

467/HQ/84

MILIK PERPUSTAKAAN
- IKIP - PADANG -

DASAR TEKNIK LISTRIK

DISUSUN OLEH:
DRS. NURKAUSAR. D

FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
P A D A N G
1984

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
KOLEKSI BIDANG ILMU
TIDAK DIPINJAMKAN
KHUSUS NYA DALAM PERPUSTAKAAN

KATA PENGANTAR

Sesuai dengan judulnya " Dasar Teknik Listrik ", buku ini disajikan sebagai ilmu dasar dalam masalah kelistrikan. Penguraian yang terdapat dalam buku tidaklah secara terperinci, tetapi akan cukup membantu didalam pemecahan masalah-masalah yang bertalian dengan dasar listrik. Buku ini sebagai pembuka jalan bagi mempelajari mata kuliah Mesin Listrik di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan Padang. Dan dapat juga di pergunakan oleh jurusan lain yang berkeinginan memakainya.

Dalam buku ini diolah beberapa masalah-masalah pokok sebagai dasar dari mesin listrik.

Pendahuluan, yang menitik beratkan pada pengertian tentang dasar dari beberapa parameter-paramoter dalam listrik.

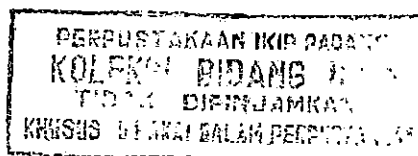
Rangkaian Listrik, yang membicarakan masalah-masalah listrik arus searah dan listrik arus bolak-balik.

Mesin Listrik, yang mengolah prinsip dasar dari pada Mesin Listrik.

Selesainya penulisan buku ini adalah berkat bantuan yang penulis terima dari rekan-rekan di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bantuannya yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Padang Pebruari 1984

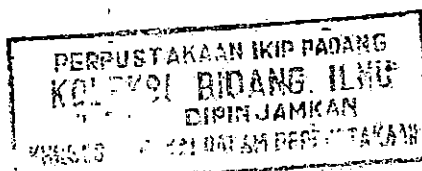
Penulis.



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
PENDAHULUAN	1
RANGKAIAN LISTRIK	4
A. Rangkaian Searah	4
B. Rangkaian Arus Bolak-balik (AC)	6
C. Rangkaian Seri Arus Bolak-balik	8
D. Rangkaian Paralel Arus Bolak-balik	11
E. Memperbaiki Faktor Daya (Cos)	13
F. Rangkaian Tiga Fasa	14
MESIN LISTRIK	17
A. Mesin Arus Searah	19
B. Mesin Arus Bolak-balik	25
DAFTAR BACAAN	33

MILIK	PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
DITERIMA	16-4-1984
SURBERMARA	Hadiak
KELAS	K-1
NO. KARTAS	467/Hd/84-d0 (2)
NO. STAMPAN	621-3 Nur d0



PENDAHULUAN

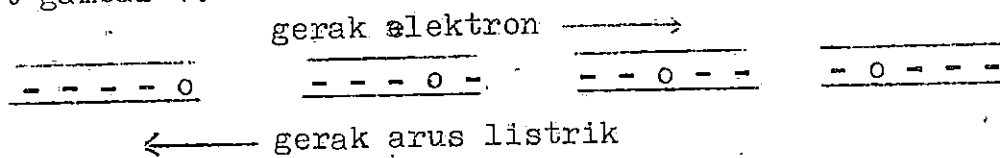
Didalam mempelajari masalah listrik, haruslah dipahami parameter-parameternya, dimana parameter ini akan membantu didalam menyelesaikan permasalahan.

Parameter-parameter ini antara lain :

1. Arus Listrik

Arus listrik ialah pergerakan lobang-lobang yang ditinggalkan oleh elektron yang berpindah.

Untuk lebih mudah dipahami bagaimana caranya timbul arus listrik lihat gambar 1.



Gbr. 1

Pergerakan elektron dan arus

Dari gbr. 1 dapat dilihat 4 buah elektron dan 1 buah lobang, bila elektron ini berpindah masuk ke lobang maka akan terjadi tempat elektron akan kosong. Tempat yang kosong ini akan diisi oleh elektron dibelakangnya, begitulah seterusnya. Dari keterangan itu dapat diambil bahwa arah gerak elektron akan menentang dari gerak lobang. Pergerakan lobang inilah yang dikatakan dengan arus listrik.

Untuk menentukan arah arus dibuatlah suatu perjanjian yang mana arus listrik yang meninggalkan kita dikatakan berarah positif + dan yang mendekati kita dinamakan berarah negatif -

Besarnya arus akan ditentukan oleh besarnya / banyaknya muatan yang berpindah. Satuan untuk arus ini adalah Amper (A)

Arus listrik ini dapat dibagi atas :

a. Arus searah (DC)

Arus searah ialah suatu arus yang arahnya sama. Sumber dari arus ini antara lain : Batray, Generator searah, dan lainnya

b. Arus bolak-balik (AC)

Arus bolak-balik ialah arus yang arahnya berbolak-balik (satu saat positif satu lain negatif).

