dan kunci daya saat menguji motor yang terhubung ke kontrolnya. Uji motor dua kecepatan menggunakan metode pengujian yang sama dengan motor sembilan sadapan. Tes pertama harus dari terminal motor (T) ke saluran atau kotak kontrol dengan ohmmeter atau megohmmeter. Jika ada indikasi arde, motor harus diputuskan dan diperiksa (terpisah dari saluran). Tanah yang kokoh berarti motor harus diganti atau diputar ulang. Lima puluh megaohm atau kurang berarti motor harus dibersihkan dan dikeringkan.



Gambar 7.2 Winding analyzer digunakan untuk melakukan uji tegangan langkah. Instrumen Elektrom.

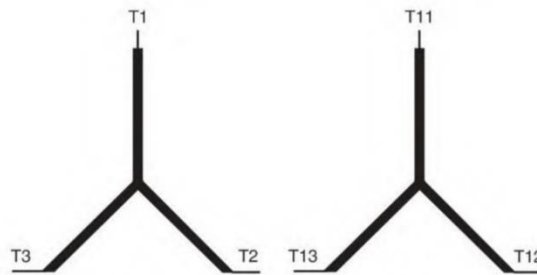
Jika tidak ada arde yang ditunjukkan, belitan dapat diuji menggunakan uji perbandingan saluran ke saluran. Uji perbandingan dapat dilakukan dari LI ke L2, L2 ke L3, dan L3 ke LI. (Mungkin perlu memutar poros saat pengujian.) Kontak pengontrol dapat diblokir atau ditutup untuk memeriksa kedua kecepatan secara terpisah. Perbedaan hasil pengujian memerlukan pengujian lebih lanjut. Angka-angka dalam skema belitan dua kecepatan dapat digunakan sebagai panduan untuk pengujian perbandingan. Baik belitan tenaga kuda konstan dan torsi konstan memiliki jumlah lilitan atau kumparan yang sama antara T4 dan T5, T5 dan T6, serta T6 dan T4. Jumlah lilitan atau kumparan yang sama juga ditemukan antara T1 dan T2, T2 dan T3, dan T3 dan T1. Setiap kesalahan yang ditemukan harus diverifikasi dengan melepaskan motor dari pengontrol dan menguji motor itu sendiri.

Jika tes lonjakan digunakan, jalankan tes pada kedua kecepatan. Ini akan menguji semua belokan yang terhubung ke garis. (Belok ini menerima lonjakan garis, dan mungkin memiliki kerusakan isolasi belokan ke belokan.) Motor torsi variabel harus diuji dengan cara yang sama seperti motor torsi konstan dan motor tenaga kuda konstan. (Mungkin perlu memutar poros selama pengujian.) Pengujian harus dilakukan dari T1 ke T2, T2 ke T3, dan T3 ke T1. Seri tes lain harus dibuat dengan T1, T2, dan T3 diikat bersama. Tes sekarang dilakukan antara T4 dan T5, T5 dan T6, dan T6 dan T1.

7.5 Perbaikan Motor Multi-Gulungan Multi-Kecepatan Motor Multiwinding

Selalu putuskan dan kunci daya saat menguji motor yang terhubung ke kontrolnya. Pengujian pertama adalah pengujian tanah dari setiap belitan ke saluran (Gambar 7.3). Tes berikutnya harus dari satu belitan ke belitan lainnya. (Pastikan mereka tidak terhubung ke terminal umum di kontrol atau secara internal ke kabel umum.) Kegagalan dari salah satu pengujian memerlukan pemutusan motor untuk pengujian lebih lanjut. Kedua masalah

(belitan ke ground dan belitan ke belitan) memerlukan penggulungan ulang atau penggantian motor. Perhatian harus digunakan ketika tes dilakukan yang melibatkan tegangan. Tegangan diubah menjadi belitan yang tidak sedang diuji dan bisa berbahaya. Jika ujung belitan idle saling bersentuhan, hasil pengujian (pada belitan yang diuji) akan terdistorsi.

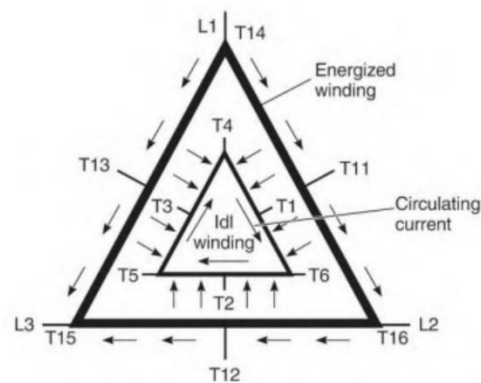


Gambar 7.3 Skema untuk motor dua lilitan dua kecepatan.

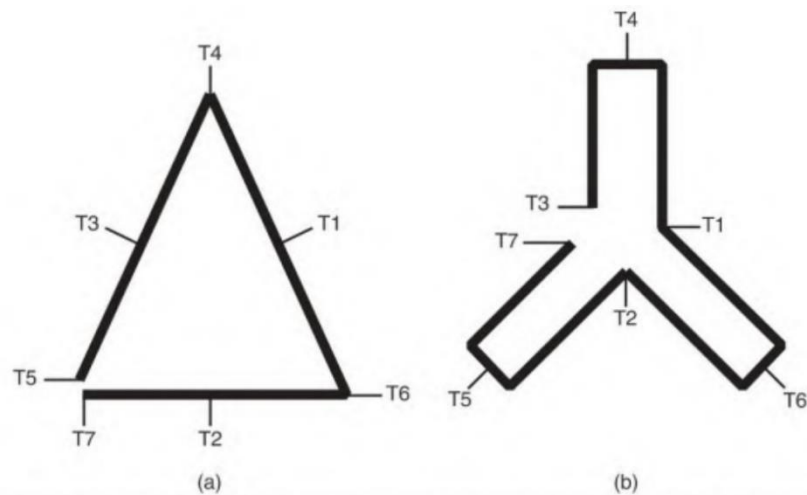
Setiap belitan motor multi-belitan multikecepatan harus diuji sebagai motor terpisah. Gulungan biasanya tidak terhubung satu sama lain secara internal. Mereka mungkin, bagaimanapun, menggunakan terminal umum dalam kontrol. (Dalam hal ini, belitan harus diisolasi satu sama lain sebelum pengujian. Uji ground [*lead-to-conduit*] dapat dilakukan tanpa belitan diisolasi.) Semua belitan harus diuji (dengan skema yang benar) seperti yang dijelaskan dalam bagian sebelumnya, "Memecahkan Masalah Motor Satu Lilitan Dua Kecepatan."

Beberapa motor dengan tiga kecepatan atau lebih memerlukan belitan dua kecepatannya agar terbuka saat tidak digunakan. Seperti terlihat pada Gambar 7.4, arus sirkulasi diubah menjadi belitan idle dari belitan berenergi. Daya yang digunakan oleh arus yang bersirkulasi meningkatkan ampere belitan berenergi dan dengan cepat memanasnya. Untuk mencegah arus yang bersirkulasi, belitan idle dibuka, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.5a dan 7.5b. Lead T7 atau T17 adalah akhir dari fase terbuka. (Sambungan T17 terhubung ke belitan berkecepatan lebih tinggi.) Kontrol motor bergabung dengan T7 (atau T17) dengan kabelnya masing-masing saat belitan diberi energi. Timbal T7 (atau T17) disambung dengan T3 di motor torsi konstan dan dengan T5 di motor tenaga kuda konstan.

Beberapa motor tiga kecepatan memiliki belitan dua kecepatan dan belitan satu kecepatan yang berbagi slot. Gulungan kecepatan tunggal akan memiliki sambungan internal khusus yang tidak memerlukan belitan dua kecepatan idle untuk dibuka. Jika motor ini tidak terhubung seperti semula, belitan kecepatan tunggal akan menjadi panas (karena arus yang bersirkulasi pada belitan dua kecepatan).



Gambar 7.4 Skema belitan tenaga kuda konstan yang berbagi stator dengan belitan lain. Arus yang bersirkulasi akan terjadi jika belitan idle tidak dibuka.



Gambar 7.5 (a) Skema untuk motor tenaga kuda konstan dan (h) untuk motor torsi konstan, dihubungkan sehingga tidak ada arus sirkulasi.

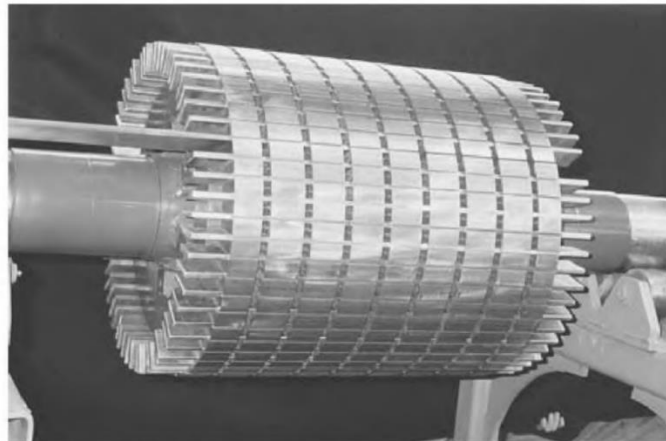
Arus bersirkulasi terjadi karena kutub-kutub dari satu belitan sejajar dengan kutub-kutub dari belitan yang lain. Sambungan yang tepat akan memungkinkan kutub lain (dalam rangkaiannya) untuk membatalkan arus sirkulasi yang dibuat oleh kutub yang sejajar. Sebuah belitan membutuhkan setengah dari jumlah sirkuit yang dimilikinya, untuk mencegah arus yang bersirkulasi tanpa membukanya. Setiap sirkuit internal harus berisi dua kutub yang terletak di sisi berlawanan dari stator. Jarak dua kutub dari rangkaian yang saling berhadapan membuat mereka keluar dari keselarasan magnet dengan kutub dari belitan lain (yang memiliki jumlah kutub yang berbeda). Susunan ini membatalkan arus yang akan bersirkulasi karena loop tertutup. Jika kedua belitan dihubungkan dengan sirkuit tunggal, jarak ini tidak diperlukan.

Masalah Rotor di Motor Multispeed

Motor multispeed memiliki rotor sangkar tupai seperti motor induksi lainnya. Lebih cenderung memiliki batangan yang dibuat dengan tembaga, kuningan, atau paduan serupa. Paduan ini memiliki lebih banyak masalah daripada aluminium. Masalah rotor termasuk batang rotor terbuka, cincin ujung terbuka, dan masalah lain yang dijelaskan di bawah "Fungsi

Rotor Sangkar Tupai" di Bab 3 (lihat Gambar 3.48). Rotor bar terbuka dan cincin ujung mengurangi daya motor, seperti yang dijelaskan sebelumnya. Jika motor membutuhkan waktu lebih lama untuk memulai, atau berjalan lebih panas (dan lebih lambat) dari yang seharusnya, rotor mungkin bermasalah. (Tegangan suplai rendah juga akan menyebabkan masalah ini.)

Bilah rotor terbuka dapat dideteksi dengan ohmmeter (ukuran yang benar) yang dipasang pada dua ujung belitan mana pun dari belitan yang sama. Putar poros; perhatikan bacaan tinggi dan rendah. Penyimpangan dari pembacaan normal menunjukkan bilah rotor terbuka. Rotor dapat dibangun kembali sesuai spesifikasi aslinya. Mereka dapat dipasang kembali jika terbuat dari tembaga atau paduan lainnya, atau dibentuk kembali jika terbuat dari aluminium. Motor multi-kecepatan mahal dan sulit diganti, sehingga hemat biaya untuk membangun kembali rotornya. Rotor motor besar secara rutin dibangun kembali (Gambar 7.6).



Gambar 7.6 Sebuah rotor sedang dibangun kembali sepenuhnya. Listrik Jasper.

7.6 Menguji Motor di Tempat

Instrumen Uji untuk Pengujian di Tempat

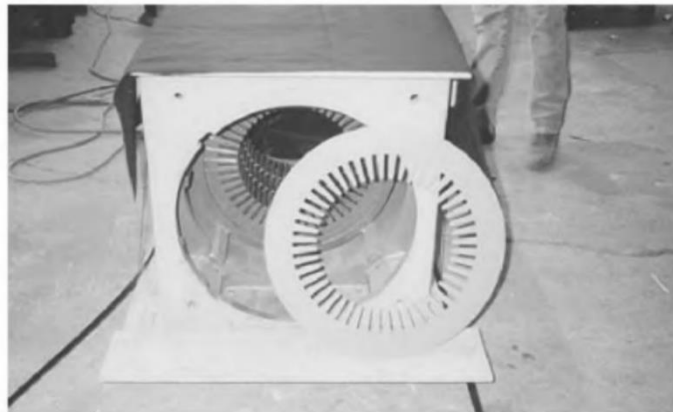
Instrumen uji berikut dapat digunakan untuk memecahkan masalah motor tiga fasa sembilan sadapan di tempatnya: penjepit volt/ammeter, ohmmeter, megohmmeter, takometer, instrumen uji berbasis induksi, dan pistol inframerah. Jenis volt/ampere meter digital clamp-on mampu menangkap ampere penguncian seketika. Fitur penguncian merekam pembacaan ampere rotor yang terkunci. Ohmmeter dan megohmmeter digunakan untuk menguji insulasi slot (ujung belitan ke rangka).

Tachometer digunakan pada motor yang dibebani untuk melihat apakah di bawah RPM papan namanya. Instrumen tes berbasis induksi, yang dijelaskan dalam Bab 8, adalah jenis penguji frekuensi tinggi. Mereka bekerja pada motor dari berbagai ukuran. Pistol inframerah menempatkan titik-titik panas seperti koneksi yang buruk. Instrumen ini memiliki banyak kegunaan lain; beberapa dijelaskan dalam Bab 8. Kerusakan Inti dan Rotor Jika pelindung motor tersandung atau sekering putus, penyebab pemutusan harus diidentifikasi sebelum motor diberi energi kembali. (Motor yang gagal yang memiliki lengkungan pada slotnya akan mengalami kerusakan yang tidak perlu jika motor dihidupkan ulang.) Jika terjadi arde atau hubungan pendek pada slot stator, inti motor dan rotor akan rusak parah.

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

Terkadang sejumlah besar gigi slot akan menyatu dengan tembaga yang meleleh. Tembaga harus digiling, dikikir, atau dipahat dari inti sebelum memutar ulang motor. Dalam beberapa kasus, begitu banyak gigi yang dicabut sehingga keseimbangan magnetik inti terlempar.

Jika ada kerusakan inti yang luas, ada tiga pilihan: Jika perbaikan tidak ekonomis, ganti motor. Susun kembali laminasi, sebarakan laminasi yang rusak di sekitar stator. Ganti laminasi yang rusak (Gambar 7.7). Jika busur terbentuk di slot dekat celah udara, itu diarahkan ke rotor. Ini dapat melelehkan batang rotor aluminium hanya dalam beberapa detik. Motor hingga 100 tenaga kuda dengan jenis kerusakan ini mungkin tidak dapat diperbaiki (secara ekonomis) dan oleh karena itu mungkin memerlukan penggantian.



Gambar 7.7 Laminasi pengganti baru. Listrik Jasper.

Motor yang terhubung ke sistem yang tidak diarde cenderung tidak mengalami kerusakan inti yang parah. Ini dapat berjalan secara normal sampai bagian lain dari belitannya, perangkat lain, atau motor lain pada sistem mengalami ground.

7.6 Menguji Motor di Tempat

Jika motor berasap atau memiliki masalah besar lainnya, itu harus diganti. Namun, penyebab masalahnya harus diidentifikasi. Jika riwayat motor dicatat di komputer, data harus diperiksa sebelum memecahkan masalah motor. Jika seseorang mengoperasikan motor, dapatkan masukan dari orang tersebut. (Ini dapat membantu mengidentifikasi masalah lebih cepat.) Faktor yang menjadi perhatian adalah perubahan beban, modifikasi pada mesin, perubahan suara, dan riwayat masalah sebelumnya. Perubahan beban atau modifikasi mesin Maj" membutuhkan motor yang lebih besar.