Sumber dari arus ini antara lain Generator bolak-balik.

Arus listrik bolak-balik ini mempunyai beberapa harga

1) Harga sesaat (i)

Harga sesaat ialah suatu harga yang setiap saatnya berubah besarnya, harga dari arus ini dapat dilihat dengan Ocsiloscope.

2) Harga maksimum (I_m)

Harga maksimum ialah harga sesaat yang paling besar (amplitudo) Untuk mengukur dari arus ini dapat dipergunakan Ocsiloscope.

3) Harga rata-rata (I_r)

Harga rata-rata ialah suatu harga dimana harga ini diambil rata-rata dari harga sesaat, dan harga ini diperbandingkan dengan harga maksimum. ($I_r = 2 I_m / \pi$).

4) Harga efektif (I_{eff} ; I)

Harga efektif ialah suatu harga yang mempunyai akibat daya, harga besarnya juga diperbandingkan dengan harga maksimum ($I = I_m / 2$)

2. Voltase/tegangan (E)

Tegangan ialah suatu perbedaan potensial dari dua buah titik, dimana dengan adanya perbedaan ini akan mempunyai kekuatan menarik muatan negatif ketempat yang berpotensi lebih besar. Besarnya tegangan ini diukur dengan volt (V)

Seperti juga dengan arus listrik, tegangan ini ada tegangan searah dan ada tegangan bolak-balik (E_{AC}) dan juga terdapat harga-harga seperti pada arus bolak-balik. :

Harga sesaat (e)

Harga maksimum (E_m)

Harga Effektif ($E_{eff} = E = E_m / 2$)

Harga rata-rata ($E_r = 2E_m / \pi$)

3. Tahanan Listrik (R)

Tahanan Listrik ialah suatu alat yang berguna untuk menahan arus listrik yang merupakan komponen pasif.

Tahanan ini dapat dipasang kepada rangkaian arus searah atau arus bolak-balik. Sedangkan untuk sumber arus bolak-balik selain dari tahanan murni R ada lagi sejenis tahanan yang dinamakan dengan reaktansi. Reaktansi ini ada yang bersifat gulungan (induktif) dan ada pula yang bersifat kapasitif (X_c)

Tahanan R didalam rangkaian bolak-balik tidaklah sama besarnya dengan tahanan yang diukur dengan arus searah, tapi lebih besar harganya sebesar $\pm 1,25$ dari tahanan arus searah.

4. Daya- (P)

Daya ialah tenaga yang dipergunakan untuk memindahkan muatan melawan dari tahanan.

Didalam rangkaian arus bolak-balik daya ini mempunyai tiga komponen yaitu :

Daya nyata yang diukur dengan Watt (W)

Daya semu diukur dalam Volt-Amper (VA)

Daya buta diukur dengan Volt-Amper-Reaktansi (VAR)

5 Frekuensi (f)

Frekuensi ialah berapa banyaknya perobahan arah arus listrik didalam satu detik., Frekuensi ini diukur dengan Hz.

6. Kecepatan sudut (ω)

Kecepatan sudut ialah berapa derajat listrikkah kecepatan pengantar berputar dalam satu detik $(\omega = 2\pi f)$

7. Faktor daya $(\cos \phi)$

Faktor daya ialah suatu angka yang merupakan perbandingan antara daya yang dipergunakan(daya nyata) dengan daya semu

$$\cos = W/VA$$

--o--

RANGKAIAN LISTRIK

Rangkaian listrik ialah hubungan beberapa komponen yang menjadi satu oleh pengantar listrik.

Rangkaian listrik ini dapat dibagi atas :

Rangkaian terbuka ialah suatu rangkaian dimana sebahagian komponen tidak tersambung secara listrik (didalam rangkaian tidak mengalir arus)

Rangkaian tertutup ialah rangkaian yang mana seluruh komponen dalam rangkaian itu tersambung secara listrik (Dalam rangkaian ini mengalir arus listrik).

Menurut sumber yang dihubungkan kedalam rangkaian ini, maka rangkaian itu dapat dibagi atas ; rangkaian searah dan rangkaian arus bolak balik .

A. Rangkaian Searah (rangkaian DC)

Rangkaian arus searah ialah suatu rangkaian yang sumbernya dari sumber arus searah.

Apabila rangkaian telah tersambung dengan sebuah sumber sebesar V volt, maka didalam rangkaian itu mengalir arus sebesar I amper arus ini akan melewati suatu tahanan sebesar R Ohm.