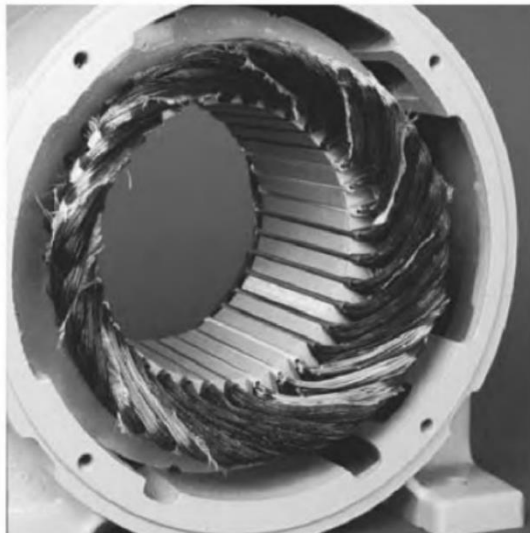
Pemeriksaan Visual Motor Sembilan-Lead (Wye atau Delta)

Jika motor memiliki rangka terbuka, periksa belitan yang terbakar secara visual. Jika Anda tidak dapat melihat belitan, periksa cat pada cangkang stator. Jika gulungan terlalu panas, cat akan terlihat berubah warna atau gosong. Periksa Visual Sembilan-Lead

Motor (Wye atau Delta)

Jika motor memiliki rangka terbuka, periksa belitan yang terbakar secara visual. Jika Anda tidak dapat melihat belitan, periksa cat pada cangkang stator. Jika gulungan terlalu panas, cat akan terlihat berubah warna atau hangus di tempat inti bertemu dengan cangkang. Jurnal gulungan atau bantalan yang terlalu panas dapat dengan mudah diidentifikasi dengan cat yang berubah warna. (Tersedia cat khusus yang akan berubah warna ketika mencapai suhu tinggi yang telah ditentukan.) Periksa apakah ada bau belitan terbakar di kotak sambungan motor jika motor benar-benar tertutup. Gulungan yang terbakar memerlukan penggulangan ulang atau penggantian motor. Pemeriksaan sebelumnya harus dilakukan sebelum melakukan pengujian yang lebih ekstensif. Periksa perlindungan terbuka (pemutus sekering atau perlindungan kontrol). Jika sekering putus atau pelindung lain terbuka, jangan hidupkan ulang motor. Restart motor dapat merusak komponen saluran servis dan komponen utama motor (inti atau rotor).

Matikan dan kunci sakelar pemutus utama motor sehingga tidak dapat diisi ulang. Periksa tegangan masuk ketiga saluran dengan voltmeter. Tegangan suplai harus berada dalam jarak 10 persen dari peringkat tegangan motor. (Jika motor dapat berjalan dengan beban, voltase harus diuji saat motor berjalan.) Periksa ketidakseimbangan voltase. Ketidakseimbangan yang lebih besar dari 1 persen dapat membuat motor terlalu panas dan menyebabkan kegagalan. Masalah ini tidak menyebabkan kegagalan langsung. Ketika motor gagal, belitannya terlihat seperti pada Gambar 7.8.



Gambar 7.8 Belitan yang gagal karena tegangan tidak seimbang. EASA.

Pengujian dari Kontrol (Wye atau Delta)

Jika tidak ada pengamatan visual yang menunjukkan masalah, motor dapat diuji dari kontrolnya (atau diputuskan). Tes berikut dilakukan dari kontrol. Ohmmeter standar (multimeter) harus digunakan untuk menguji ground dan membuka. Ini juga dapat digunakan pada belitan motor yang lebih kecil (hingga 10 tenaga kuda). Sebuah microhmmeter digunakan untuk menguji motor yang lebih besar. Instrumen uji tipe induksi akan menguji motor dalam berbagai ukuran. Semua instrumen ini tercakup dalam Bab 8.

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

Setelah daya dimatikan dan dikunci, gunakan ohmmeter untuk menguji (pada terminal T [motor] di kontrol) untuk hal-hal berikut:

- Uji tanah dari kontrol
- Uji belitan terbuka dari kontrol
- Uji belitan terbuka (wye)
- Uji belitan terbuka (delta)
- Uji perbandingan dari kontrol
- Uji rotor dari kontrol

Pengujian dari kontrol juga menguji saluran ke motor. Motor yang gagal dalam pengujian ini harus digulung ulang atau diganti.

Uji Tanah dari Kontrol

Putuskan sambungan dan kunci daya. Tes ground dimulai dari sisi motor (terminal T) dari kontrol. Tes pertama harus dengan multimeter, diatur pada ohm. (Gunakan terlebih dahulu untuk memeriksa belitan yang diarde, karena tidak akan memiliki daya yang cukup untuk merusak isolasi yang terkontaminasi.) Uji dari terminal motor apa pun ke saluran. Pembacaan singkat (atau dipatok) berarti ada ground—di jalur atau di motor. Buka kotak sambungan motor dan dengan hati-hati periksa sambungan kabel motor untuk kemungkinan arde ke kotak atau penutupnya. Putuskan sambungan motor dan uji dari kabel ke pelat nama motor—atau ke tempat yang bersih pada rangkanya. Jika tanah ada di motor, itu harus diganti.

Buka Tes Berliku dari Kontrol

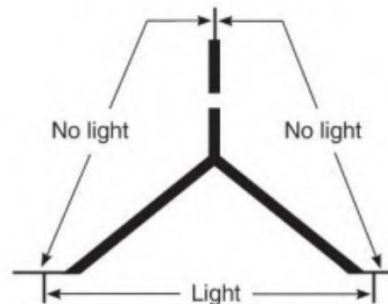
Putuskan sambungan dan kunci daya. Uji dari terminal T ke terminal T dengan ohmmeter. Jika ditemukan sirkuit terbuka, itu akan berada di saluran atau di belitan motor. Lepaskan kabel motor dan periksa belitan terbuka. Jika bukaan ditemukan pada saluran, motor telah berjalan pada dua saluran (fase tunggal). Ada kemungkinan besar motor mengalami kerusakan belitan dan akan terlihat seperti Gambar. 7.9 dan 7.10 (lihat "Gulungan yang Terbakar dari Operasi pada Fase Tunggal" di Bab 6). Biasanya, belitan terbuka berarti motor harus diputar ulang atau diganti.

Uji Berliku Terbuka (Wye)

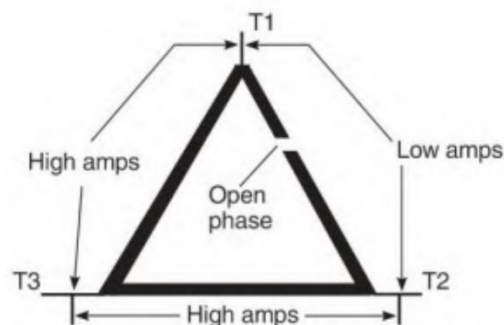
Putuskan sambungan dan kunci daya. Sirkuit terbuka dalam koneksi wye (tegangan tinggi) sirkuit tunggal akan menguji buka antara fase terbuka dan kedua fase normal (Gambar 7.9). Jika motor sembilan sadapan dihubungkan tegangan rendah, sadapan T7, T8, dan T9 harus diputuskan dan diuji secara terpisah untuk rangkaian terbuka. Motor yang lebih besar memiliki lebih dari satu wye internal. Dalam hal ini, fase terbuka memiliki resistansi yang lebih tinggi daripada dua fase lainnya. Sebuah microhmmeter atau tester lonjakan akan mengidentifikasi masalah ini. Jika motor berjalan, ia memiliki daya yang lebih kecil, dan mungkin tidak dapat menarik bebannya. Suara motor dapat berubah (tergantung pada koneksi kutub-ke-kutub internalnya) karena ketidakseimbangan magnetik di dalam belitan.

Uji Berliku Terbuka (Delta)

Putuskan sambungan dan kunci daya. Gambar 7.10 menunjukkan rangkaian lengkap melalui dua fase. Resistansi lebih tinggi di T1 dan T2 (fase terbuka) karena rangkaian mencakup dua fase secara seri. Baik T2 ke T3 dan T3 ke T1 menunjukkan resistansi yang lebih rendah (resistansi hanya satu fase). Lampu uji akan menyala di antara semua sadapan saat ada sirkuit terbuka di belitan terhubung delta, dan tidak akan menunjukkan masalah. Jika belitan memiliki beberapa sirkuit di setiap fase (misalnya, empat dan delapan delta), hasil pengujian akan sama seperti pada pengujian sebelumnya.



Gambar 7.9 Motor terhubung wye sirkuit tunggal dengan fase terbuka



Gambar 7.10 Motor terhubung delta sirkuit tunggal dengan fase terbuka.

Resistansi akan lebih tinggi di seluruh fase terbuka daripada di dua fase lainnya. Jika ada perbedaan kecil dalam resistansi, rotor harus diputar untuk mengesampingkan pengaruhnya pada pengujian. Sebuah microhmmeter atau tester lonjakan akan mengidentifikasi masalah ini.

Uji Perbandingan dari Kontrol (Wye atau Delta)

Putuskan sambungan dan kunci daya. Uji perbandingan dengan ohmmeter (ukuran yang benar) atau instrumen tipe induktansi. Dari kontrol motor, bandingkan pembacaan alat uji dari T1 ke T2, T2 ke T3, dan T3 ke T1. (Mereka harus identik.) Jika hanya ada sedikit perbedaan, putar poros motor secara perlahan setidaknya dua putaran penuh saat melakukan setiap pengujian.

Posisi bilah rotor dapat membuat perbedaan dalam pembacaan. Perhatikan tinggi dan rendah pada ketiga tes. Perbedaan pembacaan antara saluran menunjukkan belitan korsleting atau sambungan resistansi tinggi antara kontrol dan motor. Motor harus diputuskan dan diuji

secara terpisah sebelum dilepas. Tidak ada nilai resistansi pasti yang ditentukan dalam belitan motor (berkaitan dengan tenaga kuda dan kecepatannya) karena ada banyak variasi belitan dan desain panjang inti.

Dua instrumen tes yang identik mungkin tidak memberikan pembacaan yang sama persis. Fakta ini harus dipertimbangkan ketika menggunakan nilai tes tertentu. Pengujian perbandingan antara rangkaian belitan adalah cara yang paling dapat diandalkan untuk menemukan masalah belitan. Ini dapat dilakukan dengan cepat pada motor dari semua ukuran, dan tidak memerlukan spesifikasi pabrikan.

Uji Rotor dari Kontrol

Tes ini harus dilakukan jika motor tidak memiliki daya normal (jika membutuhkan waktu lebih lama dari sebelumnya untuk memulai beban, atau jika kecepatan poros [dibebankan] lebih rendah dari RPM papan nama). Putuskan sambungan dan kunci daya. Uji rotor dapat dilakukan selama uji perbandingan. Saat memutar poros selama ohmmeter atau uji induksi, cari penyimpangan dari pembacaan tinggi dan rendah. Jika penyimpangan yang lebih besar terjadi pada posisi poros yang sama, rotor memiliki batang (atau batang) rotor yang terbuka. Jika penyimpangan dicatat pada beberapa posisi poros dengan jarak yang sama, itu bisa menjadi desain rotor.

Memulai Motor Setelah Uji Perbandingan dari Kontrol

Jika motor tidak terbuka atau diarde dan uji perbandingannya genap, motor dapat distarter. Periksa ampere ketiga saluran, dan bandingkan hasilnya dengan pelat nama motor. (Selalu ada perbedaan kecil dalam pembacaan ampere antar saluran.) Untuk memverifikasi bahwa motor tidak bermasalah, gunakan prosedur yang dijelaskan di bagian berikut. Jika ampere normal, penting untuk mencari tahu apa yang menyebabkan pemutusan terbuka. Jika penyebab masalah tidak ditemukan, insiden tersebut harus direkam untuk referensi di masa mendatang. Kemungkinan penyebab tercakup dalam "Ketika Motor Terlalu Panas" di Bab 6.

Tes Pertukaran Garis/Timbal untuk Ampere Tidak Merata

Kebanyakan motor tiga fase akan memiliki pembacaan ampere yang berbeda pada ketiga jalur, terutama ketika motor tidak memiliki beban. Jika ampere cukup tidak rata, masalahnya terletak pada catu daya atau pada belitan motor. Ini dapat ditentukan dengan terlebih dahulu merekam ampere dari setiap saluran dan kemudian menukar ketiga saluran atau ketiga kabel motor, mana yang lebih mudah. (Mengubah ketiganya membuat rotasi tetap sama.) Jika ketiga baris mempertahankan pembacaan yang sama, masalahnya terletak pada garis. Jika ketiga lead motor tetap membaca yang sama, masalahnya terletak pada motor.

Merekam Kesalahan Motor

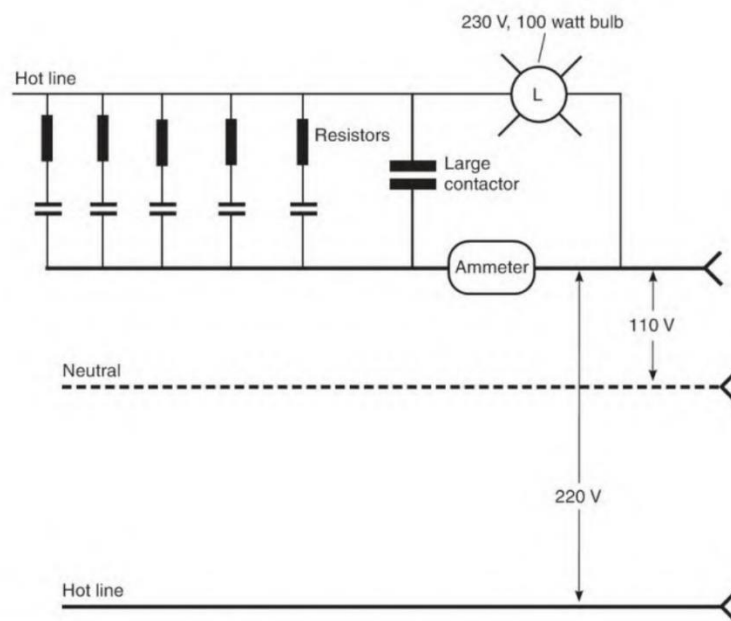
Sejarah kerusakan motor sangat berharga dalam mempertahankan produksi. Masalah masa depan kemudian mudah dikenali dan mungkin dicegah. Idealnya, masalah motor pabrik semua direkam pada program perangkat lunak yang baik. Lembar laporan yang dirancang

dengan baik membuat masalah pencatatan menjadi lebih mudah. Ini harus mencakup sketsa stator yang menunjukkan lokasi (atas, bawah, depan, belakang) kerusakan. Misalnya, kerusakan yang sering terjadi di bagian bawah motor menunjukkan masalah kelembaban. (Cukup mengebor lubang pembuangan mungkin merupakan solusi untuk masalah khusus ini.) Sebagian besar kegagalan terlihat, tetapi kesalahan harus dicatat, dengan mengacu pada nomor timah. Skema koneksi sembilan sadapan wye dan delta harus digunakan untuk merujuk lokasi semua kerusakan (menurut lokasi sadapan).

Kondisi garis harus dicatat. Ini termasuk tegangan dan ampere setiap saluran (tanpa beban dan beban penuh). Jika memungkinkan, pembacaan harus dilakukan pada kontrol dan motor.

7.7 Melokalisir Kesalahan Motor

Peralatan Uji untuk Menemukan Kesalahan Motor Menemukan dan mengidentifikasi kesalahan motor dapat menentukan penyebab kegagalan. Ini adalah bagian penting dari pemeliharaan preventif. Pusat servis motor harus mengidentifikasi, bila memungkinkan, penyebab kegagalan. Mengidentifikasi kegagalan sangat penting dengan motor yang diganti daripada diperbaiki. Arus satu fasa terbatas bekerja sangat baik untuk menguji stator tiga fasa. Gambar 7.11 adalah diagram panel uji yang dapat dibuat dengan elemen kompor. Panel uji dapat dirancang untuk arus yang lebih tinggi. Grid dengan resistansi rendah dapat digunakan jika diperlukan lebih banyak ampere.



Gambar 7.11 Sirkuit panel uji, menggunakan resistor

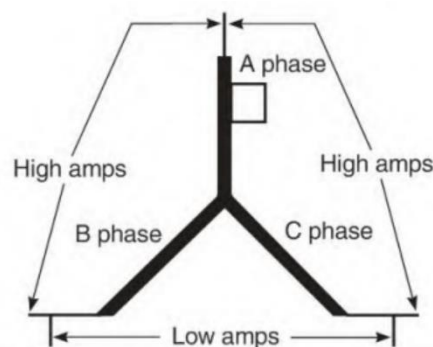
Panel uji ini juga dapat digunakan dengan catu daya hertz yang lebih tinggi dari 60 Hz. (Cari ammeter di sisi 60-Hz dari catu daya.) Hertz yang lebih tinggi menciptakan lebih banyak induktansi dan menurunkan ampere dan torsi motor yang sedang diuji. Instrumen uji hertz tinggi menghasilkan lebih banyak reaktansi induktif daripada instrumen uji 60-Hz. Beberapa belokan korsleting jauh lebih jelas dengan instrumen uji berbasis induksi daripada dengan Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

ohmmeter. Ohmmeter menggunakan DC tegangan rendah dan hanya mengukur resistansi kawat. Panjang pendek kawat yang terkandung dalam belitan korsleting (yang dihilangkan dari fase) memiliki hambatan yang sangat kecil. Mengidentifikasi fase yang salah dengan membandingkan resistansinya dengan dua fase normal lebih sulit dilakukan dengan ohmmeter. Pengujian motor jenis ini harus dilakukan di lokasi yang kering, karena jika belitan diarde ke rangka, pengujian dapat berbahaya. Motor maj³ harus dibongkar untuk mendiagnosis dan menemukan kesalahan belitan secara akurat.

Hasil pengujian berikut dijelaskan sebagai resistansi tinggi atau rendah (bila menggunakan ohmmeter), atau ampere rendah atau tinggi (menggunakan arus fase tunggal terbatas). Istilah resistansi tinggi pada ohmmeter sama dengan arus rendah dengan arus satu fasa terbatas.

Menemukan Belokan Korsleting di Motor Sembilan-Lead yang Terhubung dengan Wye

Dalam skenario kasus ini, belitan motor yang diuji adalah sambungan wye sembilan sadapan dengan belitan korsleting pada fase A. Kerusakan tidak terlihat. Itu beroperasi pada tegangan tinggi ketika gagal. Pertama, periksa belitan rotor dengan memutar poros, menggunakan ohmmeter atau arus terbatas. Bandingkan pembacaan tinggi/rendah seperti yang dijelaskan sebelumnya. (Belantan stator dapat diperiksa lebih cepat dan mudah dengan melepas rotor, tetapi hal itu tidak diperlukan.) Belitan fase-A korsleting motor memiliki hambatan yang lebih kecil daripada fase-fase B dan C (Gambar 7.12). Karena sambungan wye, terdapat hambatan yang lebih rendah (atau ampere yang lebih tinggi) dari kabel fase yang salah (T1) ke kedua kabel fase lainnya (T2 dan T3). Ketika dua fase normal (T2 hingga T3) diperiksa, mereka akan memiliki resistansi yang lebih tinggi (atau ampere yang lebih rendah) karena belokan korsleting tidak disertakan. Jika lebih dari satu fase mengalami korsleting, ketiga fase akan memiliki pembacaan yang berbeda.



Gambar 7.12 Motor terhubung-wye sirkuit-tunggal dengan fase terbuka.

Jika hubung singkat tidak terlihat, lokasi pasti dari belokan korsleting dapat ditentukan dengan melepas sadapan T4 dan T7. Bandingkan sirkuit T1 ke T4, T2 ke T5, dan T3 ke T6. Jika hasil pengujian rangkaian T2 hingga T5 dan T3 hingga T6 identik, tetapi berbeda dengan T1 hingga T4, masalahnya terletak di antara T1 dan T4.

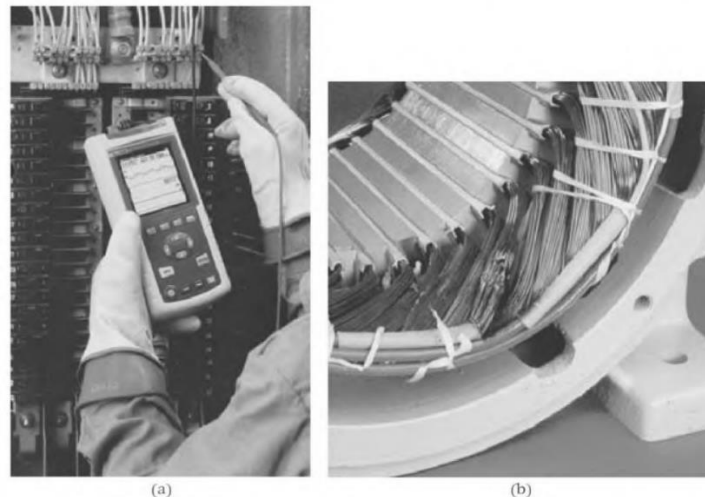
Sekarang potong tali pengikat dan angkat kabel T1 dengan hati-hati. Jika hubungan pendek ditemukan dekat dengan T1 (dalam dua atau tiga putaran pertama), kerusakan

mungkin disebabkan oleh lonjakan tegangan. Jika hasil pengujian T1 hingga T4, T2 hingga T5, dan T3 hingga T6 identik, bandingkan T7 dengan T8, T8 dengan T9, dan T9 dengan T7. Catat nomor lead yang menunjukkan perbedaan pada kedua lead lain di sirkuit. Masalah di sirkuit ini tidak akan berhubungan dengan lonjakan kecuali motor telah beroperasi pada sambungan tegangan rendahnya.

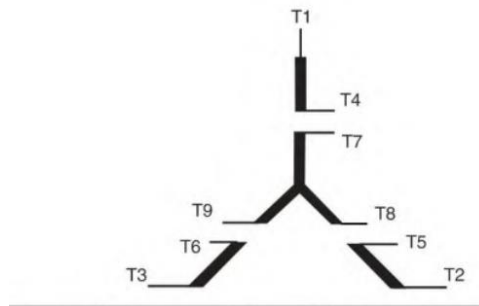
Menemukan Kerusakan Lonjakan Tegangan di Motor Sembilan-Timbal yang Terhubung dengan Wye

Kerusakan lonjakan tegangan telah meningkat dengan penggunaan drive variabel-hertz. Masalah ini dapat dikurangi dengan penempatan reaktor yang tepat, kapasitor surja, atau filter yang disetel. Instrumen uji kualitas power dapat digunakan untuk menentukan kemungkinan kondisi penyebab lonjakan. Gambar 7.13a menunjukkan instrumen yang digunakan untuk tes ini.

Terjadinya kerusakan spike meningkat ketika jarak antara kontrol dan motor lebih dari 50 kaki. Ini akan menyebabkan kerusakan dalam dua hingga tiga putaran pertama dari garis depan. Karakteristik kerusakan ini unik untuk paku dan mudah diidentifikasi (Gambar 7.13b). Jika motor beroperasi pada tegangan rendah, uji setiap rangkaian secara terpisah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.14. Sadapan yang terhubung ke saluran adalah T1 dan T7 untuk saluran 1, T2 dan T8 untuk saluran 2, dan T3 dan T9 untuk saluran 3. Jika kerusakan tidak terlihat, setiap rangkaian identik harus diuji perbandingannya (T1 hingga T4, T2 ke T5, T3 ke T6, T7 ke T8, T8 ke T9, dan T9 ke T7). Deskripsi singkat tentang kerusakan dan lokasinya harus dimasukkan dalam perangkat lunak motor untuk referensi di masa mendatang.



Gambar 7.13 (a) Menguji kualitas daya dengan osiloskop genggam. Kebetulan. (h) Belitan rusak oleh paku. EASA



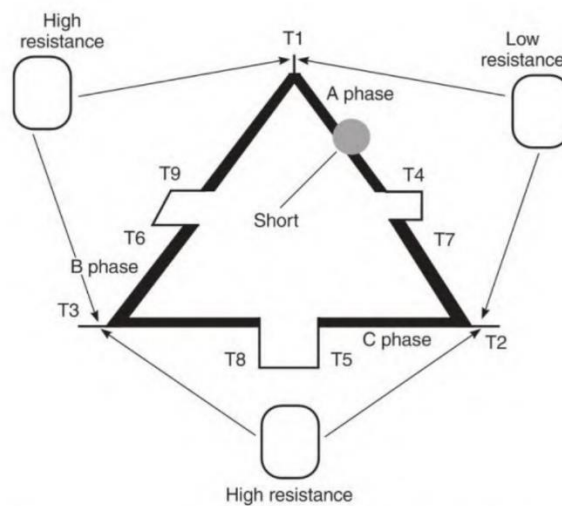
Gambar 7.14 Periksa titik-titik untuk menemukan kerusakan spike pada motor terhubung-
we sembilan-sambungan (terhubung tegangan rendah).

Menemukan Belokan Korsleting di Motor Sembilan-Lead yang Terhubung Delta

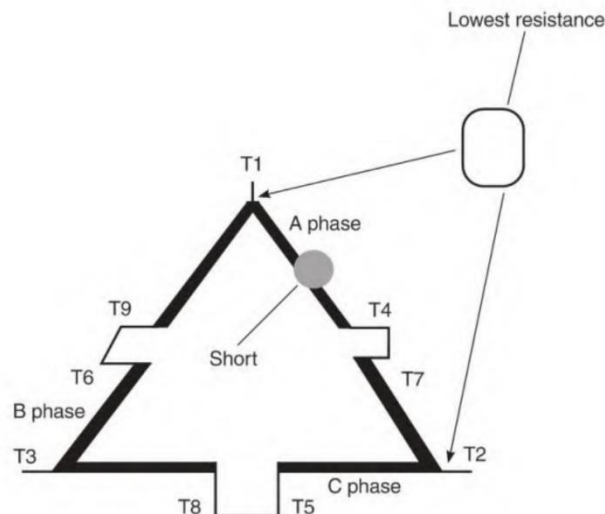
Dalam skenario kasus ini, belitan motor yang diuji adalah sambungan delta sembilan sadapan, dengan belitan korsleting pada fase A. Kerusakan tidak terlihat. Itu beroperasi pada tegangan tinggi ketika gagal (Gambar 7.15). Pertama, periksa belitan rotor b_j^A memutar poros dan membandingkan pembacaan tinggi dan rendah. (Gulungan stator juga dapat diuji perbandingannya dengan rotor dilepas.) Belitan fase-A motor mengalami korsleting. Ini berarti memiliki hambatan yang lebih kecil daripada fase B dan C (Gambar 7.16). Karena koneksi delta, akan ada resistansi yang lebih rendah (atau ampere yang lebih tinggi) di seluruh fase yang salah mengarah T1 ke T2. Ketika dua fase normal (T2 ke 3 dan T3 ke T1) diperiksa, mereka akan memiliki resistansi yang lebih tinggi (atau ampere yang lebih rendah) karena belokan korsleting tidak disertakan. Beberapa arus akan mengalir melalui fase yang salah ketika fase normal diuji. Arus ini akan mempengaruhi kedua fase normal yang sama, dan pembacaannya akan sama. Ketiga fase akan memiliki pembacaan yang berbeda jika lebih dari satu fase mengalami korsleting.

Lokasi yang tepat dari belokan korsleting dapat ditentukan dengan memutuskan semua sadapan dan membandingkan sirkuit yang identik. Sirkuit identik dari T1 ke T4 dan dari T1 ke T9. Mereka harus memiliki bacaan yang sama jika tidak ada masalah. Hal yang sama berlaku dari T2 ke T5, T2 ke T7, T3 ke T6, dan T3 ke T8.

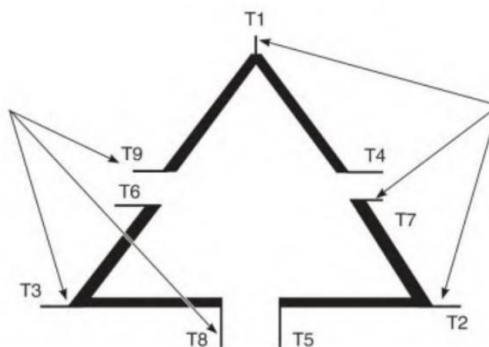
Uji perbandingan menunjukkan hambatan yang lebih kecil (atau ampere yang lebih tinggi) antara T1 dan T4, yang menempatkan belokan korsleting. Periksa belokan korsleting antara T1 dan T4 untuk kemungkinan kerusakan akibat lonjakan. Jika motor terhubung delta beroperasi pada tegangan rendah, kerusakan akibat lonjakan akan terjadi di dekat kabel mana pun yang terhubung ke saluran. Subjek sambungan tegangan rendah semuanya menyebabkan kerusakan spike (Gambar 7.17). Lokasi kumparan korsleting dapat menunjukkan penyebab kerusakan. (Kontaminan penghantar arus yang mengendap pada belitan akan mempengaruhi koil yang menutupinya.)



Gambar 7.15 Titik pemeriksaan untuk menemukan fase korsleting dalam sambungan delta sembilan sadapan (tegangan tinggi tersambung).



Gambar 7.16 Sebuah fase korsleting A dalam sambungan delta sembilan sadapan (tegangan tinggi tersambung) memberikan hasil pengujian di atas.



Gambar 7.17 Semua lead dapat mengalami kerusakan spike ketika dihubungkan dengan tegangan rendah.

Deskripsi singkat tentang kerusakan dan lokasinya harus dimasukkan ke dalam perangkat lunak motor untuk referensi di masa mendatang.

Tes Megohmmeter untuk Ground

Sebuah megohmmeter (lihat Bab 8) adalah instrumen populer untuk menguji isolasi slot. Pengujian dilakukan dari ujung belitan ke rangka. Sebuah megohmmeter akan menunjukkan tak terhingga saat belitannya bagus. Jika megohmmeter menunjukkan 2 hingga 50 megohm ke rangka motor, motor masih dapat digunakan, tetapi harus dibersihkan dan dipanggang sedini mungkin. Ikuti dengan perawatan pennis. (Komponen kimia pennis baru harus kompatibel dengan pennis asli.) Kerusakan akibat kelembaban biasanya terjadi di sisi bawah koil terendah di stator. (Sebuah garis air sering terlihat pada gulungan bawah.) T3^{pe} kerusakan ini biasanya dari belitan ke rangka (tanah) di slot terendah. Melakukan kontaminan menyebabkan kerusakan di area di mana mereka menumpuk. Kerusakan akan terjadi di atas gulungan atas, dan di atas gulungan bawah. Pastikan untuk mengardekan kabel motor ke rangka setelah pengujian.

7.8 Pemeliharaan bantalan

Kegagalan bantalan menyebabkan persentase kerusakan motor listrik yang tinggi. Perawatan bantalan yang baik sangat penting untuk masa pakai bantalan yang maksimal. Jadwal perawatan, pelumas yang tepat, dan jumlah pelumas harus sesuai dengan kebutuhan motor dan kondisi jalannya. (Jika bantalan sering rusak, mungkin hanya perlu menyesuaikan satu atau lebih dari ketiga faktor ini.) Bantalan harus diganti jika motor dibongkar karena alasan apa pun (jika telah digunakan selama satu tahun atau lebih). Biaya bantalan baru minimal jika dibandingkan dengan biaya waktu henti atau biaya penggantian atau penggulangan ulang motor.

Bearing diproduksi di lingkungan yang steril, bebas debu dan serat, ber-AC, dengan kelembapan rendah. Kebersihan sangat penting saat menangani bantalan bola. (Sebutir pasir atau beberapa bahan pengisi besi dapat merusak bantalan sebelum waktunya.) Bantalan harus dibungkus dengan plastik yang kompatibel dengan minyak segera setelah dilepas dari braket ujung motor. Semua komponen motor, perkakas, dan permukaan kerja harus bersih sebelum bantalan baru dibuka. Perakitan motor dan pemasangan bantalan disarankan segera. Jika ini tidak memungkinkan, bantalan harus dibungkus ulang. Bantalan baru tidak boleh dicuci. Jika bantalan terendam oli untuk pemanasan/pemasangan, oli harus bersih atau (sebaiknya) baru.