Menurut hukum Ohm : Arus yang mengalir dalam rangkaian ini sama besarnya dengan tegangan dibagi tahanan dari rangkaian itu.

$$I = V/R \text{ Amper}$$

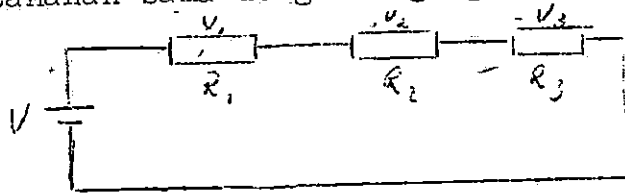
Biasanya didalam suatu rangkaian tidaklah hanya terdiri dari sebuah tahanan saja, tapi mungkin tersambung dengan beberapa tahanan. Untuk menghubungkan tahanan ini dapat dilakukan secara seri, paralel atau seri paralel.

1. Rangkaian seri

Rangkaian seri ialah suatu rangkaian dari beberapa tahanan yang dihubungkan secara berderet.

Dalam rangkaian seri ini arus yang mengalir didalamnya adalah sama setiap komponen.

Menurut Hukum Kirchoff jumlah tegangan yang terdapat disetiap tahanan sama dengan tegangan sumber .



$$I = I = I$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

Menurut hukum Ohm :

$$V = I R_t$$

$$V_1 = I_1 R_1$$

$$V_2 = I_2 R_2$$

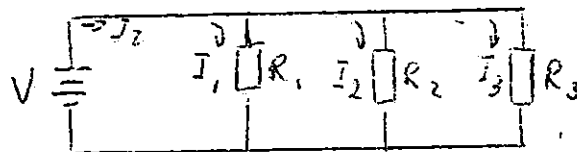
$$V_3 = I_3 R_3$$

maka :
$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

=====

2. Rangkaian Paralel

Rangkaian paralel ialah suatu rangkain dari beberapa tahanan yang dihubungkan secara sejajar.



Dalam hubungan ini tegangan dari setiap tahanan adalah sama , sedangkan arus yang mengalir dari sumber akan sama besarnya dengan penjumlahan arus yang mengalir dalam tahanan (Hukum Kirchoff).

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

sedangkan

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

Menurut Hukum Ohm

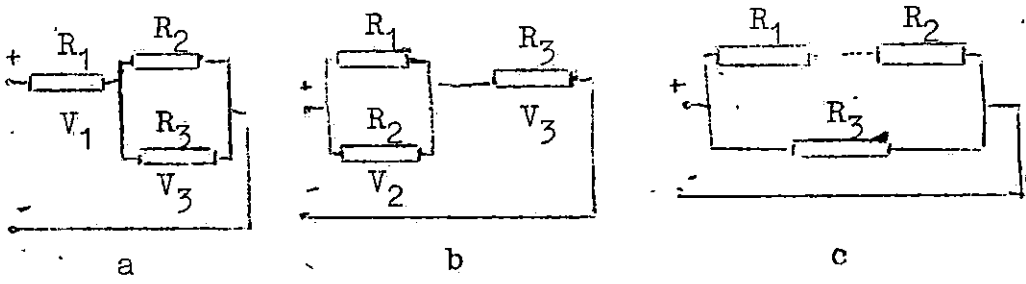
$$I_t = V/R \quad I_1 = V/R_1 \quad I_2 = V/R_2 \quad I_3 = V/R_3$$

maka :
$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

$$R_t = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

3. Hubungan seri-paralel

Hubungan seri paralel ialah suatu rangkai yang didalamnya ter dapat hubungan seri dan hubungan paralel.



Untuk menyelesaikan rangkaian seperti diatas haruslah diselesaikan menurut rumus yang dipakai dalam hubungan seri dan paralel, dan diselesaikan bertingkat.

dari gambar diatas :

$$a. R_t = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$b. R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$

$$c. R_t = \frac{(R_1 + R_2) R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Didalam rangkaian arus searah diatas dapat dicari besarnya daya yang dikeluarkan sumber

$$P = I V \text{ watt}$$

Karena $I = V/R$ maka $P = V^2/R$

Karena $V = I R$ maka $P = I^2 R$

B. Rangkaian Arus Bolak-balik (AC)

Rangkaian arus bolak-balik ialah suatu rangkaian dimana sumber yang dihubungkan kedalam rangkaian itu adalah sumber arus bolak-balik.

Dalam rangkaian ini kita akan mengenal adanya tahanan selain dari pada tahanan murni, yaitu reaktansi induktip dan reaktansi kapasitip.