Masalah Penyimpanan Motor

Motor harus disimpan di tempat yang bersih, lingkungan yang bebas getaran. Cuaca lembab dapat menyebabkan kondensasi di dalam motor. Kondensasi dapat diminimalkan dengan mempertahankan suhu ruang penyimpanan 15 hingga 20 derajat di atas suhu luar. Motor DC mengembangkan korosi komutator di lingkungan dengan kelembaban tinggi. Selain itu, kotak sikat berkarat, mengakibatkan sikat tersangkut.

Lepaskan sikat dari kotaknya dan kendurkan ketegangan pegas (untuk penyimpanan jangka panjang).

Putar poros motor beberapa putaran setidaknya sebulan sekali—setiap hari jika ada masalah getar. Ini mendistribusikan ulang minyak dan melapisi kembali permukaan kontak antara bola dan balapan.

Bantalan bola akhirnya memaksa jalan mereka melalui minyak dan membuat kontak logam-ke-logam dengan balapan. (Jika ada getaran, kontak logam-ke-logam dipercepat, dan keausan destruktif pasti terjadi.) Bola memakai balapan, menciptakan titik keausan yang sama dengan jarak bola. Ini disebut brineling palsu. Bantalan dengan masalah ini berisik dan akan gagal sebelum waktunya, bahkan jika motornya baru.

Motor yang sedang diservis juga dapat mengalami brineling palsu jika tidak digunakan dalam waktu lama di lingkungan yang bergetar. Memutar poros atau menjalankan motor setiap hari akan meminimalkan masalah ini.

Penyebab Kegagalan Bantalan

Penyebab mekanis dari kegagalan bantalan termasuk getaran, tegangan sabuk yang berlebihan, ketidaksejajaran, distorsi housing atau poros, jarak bebas internal yang salah, dan preloading dari pertumbuhan termal aksial poros.

Getaran

Banyak kegagalan awal bantalan disebabkan oleh motor yang tidak seimbang dan/atau komponen beban. Motor harus seimbang dengan spesifikasi yang diterima. Pemeriksaan getaran harus dilakukan pada dasar pemasangan motor. Basis tidak boleh bergetar lebih dari sepertiga dari keseimbangan yang dapat diterima yang ditentukan untuk motor itu sendiri. Disarankan untuk menyimpan riwayat semua tes getaran.

Ketegangan Sabuk Berlebihan

Sabuk harus dikencangkan hanya secukupnya agar tidak tergelincir. Rumus untuk ini merekomendasikan sekitar 1/64 inci gerakan sabuk naik-turun per inci di antara pusat poros. Alur yang aus pada drive pulley" memerlukan tegangan sabuk yang berlebihan.

ketidaksejajaran

Misalignment adalah penyebab yang sering dari getaran dan kegagalan bearing yang berhubungan dengan preloading. Meskipun kopling dibuat untuk melenturkan dan mengakomodasi beberapa ketidaksejajaran, kopling harus dijaga seminimal mungkin. Penjajaran laser adalah metode pelurusan yang sangat tepat.

Perumahan atau Distorsi Poros

Ketika poros atau perumahan terdistorsi, ras bantalan yang terpengaruh akan terdistorsi. Bantalan akan menjadi panas dan akan gagal sebelum waktunya. Periksa poros dan perumahan jika sering terjadi kegagalan bantalan.

Izin Internal Salah

Bantalan memiliki jarak bebas internal yang memungkinkan dua faktor: ekspansi poros (dari panas) dan kecocokan interferensi (atau kecocokan tekan, yang menjaga agar bantalan tidak tergelincir). Tingkat ekspansi poros (dan rumah) terkait dengan penutup motor, ukuran, dan metode pendinginan. Jumlah gangguan yang cocok bervariasi dari motor ke motor. Panas berkembang di rotor sangkar tupai dan bergerak ke poros, menyebabkannya mengembang.

Braket ujung (bel ujung) menghilangkan panas ini melalui lintasan luar bantalan. (Kipas pendingin motor memberikan braket ujung tingkat ekspansi yang berbeda dari poros.) Perluasan poros dan pas braket ujung yang ditekan harus diserap oleh jarak bebas internal bantalan. Pabrik motor memilih bantalan yang sesuai dengan persyaratan ini. Bantalan pengganti harus memiliki spesifikasi yang sama dengan yang asli.

Bantalan diproduksi dengan peringkat jarak bebas yang memungkinkan ekspansi (misalnya, C4). Jika jarak bebasnya tidak cukup, bantalan akan menjadi panas, menyebabkan gemuknya gagal. Motor yang lebih kecil (fraksional hingga 10 tenaga kuda) sering kali memiliki jarak bebas yang berlebihan baik pada kecocokan poros atau kecocokan rumahan. Bantalan, yang jauh lebih keras daripada poros atau rumahan, akan tergelincir atau berputar saat motor berjalan dan akan mengikis material dari komponen ini. Seiring waktu, kecocokan yang sangat longgar berkembang. Hal ini memungkinkan rotor untuk menyeret pada stator. Untuk mencegah masalah ini, epoxj^ yang dikembangkan untuk tujuan ini dapat digunakan (Gambar 7.18). Epoxy tetap tangguh dan memungkinkan untuk ekspansi, tetapi menjaga agar bantalan tidak bergerak.

Ekspansi Poros Aksial

Ekspansi aksial terjadi saat motor mencapai suhu kerja. Jika ekspansi tidak diizinkan, preloading menjadi masalah. Preloading menyebabkan bantalan menjadi terlalu panas dan gagal sebelum waktunya. Jumlah ekspansi aksial terkait dengan panjang poros. Mesin cuci dorong (terbuat dari baja pegas) digunakan untuk menyerap ekspansi aksial di beberapa motor. Motor lain memiliki hub yang menahan bantalan ujung poros. Bantalan yang berlawanan harus memiliki ruang untuk ekspansi aksial poros. (Ini dapat diperiksa setelah motor dirakit sepenuhnya.) Kendurkan hub di seberang poros. Jika penutup hub bergerak ke luar saat baut dilonggarkan, bantalan sudah dimuat sebelumnya. Shim dapat digunakan untuk menempatkan kembali penutup hub. Jika mesin cuci dorong baja pegas digunakan, mereka tidak boleh dikompresi sepenuhnya. Beberapa motor memiliki bantalan yang lebih kecil di ujung yang berlawanan dengan poros.



Gambar 7.18 Epoksi yang dirancang untuk menjaga agar bantalan tidak berputar. Perusahaan Loctite

Produsen melakukan ini untuk memotong biaya.

Jadwal Pelumasan dan Umur Bantalan Jadwal pelumasan dan jenis pelumas ditentukan oleh type beban dan kondisi sekitar. Beban berikat membutuhkan pelumasan lebih sering daripada beban yang digabungkan langsung. Motor yang beroperasi dalam kondisi ekstrim (panas, dingin, basah, sering start, getar, dll.) perlu dilumasi lebih sering. Berlawanan dengan klaim banyak produsen gemuk, tidak ada satu pun gemuk yang cocok untuk semua kondisi. Juga tidak ada jadwal pelumasan khusus. Namun, motor tidak boleh terlalu sering dilumasi (asalkan pelumasan dilakukan dengan benar). Penjadwalan gemuk harus cukup sering sehingga gemuk lama tidak menjadi berlapis atau mengeras. (Memaksakan gemuk yang mengeras melalui bantalan saat motor berjalan dapat merusak bantalan.) Pabrikan motor memperkirakan masa pakai bantalan hingga 100.000 jam jika motor dikopel langsung dan sekitar 50.000 jam jika memiliki beban berikat. Perkiraan ini mengasumsikan bahwa jadwal pelumasan yang baik diikuti (dengan pelumas yang tepat) dan bahwa motor beroperasi dalam kondisi ideal. Kecepatan motor, keseimbangan (baik motor dan komponen beban), dan kondisi sekitar harus dipertimbangkan untuk harapan hidup bantalan individu. (Kondisi operasi yang ideal jarang terjadi.)

Jenis Gemuk

Gemuk terbuat dari berbagai bahan yang akan menahan minyak. Minyak dilepaskan dari gemuk selama periode waktu tertentu. Ketika semua minyak telah dilepaskan, konsistensi bahan yang tersisa dapat berkisar dari keras hingga keras. Gemuk t³pes dirancang untuk berbagai kondisi. Penting untuk memilih gemuk t³'pe yang sesuai dengan kondisi. Pilihan jenis gemuk sebagai berikut:

- Gemuk minyak bumi adalah yang paling umum (dengan kisaran suhu 30° hingga 300°F).
- Gemuk minyak diester digunakan untuk kondisi dingin serendah -100 0F.
- Gemuk silikon tidak direkomendasikan untuk beban berat tetapi memiliki rentang suhu yang lebar (-100 ° o 300 0F). Pelumas silikon dari t³pe apa pun tidak boleh

digunakan pada motor DC. Asap dari silikon memecah bahan sikat di sebelah komutator, menghasilkan debu sikat yang berlebihan.

- Gemuk fluorosilicone bekerja dengan baik jika mungkin diencerkan dengan pelarut atau kontaminan kimia. (Ini juga tidak boleh digunakan di motor DC.)
- Gemuk polieter berfluorinasi tahan di bawah suhu setinggi 5500 F dan memiliki kemampuan membawa beban yang baik.

Perhatian : Mencampur berbagai jenis gemuk dapat menyebabkan kegagalan bantalan. Jika tidak kompatibel, gemuk akan Mencair atau akan bergabung dan menjadi kental. Dalam kedua kasus tersebut, pelumasan bantalan tidak akan efektif. Gambar 7.19 menunjukkan gemuk yang kompatibel dan tidak kompatibel.

Mengubah Jenis Gemuk

Cara yang tepat untuk mengganti jenis gemuk yang tidak kompatibel adalah dengan melepas bantalan dan mencucinya dengan pelarut, sebelum mengisinya dengan gemuk baru. Namun, dalam kebanyakan kasus, prosedur ini memakan waktu terlalu lama. Metode berikut, di bawah "Prosedur Pelumasan," direkomendasikan, dengan modifikasi berikut. Siram gemuk lama lebih lama dari yang dijelaskan (untuk menghilangkan sebanyak mungkin gemuk lama). Lumasi motor menggunakan prosedur ini setidaknya tiga kali (dengan interval tidak lebih dari satu minggu).

Grease compatibility chart		Aluminum complex	Barium	Calcium	Calcium 12-hydroxy	Calcium complex	Clay	Lithium	Lithium 12-hydroxy	Lithium complex	Polyurea
Aluminum complex		X	I	I	C	I	I	I	I	C	I
Barium		I	X	I	C	I	I	I	I	I	I
Calcium		I	I	X	C	I	C	C	B	C	I
Calcium 12-hydroxy		C	C	C	X	B	C	C	C	C	I
Calcium complex		I	I	I	B	X	I	I	I	C	C
Clay		I	I	C	C	I	X	I	I	I	I
Lithium		I	I	C	C	I	I	X	C	C	I
Lithium 12-hydroxy		I	I	B	C	I	I	C	X	C	I
Lithium complex		C	I	C	C	C	I	C	C	X	I
Polyurea		I	I	I	I	C	I	I	I	I	X

Gambar 7.19 Bagan gemuk kompatibilitas.

Prosedur Pelumasan

Peralatan pelumas bertekanan tinggi tidak boleh digunakan pada motor. Gemuk juga tidak boleh dipaksa masuk ke bantalan dengan kecepatan tinggi dengan pistol gemuk yang dioperasikan dengan tangan. Itu akan memaksa gemuk melalui segel bantalan dan ke belitan motor. Gemuk tidak akan merusak isolasi motor. Namun, itu menghambat pembuangan panas dari belitan. Jika gemuk masuk ke celah udara antara rotor dan stator, motor menjadi

kelebihan beban. Jika motor memiliki alat kelengkapan gemuk, yang disebut zirk, sumbat pembersih harus berada di bagian bawah penutup bantalan. Lepaskan sumbat pembersih dan bersihkan zirk gemuk secara menyeluruh. Jalankan motor, dan pompa gemuk melalui bantalan perlahan, sampai sekitar setengah ons gemuk baru keluar dari lubang pembersihan. Motor harus berjalan setidaknya 2 jam sebelum steker pembersih diganti. (Ini memungkinkan bantalan untuk mengeluarkan minyak berlebih.)

Bantalan harus diisi saat mengemasnya dengan minyak. Tapi rumah bantalan motor harus diisi hanya sekitar sepertiga. Ini memberi ruang bantalan untuk mengeluarkan kelebihan lemak. Jika tidak bisa mengeluarkan minyak berlebih, minyak akan bergejolak, menyebabkannya mengeluarkan minyak terlalu cepat. (Semua jenis gemuk dirancang untuk melepaskan minyak dalam jangka waktu yang lama.)

Bantalan terlindung (atau disegel) harus digunakan jika tidak ada sumbat pembersih. Ganti zirk gemuk dengan sumbat, dan beri tag pada motor untuk mencegah pemasangan zirk gemuk lain.

Metode Pelumasan Alternatif Jika motor berada di lokasi yang jauh atau membutuhkan pelumas pada interval yang sering, cangkir gemuk yang dapat digerakkan sendiri dapat dipasang. Mereka tersedia dalam tipe yang dioperasikan dengan baterai dan yang dioperasikan dengan gas dan dirancang untuk menggunakan pelumas setiap hari, mingguan, dua bulanan, atau bulanan. Suhu ekstrim dapat mempengaruhi waktu jenis yang dioperasikan dengan gas.

Kabut oli adalah metode pelumasan yang bekerja dengan baik pada mesin berkecepatan tinggi. Minyak dikabutkan, dan dikirim dengan campuran udara ke bantalan di bawah tekanan. Dengan kandang bantalan bertekanan, kelembaban dan kontaminan lainnya dijauhkan. Biasanya kabut minyak diterapkan untuk waktu yang singkat sebelum memulai (untuk memastikan bantalan tidak kering). Injeksi oli adalah cara lain yang efektif untuk melumasi bantalan. Sejumlah minyak yang diukur di bawah tekanan disemprotkan langsung ke bantalan.

Pelumasan Gearbox

Gearbox memiliki level oli yang harus diperiksa secara berkala. Penggantian oli harus dilakukan setahun sekali dalam kondisi normal. Jika suhu pengoperasian di atas 2000 F, disarankan untuk mengganti oli setiap 3 bulan. Pistol inframerah dapat menentukan suhu pengoperasian gearbox.

Kelembaban tinggi dan perubahan suhu yang lebar menyebabkan kondensasi di dalam gearbox. Minyak akan menjadi warna keputihan ketika kondensasi ekstrim menjadi masalah. Analisis Partikel Program reguler analisis partikel direkomendasikan untuk kotak roda gigi, yang sangat penting untuk pengoperasian suatu industri. Partikel keausan dari setiap komponen dapat diidentifikasi serta kontaminan luar. Setelah catatan keausan telah ditetapkan, setiap peningkatan abnormal dapat dengan mudah dideteksi. Perbaikan kemudian dapat dilakukan sebelum kegagalan bencana terjadi. Analisis partikel juga dilakukan

dengan gemuk. Layanan ini dapat digunakan untuk mengatasi masalah kegagalan bantalan yang sering terjadi. Analisis partikel dijelaskan secara rinci dalam Bab 8.

Bantalan disegel

Bantalan yang disegel memiliki segel fleksibel yang menggosok ras dalam. Segel memiliki sedikit hambatan yang sedikit menurunkan efisiensi motor. Jika motor harus beroperasi di mana bantalan yang disegel diperlukan, efisiensi tidak bisa menjadi faktor. Segel mencegah debu halus dan kontaminan seperti itu. Mereka tersedia dalam segel tunggal, ganda, dan tiga. Jika tidak mungkin untuk menjaga jadwal pelumasan tepat waktu, penggunaan bantalan berpelindung atau disegel dianjurkan.

Segel Labirin

Segel labirin adalah segel nonkontak yang menjaga kontaminan keluar dari bantalan dengan sangat efektif (Gambar 7.20). Aplikasi berkecepatan tinggi memerlukan jenis segel nonkontak. Kontaminan melakukan beberapa perubahan arah setelah memasuki segel. Ketika mereka sampai ke rongga antara rotor dan stator, mereka dikeluarkan melalui lubang pembersihan. Setiap kontaminan yang tidak dikeluarkan ditahan oleh gaya sentrifugal sampai poros berhenti. Pada titik ini, sebuah cincin-O, yang ditahan oleh gaya sentrifugal, menarik bersama dan menutup jalur di mana kontaminan bisa masuk ke bantalan. (Cincin-O yang dapat digerakkan juga menyegel pelumas bantalan apa pun yang akan mengalir keluar.) Saat diam, motor tertutup rapat.



Gambar 7.20 Segel nonkontak yang mencegah sebagian besar kontaminan keluar sambil menjaga agar gemuk tetap masuk. Inpro/Seal Co.

Konstruksi Segel Labirin

Segel labirin memiliki dua bagian utama: rotor (Gambar 7.21a) dan stator (Gambar 7.21b). Kedua bagian memiliki cincin-O yang mengisolasi bantalan motor dari kontaminan luar. Rumah motor harus dikerjakan untuk menerima stator. Stator memiliki O-ring dan press fit. Cincin-O dan pas yang ditekan rapat bergabung untuk menyegel stator.

Rotor memiliki dua cincin-O serta fit yang ditekan. Satu cincin-O menyegel poros dari kontaminan luar dan tidak bergerak. Cincin-O lainnya dapat digerakkan dan berhubungan baik dengan stator maupun rotor saat motor dalam keadaan diam, menyegelnya dengan rapat. Ketika motor berjalan, cincin-O ini ditarik menjauh dari statornya dengan gaya sentrifugal. Hal ini diadakan jauh dari stator oleh gaya sentrifugal di ruang mesin ke dalam rotor. Tidak ada kontak antara stator dan poros rotor saat motor berjalan. Akibatnya, tidak ada kerugian keausan atau efisiensi.



Gambar 7.21 (a) Segel labirin (rotor). Inpro/Seal Co. (b) Segel labirin (stator). Inpro/Seal Co.

Banyak produsen motor menggunakan segel bantalan isolator (labirin) di motor premium mereka. Segel ini memungkinkan mereka untuk memperpanjang garansi umur bantalan. Efisiensi motor tidak terpengaruh.

Penghapusan Bantalan

Pembongkaran motor (untuk melepas bantalan) harus dilakukan dengan hati-hati. Pertama, lepaskan semua baut atau sekrup yang menahan penahan bantalan. Kemudian lepaskan baut (atau baut tembus) yang menahan braket ujung. Kendurkan braket ujung dengan palu lunak (pengisi plastik atau palu timah) dan pahat tumpul. Beberapa kurung ujung memiliki telinga di kedua sisi untuk tujuan ini. Jika ada kecocokan flensa yang dalam, ketuk kedua sisi braket ujung secara merata. Hindari menggunakan palu baja. Bearing harus dilepas dengan menarik dari inner race. Sangat sedikit motor, bagaimanapun, meninggalkan akses ke balapan bagian dalam bantalan, jadi penarik bantalan harus digunakan pada balapan luarnya. (Inilah sebabnya mengapa bantalan harus diganti jika dilepas.) Sebuah mesin cuci baja antara titik penarik dan poros akan menjaga lubang tengah poros dari kerusakan. Jika bantalan telah berputar pada poros — dan macet — ketika gagal, mungkin perlu menggunakan obor untuk

melepaskan perlombaan bagian dalam. Ini harus dilakukan tanpa merusak poros. Poros harus diperiksa dengan mikrometer dan, jika perlu, diperbaiki (ke dimensi aslinya). Jika tidak ada kerusakan poros, inner race dapat dilepas dengan cincin pemanas aluminium (Gambar 7.22). Lepaskan ras luar dan bantalan, dan bersihkan cincin bagian dalam. Cincin pemanas dipanaskan hingga sekitar 5000 F, kemudian dijepit di sekitar inner race. Perlombaan akan cukup longgar untuk dihilangkan.



Gambar 7.22 Cincin pemanas aluminium untuk melepas inner race bantalan bola

Pemasangan bantalan

Salah satu persyaratan terpenting untuk pemasangan bantalan adalah kebersihan. Ini termasuk alat, komponen motor, dan apa pun yang berhubungan dengan pendengaran. Bantalan kecil dapat dipasang dengan tabung yang sesuai dengan bagian dalam bantalan, dan palu lunak. Press bantalan frydraulic dapat digunakan untuk bantalan yang lebih besar. Tekanan harus diterapkan secara seragam hanya pada inner race bantalan. Pemanasan adalah metode pemasangan bantalan yang populer. Jangan pernah menggunakan api terbuka. Bantalan harus dipanaskan secara merata dan perlahan. Jika inner race dipanaskan terlalu cepat, ekspansi yang cepat akan merusak komponen bearing, menghasilkan bearing yang berisik.

Overheating adalah perhatian utama ketika metode panas digunakan untuk memasang bantalan. Bantalan tidak boleh dipanaskan lebih dari 230 ° F. Bantalan yang dipanaskan dengan benar harus didorong ke tempatnya pada poros tanpa berhenti. Perlombaan batin akan menyusut dan menempel di tempat ini. Jika tidak pada tempatnya, itu harus ditekan sepanjang jalan. Ketika bantalan dipasang menggunakan panas, itu akan menyusutkan aksial dalam jumlah menit. Jarang hal ini menjadi perhatian pada motor listrik. Minyak panas adalah cara yang baik untuk memanaskan bantalan, jika dilakukan dengan benar. Ini memanaskan bantalan secara seragam, dan melindunginya dari karat untuk waktu yang singkat. Oli harus bersih dan memiliki titik nyala di atas 480 OF, untuk mengurangi bahaya kebakaran. Juga, perawatan harus diambil untuk tidak terlalu panas minyak karena kemungkinan penumpukan asam.

Metode minyak panas bekerja paling baik dengan bantalan terbuka yang dilumasi setelah pemasangan. Jika bantalan dilindungi, oli dapat mengencerkan gemuk. Kabinet pemanas adalah metode yang baik untuk memanaskan bantalan. Bantalan dapat disimpan pada suhu yang tepat di lingkungan yang bersih selama diperlukan dengan menggunakan metode ini. Gambar 7.23 menunjukkan pemanas bantalan induksi otomatis. Unit ini melewati sejumlah langkah penting. Sebuah sensor suhu magnet ditempatkan pada perlombaan bagian dalam bantalan itu. Daya secara otomatis diterapkan sebentar-sebentar, memungkinkan panas bermigrasi ke lintasan luar, yang secara seragam memanaskan seluruh bantalan. Setelah suhu yang tepat tercapai, bantalan mengalami demagnetisasi. Beberapa jenis pemanas induksi tidak memagnetisasi bantalan. Masalah dengan sebagian besar metode pemanasan adalah waktu dan perhatian yang terlibat.



Gambar 7.23 Pemanas bantalan induksi otomatis.

Mengidentifikasi Penyebab Kerusakan Bearing

Jika motor sering mengalami kegagalan bantalan dan penyebabnya tidak jelas, upaya harus dilakukan untuk menemukan penyebabnya. Waktu terbaik untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan adalah ketika bantalan mulai berisik. Tandai lintasan luar bantalan, rumahan, lintasan dalam, dan poros (untuk referensi) saat membongkar motor. Ini memberikan titik referensi—yaitu, arah tarikan beban sabuk. Bantalan sekarang dapat dibuka untuk menentukan penyebab kegagalannya. Beberapa perusahaan bantalan memberikan gambar bantalan yang gagal dan mengidentifikasi alasan kegagalannya.

Arus bantalan

Tanda-tanda kegagalan bantalan yang disebabkan arus termasuk lubang beralur yang seragam di seluruh lintasan dalam dan/atau luar dan lubang sejajar dengan jarak yang sama pada bola (Gambar 7.24). Ketika ada potensial tegangan antara poros dan stator, jalur arus melalui bantalan. Tegangan biasanya rendah, dan pelumasan antara komponen bantalan memiliki hambatan yang menghentikan aliran arus. Namun, ada saat-saat ketika ada kontak

logam-ke-logam. Arus mengalir saat ini antara balapan dan bola, membentuk sirkuit antara poros dan stator.

Tidak ada kerusakan pada bantalan saat arus mengalir melaluinya. (Kerusakan terjadi ketika sirkuit putus.) Sebuah busur terbentuk di antara komponen pada saat ini. (Jenis busur yang sama terjadi ketika kontak sakelar terbuka, dan memutus sirkuit pembawa arus.) Beberapa logam menguap, meninggalkan lubang. Akhirnya garis aksial (beralur) terbentuk di seluruh balapan. Lubang terbentuk di bola, bantalan menjadi berisik, dan segera gagal. Kerusakan bantalan saat ini adalah masalah yang jarang terjadi di masa lalu. Drive frekuensi variabel terkait dengan peningkatan masalah ini.



Gambar 7.24 Penandaan yang ditemukan pada kegagalan bantalan akibat arus listrik.

Upaya untuk memecahkan masalah ini termasuk menggunakan gemuk penghantar arus; mengisolasi bantalan dari rumah; sikat pembersihan dari poros ke stator; melapisi bagian luar bantalan dengan bahan yang keras dan tahan tinggi; dan menggunakan bola keramik. Gemuk konduktif adalah salah satu yang paling tidak berhasil. Gemuk harus mempertahankan jalur konduktif yang cukup besar untuk semua arus mengalir antara poros dan braket ujung. Pelumas aktif sangat tipis—antara bola dan balapan. Pasokan gemuk yang cukup untuk memastikan konduksi yang baik akan menyebabkan gemuk bergejolak dan terlalu panas. Isolasi antara bantalan dan rumah dapat menurunkan kekuatan mekanik motor. Sikat pembersihan telah digunakan, dengan hasil yang bervariasi. Itu harus terbuat dari bahan dengan resistansi yang sangat rendah (dengan kandungan logam yang tinggi untuk mengalirkan arus yang digerakkan oleh tegangan rendah). Faktor keausan antara sikat dengan kandungan logam tinggi dan poros akan tinggi. Sejumlah kecil hambatan antara sikat dan poros mengirimkan arus melalui bantalan, yang merupakan rangkaian paralel.

Sebuah bantalan dengan ras luarnya dilapisi dengan insulasi keras bekerja dengan baik. Bantalan tersebut dapat dipertukarkan dengan bantalan ukuran standar dan tidak memerlukan perubahan rumah motor. Bantalan dengan bola keramik juga berfungsi dengan baik. Dalam kasus arus bantalan yang ekstrem, kombinasi sikat pembersihan dan bantalan berlapis dapat digunakan. Sikat pembersihan akan menghantarkan arus yang digerakkan oleh tegangan lebih tinggi yang dapat melewati lapisan bantalan. Lapisan bantalan akan menghentikan arus yang digerakkan oleh tegangan rendah yang tidak dapat dilakukan oleh sikat.

Solusi terbaik adalah menghilangkan tegangan destruktif. Masalah arus bantalan terjadi pada motor DC ketika medan statornya diarde, atau ketika catu daya diarde. Arus bantalan juga menjadi masalah pada motor DC yang dipasang pada mesin elektrik umum, seperti lokomotif.

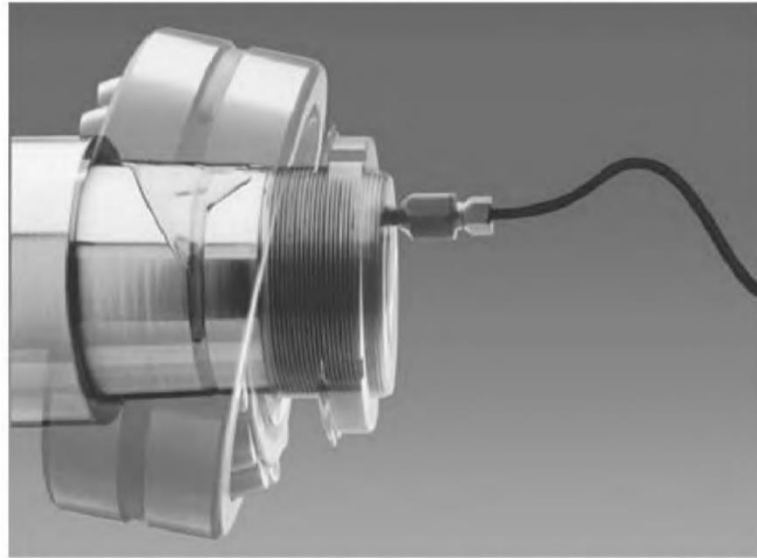
Alat Bantalan Khusus

Ada banyak alat khusus untuk penanganan bantalan. Penggunaan yang tepat akan mencegah kerusakan pada bantalan, poros, dan rumah luar. Ada banyak kasus kegagalan bantalan dini terkait dengan prosedur pemasangan yang salah. Kursus pelatihan yang ditawarkan oleh perusahaan bantalan sangat dianjurkan. Kursus mengajarkan prosedur yang benar dengan alat khusus dan metode hemat waktu. Penarik bantalan tersedia dalam banyak variasi. Penarik mekanis untuk bantalan berukuran kecil hingga sedang memiliki dua atau tiga rahang untuk mencengkeram cincin luar bantalan (Gambar 7.25).

Alat bertenaga hidrolik digunakan untuk melepas dan memasang bantalan yang lebih besar. Press hidrolik juga digunakan untuk melepas dan memasang. Injeksi oli digunakan untuk melepas bantalan. Poros dimodifikasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.26. Minyak dipaksa antara balapan bagian dalam bantalan dan poros saat bantalan ditarik. Mur hidrolik adalah alat yang digunakan untuk memasang bantalan. Bantalan rol dapat dipasang tepat pada poros tirus, menggunakan alat ini. Tjgpe bantalan ini harus dipasang dengan tepat untuk masa pakai maksimum.



Gambar 7.25 Salah satu dari banyak jenis penarik bantalan (Penarik Katrol Industri)



Gambar 7.26 Metode injeksi minyak pelepasan bantalan.

7.9 Bantalan Lengan

Sebagian besar motor fase tunggal tenaga kuda fraksional memiliki bantalan lengan. Bantalan dilumasi dengan sumbu yang diresapi oli, yang bertahan selama masa pakai motor. Sebagian besar motor ini tidak memiliki kelonggaran untuk pelumasan, tetapi dapat dibongkar untuk memasukkan oli langsung ke reservoir oli. Lubang untuk meminyaki dapat dibor ke tutup bantalan atau bingkai ujung. Motor ini biasanya diganti bukan diperbaiki.

Motor yang lebih besar dengan bantalan lengan memiliki cincin oli dan reservoir oli. (Volume oli yang dibutuhkan untuk bantalan besar tidak dapat disuplai dengan sumbu.) Cincin oli bergerak langsung pada poros, dengan sekitar sepertiga cincin terendam oli. Saat poros berputar, cincin berputar bersamanya, membawa oli ke bantalan. Minyak melumasi semua bagian bantalan dengan mengalir melalui slot sepanjang itu, dan kembali ke reservoir.

Bantalan selongsong pada motor besar berkecepatan tinggi harus diminyaki dengan baik sebelum diuji coba tanpa beban. Ini mencegah mereka dari kehancuran (dihapus) sebelum cincin minyak memasok minyak. Itu normal untuk memiliki sekitar V2 inci dari endplay di motor bantalan lengan yang lebih besar. Ketika motor berjalan, rotor akan mencari pusat magnetnya. (Bahu poros tidak boleh menabrak bantalan.) Level oli harus diperiksa sebulan sekali, dan oli diganti setahun sekali. Jika kontaminan atau suhu tinggi ada, jadwal pelumasan harus diubah sesuai.

Tidak seperti motor satu fase, motor tiga fase dengan bantalan lengan yang aus tidak menunjukkan tanda-tanda masalah (dengan menjadi berisik). Untuk memeriksa keausan, gerakkan poros ke depan dan ke belakang ke arah beban. Seharusnya tidak ada gerakan poros lateral.

7.10 Test Pemahaman Materi, Pilih B (Betul) dan S (Salah)

1. Sambungan yang gagal dalam medan DC/resistor dari rangkaian kontrol motor sinkron akan menyebabkan medan DC rusak S/B
2. Kumparan medan DC korsleting dapat mencegah rotor mencapai kecepatan penarikan B/S
3. Gulungan amortisseur (kandang tupai) (jika dapat diakses) dapat diperiksa dengan senapan inframerah B/S
4. Cincin ujung yang hangat dan bilah rotor yang dingin adalah tanda bilah rotor yang rusak B/S
5. Ohmmeter harus selalu menjadi instrumen pertama yang digunakan untuk menguji dari belitan ke rangka B/S
6. Metode pennis vakum/tekanan impregnasi (vpi) adalah metode yang disukai untuk melapisi dan mengisi semua rongga dalam belitan bentuk-luka B/S
7. Celah udara yang tidak rata dapat mempercepat keausan bantalan B/S
8. Uji perbandingan line-to-line dilakukan terlebih dahulu saat menguji motor dua kecepatan B/S
9. Uji lonjakan harus selalu diterapkan pada kedua kecepatan saat menguji motor dua kecepatan B/S
10. Motor multi-belitan diuji seolah-olah itu adalah dua motor yang berbeda
11. Saat menguji motor multi-belitan/, belitan yang tidak diuji tidak berpengaruh pada pengujian yang dilakukan pada belitan B/ S lainnya
12. Lead T7 (atau T17) tidak diperlukan pada beberapa motor dua-berliku, tiga-kecepatan, tiga fase B/S
13. T17 memimpin digunakan pada:
 - a. gulungan kecepatan rendah.
 - b. berliku berkecepatan tinggi
14. Rotor yang rusak dapat sepenuhnya dibangun kembali B/S
15. Dalam beberapa kasus, motor yang gagal dapat rusak parah jika diberi energi ulang B/S
16. Kerusakan inti yang luas dapat diperbaiki atau diganti B/S
17. Masukan operator adalah bagian penting dari pemecahan masalah B/S
18. Memeriksa secara visual tanda-tanda yang jelas dari masalah bencana harus
19. dilakukan sebelum menggunakan instrumen tes, dan sering menghemat waktu B/S
20. Memeriksa voltase dan ampere saat motor beroperasi—sepenuhnya
21. dimuat—harus selalu dilakukan setelah motor dipasang B/S
22. Banyak kesalahan motor yang serius dapat dideteksi pada kontrol atau pemutusan
23. Pengujian semua rangkaian dari belitan ke rangka harus dilakukan (pertama) dengan ohmmeter. Jika motor gagal dalam tes ini, mungkin perlu diganti atau memutar ulang B/S
24. Gejala belitan terbuka sama apakah motor terhubung wye atau delta B/S
25. Uji perbandingan—pada kontrol motor—harus dilakukan sebelum memberi energi pada motor B/S yang baru diganti

26. Apa dua tanda masalah rotor? B/S
27. Kapan tes pertukaran jalur/lead dilakukan? B/S
28. Program perawatan preventif harus menyertakan alasan kegagalan motor B/S
29. Kemungkinan kerusakan spike dari drive hertz variabel akan meningkat ketika motor berada lebih dari 50 kaki dari drive B/S
30. Jika ada korsleting dalam satu fase dari motor terhubung delta, fase itu akan memiliki hambatan yang lebih kecil daripada dua lainnya (B/S
31. Megohmmeter dapat digunakan untuk menguji perbandingan belitan tiga fase B/S
32. Kegagalan bantalan menyebabkan persentase kegagalan motor yang tinggi B/S
33. Penting untuk membersihkan bantalan baru sebelum memasangnya
34. Motor baru yang telah disimpan di mana ada getaran dapat memiliki bantalan yang bising (brineling palsu) B/S
35. Jika motor yang disimpan atau jarang digunakan harus berada dalam lingkungan yang bergetar, brineling palsu dapat dicegah dengan memutar poros secara teratur B/S F
36. Ketegangan sabuk harus memungkinkan pergerakan inci per kaki antara pusat poros B/S
37. Jarak internal bantalan bola harus memungkinkan interferensi fit dan ekspansi panas B/S
38. Jika interferensi bantalan bola terlalu longgar — pada poros atau rumah — komponen harus diubah untuk menghilangkan slip B/S
39. Jumlah ekspansi aksial terkait dengan diameter luar bantalan
40. Gemuk tersedia untuk banyak jenis lingkungan yang merugikan B/S
41. Jadwal pelumasan yang baik adalah setahun sekali B/S
42. Mencampur berbagai jenis gemuk selalu menyebabkan kegagalan bantalan B/S
43. Bantalan harus diganti saat mengganti ke gemuk yang tidak kompatibel B/S
44. Tekanan tinggi harus digunakan untuk memastikan pelumas yang cukup sampai ke bantalan B/S
45. Sebutkan tiga metode pelumasan alternatif B/S
46. Oli gearbox harus diganti sesuai dengan kondisi pengoperasian B/S
47. Pemeliharaan preventif untuk gearbox harus mencakup analisis partikel B/S
48. Apa perbedaan antara bantalan berpelindung dan tertutup? B/S
49. Segel labirin menggunakan gaya sentrifugal untuk mengusir kontaminan B/S
50. Jika bantalan bola dilepas dari poros, itu harus selalu diganti B/S
51. Bantalan tidak boleh dipanaskan lebih dari 230 OF B/S
52. Waktu untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan bantalan yang sering adalah ketika mulai menjadi bising B/S
53. Kegagalan arus bantalan disebabkan oleh gangguan aliran arus di dalam bantalan B/S
54. Bantalan lengan yang aus tidak selalu berisik pada motor tiga fase B/S

BAB 8

PERALATAN DAN PELAYANAN

Peralatan pengujian sangat penting untuk perawatan dan pemecahan masalah motor listrik. Produksi yang hilang membuat perawatan reaktif ("tunggu sampai merokok") menjadi terlalu mahal. Aplikasi yang tepat dari instrumen yang tepat, dikombinasikan dengan pemahaman yang baik tentang motor listrik, menghasilkan keputusan yang cepat dan akurat. Organisasi terkemuka seperti Asosiasi Layanan Aparatur Listrik (EASA), organisasi pusat perbaikan motor listrik di seluruh dunia, harus berkonsultasi sebelum berinvestasi dalam peralatan uji yang mahal. Tenaga penjual instrumen harus dapat menunjukkan standar *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* atau *National Electrical Manufacturers Association (NEMA)* yang memverifikasi nilai, spesifikasi, dan batas lulus/gagal yang merupakan indikator kegagalan. Banyak dari apa yang disebut batas tidak ada.

Layanan yang memerlukan pelatihan khusus, seperti penyeimbangan, pengujian lonjakan, dan analisis partikel, ditawarkan oleh pusat layanan motor listrik dan perusahaan bantalan. Banyak industri mengalihdayakan layanan ini daripada melatih personel mereka sendiri. Bagian pertama dari bab ini mencakup instrumen pertama yang digunakan untuk memecahkan masalah motor. Bagian kedua adalah pada instrumen dan tes yang terkadang di-outsource.

8.1 Peralatan untuk Pengujian Awal

Peralatan untuk pengujian awal meliputi:

- Voltmeter (dengan kemampuan suhu inframerah)
- Ammeter (penjepit)
- Ohmmeter (multimeter dengan termometer inframerah built-in)
- Mikrohmeter
- Tachometer (dengan pengukur getaran)
- Megahmmeter (megger)
- Pistol inframerah
- Stetoskop

Pengukur voltase

Voltmeter (Gambar 8.1) biasanya merupakan instrumen pemecahan masalah pertama yang digunakan. Bahkan jika masalahnya jelas, seperti motor yang berasap, memeriksa voltase dapat mengungkapkan alasan kegagalan motor. Selain itu, ini memverifikasi bahwa daya dimatikan (untuk masalah keamanan).

Sebuah tes voltmeter untuk perbandingan *line-to-line* pada saklar pemutus motor dan pada lead motor (sebaiknya di bawah beban). Ini menguji ketidakseimbangan tegangan (ketidakseimbangan tidak boleh lebih dari 1 persen), saluran terbuka, dan tegangan tinggi atau

rendah. Ketidakseimbangan tegangan akan menyebabkan motor menjadi panas—walaupun tidak terisi penuh—dan akhirnya gagal. Ini disebabkan oleh koneksi yang salah, daya masuk yang salah, dan ketidakseimbangan beban hulu yang parah. Sekering yang putus akan menunjukkan pembacaan tegangan di atasnya.

Voltmeter ini memiliki kemampuan suhu inframerah. Inframerah harus digunakan dalam tes awal. Periksa katrol dari panas yang disebabkan oleh selip berlebihan/alur aus, jurnal bantalan ujung poros, dan stator. Informasi ini berharga dalam menentukan penyebab kerusakan. Motor tiga fase tidak akan mulai ketika ada saluran terbuka. Kekuatan mereka turun menjadi sekitar setengah jika mereka berlari saat saluran terbuka. Saluran terbuka maj³ menunjukkan pembacaan tegangan karena tegangan diumpankan kembali melalui beban yang sedang online. Hal ini dapat diverifikasi dengan membuka saluran yang dicurigai. Lepas sekering atau buka pemutus. Tidak akan ada perubahan pada (sisi beban) pembacaan tegangan jika ini adalah saluran terbuka. Tegangan tinggi (di atas 10 persen dari peringkat motor) dapat disebabkan oleh kapasitor pengkoreksi faktor daya yang sedang online saat tidak diperlukan.



Gambar 8.1 Voltmeter/termometer inframerah adalah instrumen pertama yang digunakan saat pemecahan masalah. Instrumen EKTEK.

Pemasok daya terkadang menaikkan tegangan untuk mengkompensasi penurunan tegangan yang disebabkan oleh beban maksimum. Tegangan tinggi berkembang ketika beban dimatikan. Penyebab tegangan rendah termasuk ukuran kawat yang tidak memadai (terlalu banyak penurunan tegangan setelah beban diterapkan), transformator berukuran terlalu kecil, tegangan yang salah (lebih dari 10 persen di bawah rating motor), ketidakseimbangan beban yang parah, dan rangkaian pengumpan utama yang kelebihan beban.

Voltmeter AC dan DC untuk troubleshooting mesin DC dibahas pada Bab 2. Voltmeter membandingkan penurunan tegangan pada kumparan (medan shunt, medan seri, dan

interpol), membaca dari sikat ke komutator (jatuh kontak), memeriksa polaritas interpol, memeriksa kontinuitas antara kumparan medan shunt dan seri, dan mengukur tegangan bar-to-bar.

Amperemeter penjepit

Sebuah ammeter (Gambar 8.2) digunakan pada motor yang berjalan panas dan berisik (tidak termasuk kebisingan bantalan), dan pada motor yang memulai lebih lambat dari biasanya. Ini juga menguji ketidakseimbangan arus line-to-line. Tanpa menyentuh konduktor hidup. Instrumen EKTEK. Penyebab pembacaan ampere tinggi termasuk kelebihan beban, bantalan rusak, belitan korsleting, belitan terbuka, rotor rusak, dan masalah tegangan (dibahas di bawah bagian sebelumnya, "Voltmeter"). Sebuah ammeter digital yang dipasang pada penguncian ampere tinggi dapat digunakan untuk memperkirakan arus rotor yang terkunci (lihat "Surat Kode" pada Bab 5). Ammeter harus selalu digunakan pada motor pengganti setelah pemasangan. Tempat terbaik untuk melakukan pembacaan ampere adalah di lead motor, di bawah beban penuh.

Ohmmeter

Perhatian: Ohmmeter tidak boleh digunakan ketika ada tegangan potensial di sirkuit. Tegangan saluran dapat merusak sebagian besar ohm meter. Tes pertama (setelah menentukan bahwa daya dimatikan) adalah menguji motor pada pemutusan untuk ground. Jika ada tanah, tidak diperlukan pengujian lebih lanjut dari titik itu. Langkah selanjutnya adalah memutuskan sambungan motor untuk memverifikasi bahwa tanah ada di motor. Ohmmeter memiliki sumber daya (baterai) sendiri dan menggunakan arus yang sangat rendah. Probe jarum penusuk insulasi dapat digunakan karena arus instrumen yang rendah (Gambar 8.3). Namun, ohmmeter dapat merusak beberapa komponen elektronik jika diterapkan secara tidak benar.



Gambar 8.2 Amperemeter penjepit (dengan fungsi ohmmeter) memberikan ampere



Gambar 8.3 Multimeter dengan fungsi ohmmeter. Instrumen EKTEK.

Ohmmeter digunakan untuk menguji isolasi motor antara belitan dan rangkanya. Ini akan mendeteksi kontaminan konduktor tanpa merusak isolasi. Itu harus selalu digunakan sebelum menerapkan pengujian potensial tinggi atau semua jenis peralatan pengujian tegangan tinggi. Kegunaan lain dalam kisaran ukurannya termasuk pengujian perbandingan kumparan individu atau sirkuit identik; memeriksa armature untuk sirkuit korsleting, terbuka, atau ground; dan menguji rotor sangkar tupai untuk palang terbuka. Prosedur untuk tes ini dijelaskan di bagian lain buku ini. Ketika kapasitor yang baik diuji, ohmmeter menunjukkan pembacaan resistansi rendah, yang naik perlahan sampai kapasitor diisi. Tes ini menunjukkan kapasitor memiliki kapasitansi. Namun, itu tidak memberikan jumlah kapasitansi. Tidak ada pembacaan berarti kapasitor terbuka. Pembacaan resistansi rendah yang stabil menunjukkan bahwa itu korsleting. Batas pengujian ohmmeter untuk motor induksi tiga fasa adalah sekitar 10 tenaga kuda. Motor yang lebih besar dapat diuji dengan mikrohmeter.

Mikrohmmeter

Microhmeter dapat menguji resistansi yang sangat rendah. Instrumen ini menggunakan hingga 5 ampere (disediakan oleh baterai atau sumber fase tunggal). Mikrohmeter pada Gambar 8.4 mengukur hingga 0,01 miliohm.



Gambar 8.4 Sebuah mikrohmeter dirancang untuk pengujian resistansi rendah. Instrumen EXTECH

Indeks suhu merupakan faktor penting dalam menghitung resistansi rendah dan harus digunakan untuk pengukuran yang tepat. Ketika resistansi rendah sedang diuji, probe uji harus memiliki koneksi yang aman ke konduktor sirkuit. Mikrohmeter dapat digunakan dalam pengujian berikut:

- Indeks polarisasi
- Pengujian belitan motor tiga fase besar, sambungan internal, dan rotor
- Gulungan transformator
- Sambungan bus bar dan pemutus arus
- Sambungan timbal (kontaminan di antara lug)
- Kumparan resistansi rendah (interpol, kumparan medan seri, belitan kompensasi)
- Sirkuit jangkar besar (integritas las riser, koneksi equalizer, dan perbandingan resistansi kumparan)

Takometer

Tachometer genggam membutuhkan selotip pada poros untuk titik referensi. Kunci poros akan berfungsi, meskipun mungkin harus diarsipkan atau dibersihkan. Dua tempat referensi akan menggandakan bacaan. Seperti instrumen tes lainnya, dibutuhkan beberapa latihan untuk mengembangkan kepercayaan di dalamnya. Motor yang berjalan panas harus diuji dengan tachometer tipe nonkontak (Gambar 8.5) sebelum menggunakan instrumen uji listrik. Semua motor induksi menjadi panas ketika mereka berjalan lebih lambat dari kecepatan papan nama mereka. (RPM yang dimuat tidak boleh lebih rendah dari RPM papan nama.)

Ketika RPM pelat nama motor mendekati kecepatan sinkron (kurang dari 1 persen), pengurangan RPM menjadi sangat penting. Motor induksi selip rendah (desain A dan sebagian besar motor dengan efisiensi tinggi) memiliki peningkatan ampere yang substansial ketika hanya dibebani beberapa RPM di bawah peringkat papan nama mereka. Panas yang berlebihan memperpendek masa pakai insulasi dan masa pakai bantalan.

Beberapa faktor menyebabkan motor berjalan lebih lambat dari RPM papan nama. Ini termasuk kelebihan beban, masalah rotor, operasi pada tegangan rendah, tegangan tidak seimbang, belitan korsleting atau terbuka, dan saluran suplai terbuka (fase tunggal).

Megaohmmeter

Megaohmmeter (megger) digunakan untuk menguji insulasi antara belitan dan inti motor (Gambar 8.6). Ini juga dapat digunakan untuk menguji insulasi antara belitan, seperti dengan medan seri dan shunt pada motor DC. Ini dapat digunakan untuk pengujian fase-ke-fase pada motor tiga fase yang memiliki koneksi $W3^e$ -delta dan 12-lead. (Fase dapat diisolasi dengan koneksi ini.)



Gambar 8.5 Jenis takometer nonkontak (digunakan dengan RPM pelat nama) dapat dengan cepat mengetahui apakah motor kelebihan beban. Model ini memiliki fitur termometer inframerah. Instrumen EKTEK.



Gambar 8.6 Megohmmeter. Instrumen EKTEK.

Megohmmeter menghasilkan tegangan DC (500 hingga 5000 volt) dengan ampere yang sangat rendah. Tes ini melibatkan waktu—hingga 3 menit. Selama waktu ini, kapasitansi mesin diisi. Ketika dua konduktor dipisahkan oleh isolasi, mereka membentuk kapasitor mentah (lihat Bab 4). Kedua konduktor adalah pelat kapasitor.

Konduktor (pelat) dipisahkan oleh isolasi slot, yang merupakan dielektrik. Gulungan pada motor memiliki luas yang besar jika dilihat sebagai pelat kapasitor. Area slot motor AC (dan besi kutub motor DC) membentuk area pelat yang cukup besar. Jumlah waktu yang diperlukan untuk mengisi kapasitansi ke nilai penuh tergantung pada jumlah kapasitansi yang dimiliki mesin, dan output daya dari megger. Akan ada sedikit kebocoran (diukur dalam megaohm) saat muatan penuh tercapai. Nilai ini tidak boleh kurang dari 50 megaohm. (Satu megaohm awalnya dapat diterima.) Motor baru atau yang digulung ulang akan menguji tak terhingga.

Pada awal tes megohmmeter ada lonjakan arus yang mengisi kapasitansi motor. Saat pengujian selesai, muatan mungkin tetap ada di antara belitan dan rangka motor. Untuk keselamatan pribadi, kabel harus diarde ke rangka motor untuk melepaskan tegangan (setelah pengujian). Megohmmeter juga digunakan dalam uji indeks polarisasi. Prosedur ini ditemukan di bagian mendatang "Instrumen untuk Pengujian Mendalam dan Pemeliharaan Terjadwal".

Pistol Inframerah

Pistol inframerah (Gambar 8.7) dapat mendeteksi suhu perangkat tanpa kontak fisik. Ini berguna untuk memeriksa (atau membandingkan) suhu sambungan, terutama sambungan tegangan tinggi.



Gambar 8.7 Pistol inframerah adalah instrumen nonkontak untuk mendeteksi masalah yang berhubungan dengan suhu. Instrumen ECU EXT.

Masalah yang sangat umum dan merusak untuk motor adalah sambungan resistansi tinggi (panas). Setiap kali motor distarter, arus masuk ampere yang tinggi (kadang-kadang lebih dari 500 persen dari ampli papan nama) akan menekan semua koneksi sirkuit motor. Sambungan harus diperiksa dengan termometer inframerah secara rutin, terutama jika motor sering dihidupkan. Sambungan panas harus diperiksa untuk oksidasi, dan dibersihkan atau diganti jika perlu. Suhu tinggi biasanya menunjukkan masalah motor. (Gulungan atau bantalan sering menjadi panas sesaat sebelum rusak.) Suhu komponen serupa di motor terbuka, seperti sikat atau gulungan individual, dapat dibandingkan dengan cepat dan aman.

Kegunaan lain untuk instrumen ini adalah untuk memeriksa tingkat cairan dalam tangki; periksa panas di atas normal pada puli dan sabuk, kopleng, kotak roda gigi, bantalan blok bantal, dan saluran (panas); dan periksa apa pun yang cukup panas untuk menyebabkan cedera. Beberapa senjata inframerah memiliki kemampuan penyimpanan informasi dan kompatibel dengan program perangkat lunak komputer. Data dapat direferensikan dengan mudah ketika dicurigai ada operasi yang tidak normal.

Stetoskop

Stetoskop digunakan untuk menentukan sumber kebisingan. Deteksi dini kegagalan bantalan dapat dilakukan dengan alat ini. Model elektronik (Gambar 8.8) akan merekam informasi untuk perbandingan dan tren. Hal ini juga memungkinkan pengamatan pribadi. Stetoskop juga memeriksa deteksi kebocoran, aliran cairan atau tidak ada aliran, dan lengkungan.

8.2 Peralatan Untuk Menguji dan Perencanaan Perawatan

Instrumen untuk pengujian mendalam dan pemeliharaan terjadwal meliputi:

- Penguji lonjakan
- Uji rotor
- Uji indeks polarisasi
- Uji tegangan langkah
- Uji potensi tinggi (hi-pot)
- Instrumen uji kualitas daya
- Pengukur faktor daya
- Sensor pemantau getaran
- Penjajaran laser
- Analisis partikel



Gambar 8.8 Stetoskop yang digunakan untuk menunjukkan masalah.

Penguji Lonjakan

Penguji lonjakan (Gambar 8.9) memiliki kemampuan mendeteksi gangguan belokan ke belokan pada masing-masing kumparan sebelum menjadi kerusakan yang sebenarnya. Itu juga dapat membandingkan dua sirkuit identik selama tes ini. Instrumen uji lainnya dapat membandingkan sirkuit yang identik juga, tetapi tidak dapat memeriksa isolasi belokan ke belokan. EASA memperkirakan bahwa 80 persen kerusakan isolasi dimulai sebagai kesalahan

belokan ke belokan. Selama prosedur pengujian, instrumen ini juga melakukan uji resistansi rendah yang (dalam kasus yang jarang terjadi) akan mengungkapkan masalah yang terlewatkan oleh uji perbandingan lonjakan. Salah satu contohnya adalah koneksi yang buruk pada belitan rangkaian ganda. Sambungan yang salah tidak terungkap karena tes lonjakan didasarkan pada induktansi. (Bila satu kawat dari beberapa kawat, konduktor belitan [misalnya, ketika empat kabel #12 digunakan alih-alih satu kabel #6] terbuka, induktansinya bisa sama, tetapi resistansinya lebih kecil.) Penguji lonjakan habis sampai 10 ampere dalam uji resistansinya. Hasilnya dicetak dalam bentuk hard copy untuk ditinjau lebih lanjut.

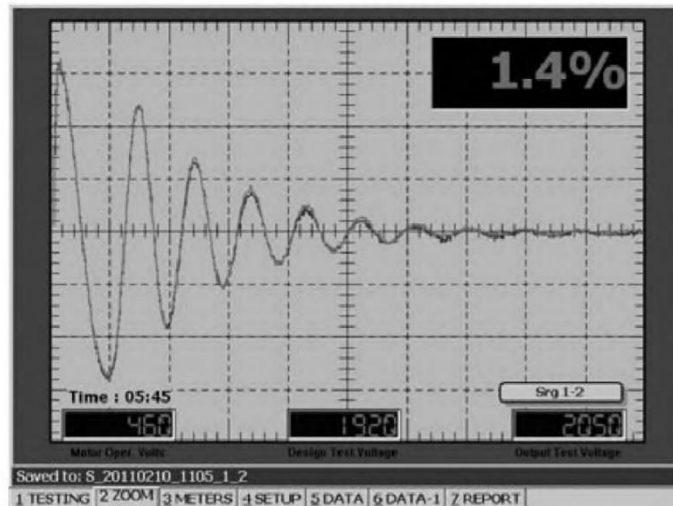
Penguji lonjakan sering digunakan dalam program pemeliharaan prediktif. Unit uji dapat diterapkan pada pemutusan motor, di mana ia akan menguji motor dan jalur suplainya. Itu tidak selalu digunakan selama prosedur pengujian awal karena beratnya. Ini sering digunakan untuk mengkonfirmasi masalah yang sulit diidentifikasi (sebelum motor diganti). Penguji lonjakan menggunakan lonjakan tegangan yang dikontrol dengan tepat pada belitan. Durasi spike sangat pendek sehingga tidak merusak insulasi. Kekuatan instrumen dikontrol dengan sangat baik sehingga busur tidak akan menyebabkan pelacakan karbon, kecuali jika pengujian tidak segera dihentikan. Ketika tegangan tinggi terkesan berputar, setiap titik lemah pada insulasi akan melengkung. Pengujian harus dihentikan segera setelah kesalahan terdeteksi, untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Masalah serius telah diidentifikasi, dan motor dapat dioperasikan sampai nyaman untuk menggantinya. Ada banyak kasus di mana penguji ini telah menghemat ribuan dolar dalam produksi yang hilang. Pengujian perbandingan dilakukan dengan osiloskop jejak ganda (sinyal) penguji gelombang (Gambar 8.10). Dua belitan identik diuji pada waktu yang sama. Setiap sinyal mencatat induktansi belitan masing-masing. Perbedaan induktansi akan memisahkan kedua sinyal, yang menunjukkan adanya masalah. Jika sinyal mengacak, tes segera dihentikan. Sinyal acak menunjukkan lengkung yang disebabkan oleh titik lemah pada insulasi. Jika titik lemahnya terlihat, kadang bisa dia perbaiki. Sinyal berbentuk berbeda mengidentifikasi masalah seperti belokan ke belokan pendek, fase ke fase pendek, koneksi yang salah (secara internal atau eksternal), dan belokan yang diarde.



Gambar 8.9 Penguji surja yang mampu membandingkan dan menguji tegangan tegangan putar.

Uji Rotor

Dengan penjepit batang rotor Electrom, (Gambar 8.11) rotor motor dapat diuji di tempatnya. Rotor bar terbuka yang dijelaskan dalam Bab 6 dapat dideteksi tanpa membongkar motor.



Gambar 8.10 Sinyal pada osiloskop dual-trace tester surja menunjukkan bahwa kedua belitan yang diuji tidak bermasalah. Motor sedang diuji dari pemutusannya. Instrumen Elektrom.



Gambar 8.11 Penjepit rotor digunakan untuk menguji masalah rotor saat motor berjalan. Instrumen Elektrom.

Armatur DC dapat diuji menggunakan attachment khusus yang ditunjukkan pada Gambar 8.12. Armatur besar juga dapat diuji, serta yang memiliki koneksi equalizer.

Uji Indeks Polarisasi dengan Megohmmeter

Uji indeks polarisasi dilakukan untuk mengetahui kondisi isolasi yang melindungi kumparan. Isolasi yang diuji terletak di antara kawat coil dan jalur apa pun ke rangka. (Ini termasuk udara di atas lilitan ujung kumparan.) Pengujian hanya dapat diandalkan untuk kumparan bentuk-luka atau pita perekat yang tidak memiliki kawat yang terpapar udara (seperti motor lilitan acak). Kumparan luka acak jarang direkatkan dan disegel, membuat pengujian mudah rusak oleh perubahan kondisi seperti kelembaban tinggi atau penghantaran kotoran.



Gambar 8.12 Adaptor yang digunakan untuk menguji belitan jangkak dengan penguji surja.

Dalam uji indeks polarisasi yang dijelaskan di bawah ini, diasumsikan bahwa insulasi motor tidak terbuat dari resin epoksi atau salah satu dari banyak produk polimer. Tes tidak bekerja pada bahan-bahan ini. Banyak industri tidak menggunakan tes ini karena sulit untuk mengidentifikasi varietas isolasi yang membatalkan tes. Sebagian besar motor dalam servis adalah putaran acak dan, seperti dijelaskan di atas, tidak dapat diuji secara andal karena banyaknya variabel yang merusak.

Uji indeks polarisasi adalah prosedur trending yang mendokumentasikan degradasi insulasi selama serangkaian pengujian berjangka waktu. Tes dilakukan pada interval 6 sampai 12 bulan. Pembacaan dilakukan pada 1 menit dan lagi pada 10 menit dari waktu tegangan diterapkan. Pembacaan 10 menit dibagi dengan pembacaan 1 menit untuk mendapatkan indeks polarisasi. Hasilnya harus antara 2 dan 5. Angka di bawah 2 menunjukkan penghantaran kotoran atau kelembapan. Jika hasilnya di atas 5, insulasi mengkristal (rapuh) dan bisa gagal. Selama pengujian, molekul-molekul dalam insulasi menjadi sejajar.

Aliran arus dan resistansi lebih rendah selama penyelarasan molekul, dan menurun ke nilai yang lebih rendah pada 10 menit. Nilai 10 menit memiliki resistansi yang lebih tinggi daripada nilai 1 menit. Motor harus offline setidaknya selama satu jam sebelum tes indeks polarisasi dilakukan. Memberi energi pada belitan dengan jenis sumber tegangan apa pun

akan menyelaraskan molekul bebas dan menyebabkan pengujian yang tidak valid. Ini adalah praktik yang baik untuk menghubungkan kabel motor ke rangka selama satu jam sebelum pengujian.

Seiring bertambahnya usia isolasi, ia menjadi rapuh (mengkristal) dan ada lebih sedikit molekul bebas. Inilah sebabnya mengapa dibutuhkan lebih sedikit waktu untuk menyelaraskan molekul-molekul bebas. Jumlah hasil tes menjadi lebih tinggi seiring dengan kemajuan penuaan. Pada umur tertentu, waktu yang diperlukan untuk mempolarisasi isolasi memberikan hasil yang lebih besar dari 5. Pada saat ini isolasi sangat rapuh sehingga terbentuk retakan. Jika ada kontaminan konduktor, arus mengalir, bentuk karbon, dan ada kerusakan isolasi lengkap.

Uji Tegangan Langkah

Uji tegangan langkah dilakukan dengan alat yang disebut penganalisis belitan (Gambar 8.13a). Mesin ini kompatibel dengan komputer dan dapat memberikan cetakan hasil tes. Hasil cetak menunjukkan tegangan dan arus dari setiap langkah (Gambar 8.13b).



Gambar 8.13 (a) Winding analyzer yang digunakan dalam uji tegangan langkah.

Instrumen Elektrom

Pengujian mengukur kebocoran arus (disebabkan oleh kontaminan) dari belitan motor ke rangkanya. Ini adalah prosedur tren yang mirip dengan uji indeks polarisasi. Namun, tidak seperti tes indeks polarisasi, tes ini bekerja pada semua jenis insulasi. Ini jauh lebih tepat daripada megohmmeter dan dapat menyimpan informasi untuk perbandingan di masa mendatang. Pengujian dapat dilakukan di terminal kontrol atau di kotak sambungan motor. (Komponen kontrol yang dapat rusak harus diisolasi dari pengujian.) Tegangan harus dinaikkan perlahan-lahan ke nilai pengujiannya untuk menghindari kerusakan paku. Kabel harus diarde ke rangka setelah pengujian selesai.

Prosedur pengujian adalah sebagai berikut: Tegangan DC diterapkan secara bertahap, dimulai dengan 500 volt, kemudian 1000 volt, dll., hingga nilai uji potensi tinggi motor: 2 x tegangan pengenalan + 1000 volt. Setiap nilai tegangan diterapkan selama 1 menit. Mesin kemudian mencatat tegangan dan arus dari setiap langkah. Ada lonjakan arus ketika tegangan

diterapkan. Arus ini mengisi efek kapasitor dari belitan dan mempolarisasi insulasi. (Setelah 1 menit, arus stabil ke nilai kebocorannya.) Arus bocor naik saat tegangan meningkat. Peningkatan tajam dari pengujian sebelumnya menunjukkan belitan harus dibersihkan.

Tes Potensi Tinggi

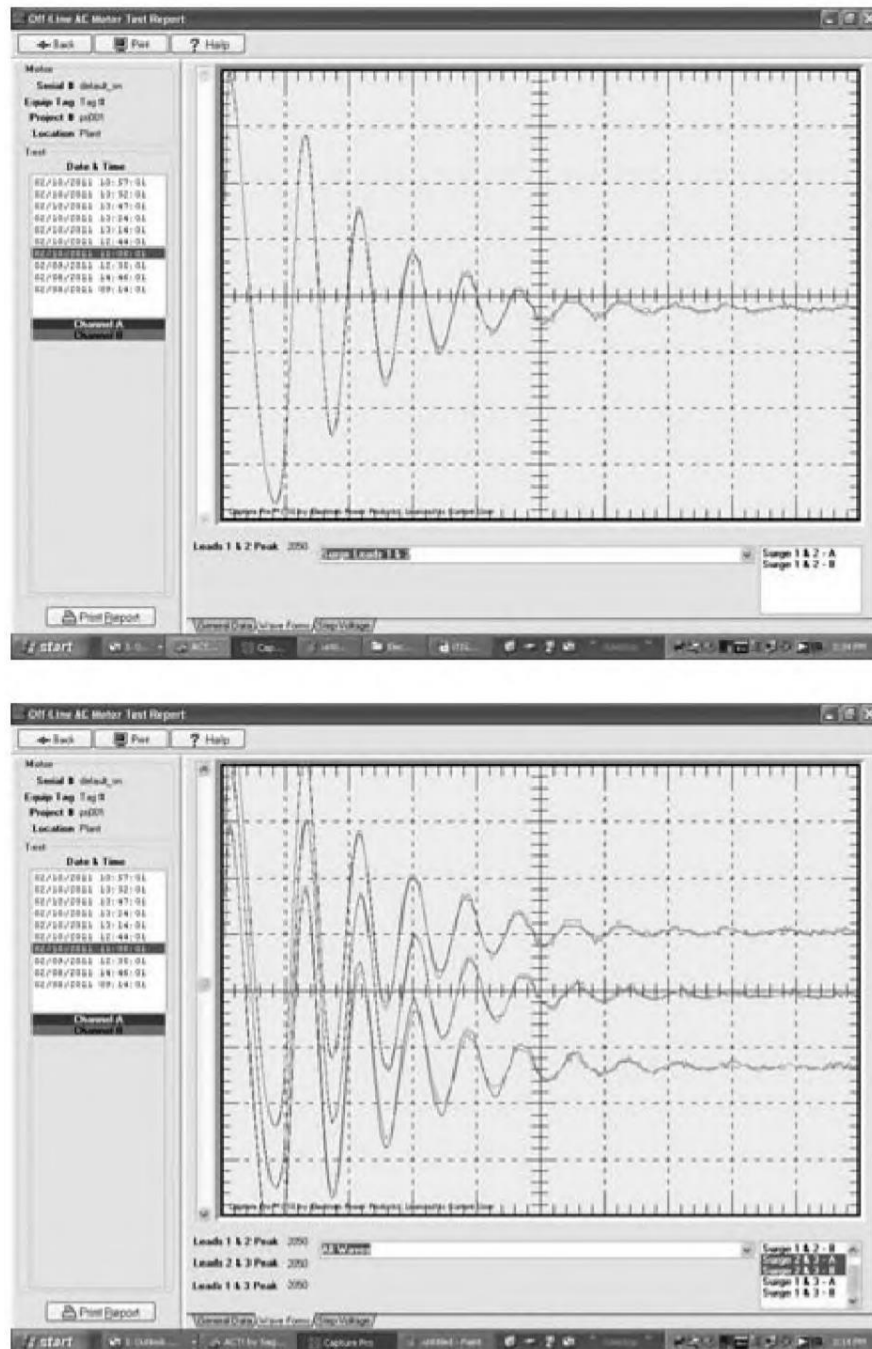
Uji potensi tinggi (hi-pot) dilakukan untuk memberi tekanan pada isolasi fase-ke-tanah (slot). Selalu gunakan ohmmeter sebelum menggunakan uji hi-pot (Gambar 8.14). Gulungan harus membaca setidaknya 50 megaohm ke bingkai sebelum menggunakan hi-pot. Gulungan basah harus dibersihkan dan dikeringkan sebelum uji hi-pot. Jika tegangan DC digunakan, itu harus 1,4 kali nilai AC.

Tegangan uji AC yang diterima untuk pengujian potensial tinggi adalah sebagai berikut:

- Gulungan baru: 2 x tegangan pengenalan + 1000 volt selama 1 menit
- Motor kecil dengan nilai 250 volt atau kurang: 1000 volt selama 1 menit

Variasi batas di atas diperbolehkan:

- Tes yang setara adalah 1,2 kali tegangan di atas selama 1 detik.
- Tegangan di atas x 1,6 selama 1 menit (jika digunakan tegangan DC).
- Gulungan lama atau terkontaminasi: 60 persen dari tegangan di atas untuk waktu yang sama.



Gambar 8.13 (b) Cetakn uji tegangan langkah.

Perhatian: AC tidak boleh digunakan pada motor di atas 150 tenaga kuda. Selalu arde motor Mengarah ke rangka motor setelah setiap pengujian untuk melepaskan tegangan yang disimpan oleh kapasitansi unit. Uji hi-pot dapat merusak isolasi. Instrumen uji harus memiliki fitur trip otomatis yang mematakannya sebelum terjadi kerusakan.

Motor kompresor pendingin yang tertutup rapat telah rusak ketika belitan diuji saat berada di bawah vakum. Ada teori mengapa ini terjadi, tetapi tidak ada yang kredibel. Saran terbaik adalah: Jangan motor kompresor disegel hi-pot.

Instrumen Uji Kualitas Daya

Instrumen uji kualitas daya digunakan bila perangkat elektronik dicurigai mencemari sirkuit catu daya. Beberapa gejala polusi saluran termasuk motor yang terlalu panas tanpa alasan yang jelas, kegagalan belitan prematur, kegagalan bantalan bola yang disebabkan arus, pemutus tersandung, saluran panas dan/atau netral, dan lonjakan tegangan yang merusak. Gambar 8.15 menunjukkan instrumen untuk menguji kualitas daya. Sirkuit yang memberi daya pada komputer dalam jumlah besar merupakan masalah bagi transformator suplai jika tidak ada koreksi yang dilakukan. Kontrol motor elektronik menyebabkan kerusakan yang lebih besar daripada komputer karena melibatkan ampere yang lebih tinggi. Peralatan perbaikan (reaktor, dll.) sangat penting untuk mencegah kerusakan peralatan.



Gambar 8.14 Alat uji potensi tinggi (hi-pot). Hipotronics, Inc.



Gambar 8.15 Alat untuk memeriksa faktor daya dan kualitas daya rangkaian.

Pengujian harus dilakukan dalam jangka waktu yang cukup lama untuk mencakup semua kondisi yang memungkinkan. Mengidentifikasi dan memasang peralatan perbaikan adalah layanan yang sering dialihdayakan. Penggunaan instrumen tes ini membutuhkan pelatihan dan pengalaman khusus. Ini sering merupakan layanan satu kali. Pelatihan keselamatan bagi personel yang melakukan pengujian ini sangat penting karena pengujian dilakukan dengan daya hidup.

Meter pada Gambar 8.15 digunakan untuk menentukan sudut fasa yang diperlukan untuk menghitung faktor daya. Konsekuensi dari faktor daya yang rendah dapat berupa

Cara Merawat dan Memperbaiki Motor Listrik (Dr. Agus Wibowo)

penalti yang mahal dari pemasok daya. Faktor daya yang rendah juga mempengaruhi motor dengan menyebabkan tegangan rendah. Faktor daya rendah dikoreksi dengan kapasitor yang dirancang khusus atau dengan motor sinkron. Banyak industri mengalihdayakan prosedur ini karena biasanya merupakan layanan satu kali dan membutuhkan pelatihan khusus. Beberapa pusat perbaikan motor listrik menawarkan layanan tersebut. Pelatihan keselamatan sangat penting bagi personel yang melakukan pengujian ini karena dilakukan dengan saluran listrik hidup.

Sensor Getaran

Getaran adalah penyebab utama kegagalan bantalan. Ini juga merupakan indikasi kegagalan bantalan yang akan datang. Instrumen portabel bekerja dengan baik untuk pemeriksaan di tempat, tetapi mesin yang terus beroperasi harus dipantau oleh sensor yang terpasang (Gambar 8.16.)



Gambar 8.16 Alat ini akan memeriksa getaran, dan memiliki kemampuan takometer nonkontak. Instrumen EXTECH

Sensor getaran akan secara otomatis memberikan peringatan ketika tingkat getaran yang telah ditentukan tercapai. Tindakan korektif kemudian dapat dijadwalkan sebelum kegagalan bencana terjadi. Pusat perbaikan motor listrik menyeimbangkan motor yang diperbaiki sesuai dengan spesifikasi EASA. Beberapa juga menawarkan penyeimbangan mesin di pabrik. Layanan ini sering dialihdayakan karena membutuhkan pelatihan khusus.

Penjajaran Laser

Penjajaran laser adalah yang paling akurat dari semua metode pelurusan (Gambar 8.17). Ini telah berhasil digunakan pada aplikasi poros bertingkat yang membutuhkan presisi yang tepat. Mudah digunakan dan hampir menghilangkan kesalahan yang umum terjadi pada prosedur penyelarasan lainnya.



Gambar 8.17 Peralatan pelurusan laser. SKF USA Inc

Kopling fleksibel dirancang untuk sedikit ketidaksejajaran. Pengalaman telah menunjukkan, bagaimanapun, bahwa getaran akan terjadi kecuali keselarasan hampir sempurna.

Analisis Praktis

Analisis partikel adalah layanan yang akan memprediksi kegagalan mesin dan biasanya dialihdayakan. Prosedur peringatan dini ini telah mendeteksi masalah yang terlewatkan oleh pengujian getaran. Analisis oli dan gemuk dapat dilakukan dengan layanan ini. Analisis minyak secara teratur dianjurkan. Itu dapat mengidentifikasi partikel keausan dari setiap komponen di gearbox. Jika keausan berlebih pada komponen tertentu terdeteksi, penyedia layanan akan segera menelepon atau mengirim faks informasi tersebut. Kontaminan akan diidentifikasi serta kondisi pelumas. Informasi ini mungkin menunjukkan perlunya penggantian oli yang lebih sering atau tipe oli yang berbeda (Gambar 8.18).



Gambar 8.18 Alat analisis minyak.

8.3 Test Pemahaman Materi, Pilih B (Betul) dan S (Salah)

1. Instrumen pengujian sangat penting untuk pemecahan masalah yang akurat B/S
2. Ketidakseimbangan tegangan akan menyebabkan kegagalan motor segera. B/S
3. Microhmmeter dapat digunakan untuk pengujian perbandingan motor yang lebih besar dari 10 tenaga kuda B/S
4. Tachometer dapat digunakan untuk menentukan apakah motor kelebihan beban B/S
5. Kegunaan utama megohmmeter adalah untuk menguji insulasi antara belitan dan rangka motor B/S
6. Pistol inframerah (seperti voltmeter) harus menjadi perlengkapan standar di kotak peralatan B/S
7. Stetoskop elektronik dapat digunakan untuk pemeliharaan preventif B/S
8. Penguji lonjakan adalah satu-satunya instrumen yang andal akan menekankan isolasi belokan ke belokan B/S
9. Tes indeks polarisasi akan bekerja pada semua motor B/S
10. Uji indeks polarisasi harus dilakukan segera setelah motor dimatikan B/S
11. Tes tegangan langkah akan bekerja pada semua motor B/S
12. Tegangan uji potensi tinggi tidak boleh diterapkan pada belitan ketika disetel pada nilai penuhnya B/S
13. Uji potensi tinggi dilakukan untuk memeriksa isolasi fase-ke-fase B/S
14. 2 x tegangan pengenalan + 1000 volt selama satu menit dapat diterima untuk semua motor B/S
15. Apa tiga tanda masalah kualitas daya? B/S
16. Berikan dua alasan untuk meningkatkan faktor daya industri B/S
17. Analisis getaran dan penyeimbangan terbatas pada motor listrik B/S
18. Penjajaran laser adalah metode paling andal untuk mengurangi getaran kopling B/S
19. Analisis partikel dapat memprediksi masalah bantalan dan roda gigi di gearbox B/S

DAFTAR PUSTAKA

- Acarney, P.P. (2002) *Stepping Motors: A Guide to Modern Theory and Practice* (4th ed.). IEE Publishing, London. ISBN: 085296417x.
- Augie Hand (2011), *Electric Motor Maintenance and Troubleshooting*. McGraw-Hill Companies, Second edition.
- Beaty, H.W. and Kirtley, J.L. (1998) *Electric Motor Handbook*. New York: McGrawHill.
- Bose B. K. (1986) *Power Electronics and AC Drives*. Prentice-Hall.
- Bill Drury (2001) *The Control Techniques Drives and Controls Handbook*. Number 35 in IEE Power Series. The Institute of Electrical Engineers.
- Duane Hanselman (2012), *Brushless Motors Magnetic Design, Performance, and Control*. E-Man Press LLC.
- Frank D. Petruzella (2010), *Electric Motors and Control Systems*. McGraw-Hill Higher Education.
- Hindmarsh, J. (1985) *Electrical Machines and their Applications* (4th ed.). Oxford: Pergamon.
- Hindmarsh, J. (1984) *Electrical Machines and Drives* (2nd ed.). Oxford: Pergamon.
- Kenjo, T. (1991) *Electric Motors and their Controls*. New York: Oxford Science Publications.
- Krishnan R. (2010), *Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives*. CRC Press, Taylor & Francis Group,
- James Robert Mevey (2006), *Sensorless Field Oriented Control of Brushless Permanent Magnet Synchronous Motors*. Master's thesis, Kansas State University.
- Jordan, H.E. (1994) *Energy-Efficient Motors and their Applications* (2nd ed.). New York: Plenum Press.
- Marathon Motors (2014) *Three Phase Inverter (Vector) Duty Black Max® 1000:1 Constant Torque, TENV Motor*. <http://www.marathonelectric.com/motors/index.jsp>
- Mohamed A. El-Sharkawi (2013) *Electric Energy: An Introduction*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Third edition.
- Moreton, P.L. (2000) *Industrial Brushless Servomotors*. Oxford: Newnes.
- Riaz M. (2012) *Simulation of Electrical Machine and Drive Systems Using MATLAB and SIMULINK*. University of Minnesota. <http://www.ece.umn.edu/users/riaz/>
- Padmaraja Yedamale (2003). *AN885: Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals*. Technical Report, Microchip Technology Inc. Technology Inc.
- Sabri Cetinkunt (2006). *Mechatronics*. John Wiley & Sons, Inc.,
- Siemens Industry, Inc. (2008) *Basics of AC Motors*. http://cmsapps.sea.siemens.com/step/pdfs/ac_motors.pdf.
- Stephen D. Umans A.E. Fitzgerald, Charles Kingsley Jr (1990), *Electric Machinery*. McGraw-Hill Publishing Company,

- Suad Ibrahim Shahl. (2009) Introduction to AC Machines: Electrical Machines II. http://www.uotechnology.edu.iq/dep.eee/lectures/3rd/Electrical/Machines%202/I_Introduction.pdf
- Teago F. J. (1923), The Nature of the Magnetic Field Produced by the Stator of a Three-phase Induction Motor, with Special Reference to Pole-changing Motors. Journal of the Institution of Electrical Engineers, 61(323): 1087–1096.
- Valentine, R. (1998) Motor Control Electronics Handbook. New York: McGraw Hill.
- Yasuhito Ueda, Hiroshi Takahashi, Toshikatsu Akiba, and Mitsunobu Yoshida (2013), Fundamental Design of a Consequent-Pole Transverse-Flux Motor for Direct-Drive Systems. IEEE Transactions on Magnetics, 49(7).