1. Rangkaian tahanan murni

Apabila rangkaian dari arus bolak-balik ini hanya terdiri

dari tahanan murni saja, maka semua rumus yang terdapat pada rangkaian arus searah berlaku. Hanya saja besarnya tahanan 1,25 kali lebih besar dari apa yang tertulis ditahanan itu. Daya yang terdapat dalam rangkaian itu tetap berarah positif, ini disebabkan antara arus dan tegangan waktu timbulnya bersamaan (sepasa). Besarnya daya ini adalah

$$\begin{aligned}
 P &= V I \\
 &= V_m / 2 \cdot I_m / 2 \\
 &= 0.5 I_m V_m
 \end{aligned}$$

2. Rangkaian reaktansi induktif

Apabila suatu rangkaian mempunyai reaktansi induktif murni saja. Setelah arus mengalir didalam induktor, maka pada induktor akan timbul medan magnet. Besarnya medan ini ditentukan oleh besarnya arus yang mengalir, makin besar arus makin besar medan.

Medan yang dihasilkan oleh arus ini adalah merupakan medan bolak balik pula. Medan yang timbul ini dipotong oleh gulungan induktor itu sendiri yang menyebabkan timbulnya ggl (gaya gerak listrik) lawan oleh a induktor. Gggl yang timbul ini tidak sama waktu timbulnya dengan arus yang mengalir didalamnya, tapi berbeda fase 90° listrik terhadap arusnya atau berbeda fase sebesar 180° listrik terhadap tegangan sumbernya. Boleh dikatakan bahwa arus yang mengalir dalam induktor terkebelakang 90° terhadap tegangan sumber dan ggl lawan terkebelakang pula 90° listrik terhadap arusnya. Oleh karena sebuah induktor tetap mempunyai tahanan murni, maka waktu timbulnya arus dan ggl lawan tidaklah berbeda 90° tepat, tapi akan lebih kecil dari 90° listrik. Simbul dari induktor ini adalah (L) yang diukur dengan henry. dan reaktansi induktif

$$X_L = 2 \pi f L \text{ Ohm.}$$

Jika reaktansi induktif ini dianggap murni, maka arus yang mengalir akan berbeda fase 90 listrik dengan tegangannya. Daya yang dipergunakan oleh rangkaian menjadi nol. Ini disebabkan oleh karena daya dari sumber akan sama besarnya dengan arus yang masuk ke sumber.

Selisih dari daya yang berarah positif dengan yang berarah negatif dikatakan dengan daya nyata. (Waatt).

Daya yang merupakan perkalian **tegangan** dengan arus pada rangkaian dikatakan daya semu. Dan daya yang diberikan dan diterima oleh sumber ke induktor dikatakan daya buta.

Perbandingan daya nyata dengan daya semu dikatakan faktor daya ($\cos \varphi$).

Sudut φ adalah sudut yang menunjukkan berapa derajatkah beda fase antara arus dan tegangan pada rangkaian.

$$\varphi = \arccos \cos \frac{P}{V I}$$

3. Rangkaian kapasitip

Rangkaian kapasitip ialah suatu rangkaian yang hanya mempunyai reaktansi kapasitip saja. Ggl yang ditimbulkan oleh kapasitor akan menentang dari tegangan sumbernya. Ggl kapasitor timbul akibat terjadinya penyimpanan muatan oleh kapasitor, yang diisi dari sumber. Pada saat sumber baru dihubungkan dengan kapasitor maka didalam kapasitor belum terjadi ggl penentang. Sehingga arus yang mengalir kedalam kapsitor akan besar (maksimum). Setelah kapasitor terisi penuh dan ini akan dicapai bila tegangan sumber telah sama dengan ggl kapasitor.

Dari keterangan diatas didapatkan bahwa arus mendahului terhadap tegangan 90° listrik.

Besarnya reaktansi Kapasitip : $X_c = \frac{1}{2\pi f C}$

Sebenarnya didalam kapasitor sendiri terdapat juga tahanan murni yang tersambung secara paralel dengan kapasitor.

Besarnya tahanan murni ini

$$R_c = 66,67 X_c$$

C. Rangkaian Seri Arus Bolak-balik.

Bila beberapa buah tahanan murni dihubungkan dengan sumber bolak-balik secara seri, maka rumus yang terdapat dalam rangkaian arus searah tetap berlaku.

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

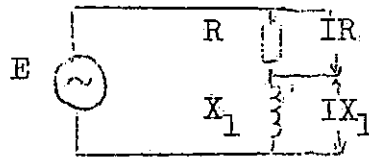
Jika beberapa buah induktor (L) murni dihubungkan secara seri maka besarnya induktor pengganti dari seluruh induktor ini ialah sebesar :

$$L_t = L_1 + L_2 + L_3$$

Jika beberapa buah kapasitor (C) dihubungkan secara seri, dimana kapasitor ini dianggap murni. Maka besarnya kapasitor pengganti adalah

$$1/C_t = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$$

Bila rangkaian seri tahanan murni dan tahanan (reaktansi) induktif, maka arus yang mengalir didalam rangkaian dan tegangan sumber membuat sudut sebesar . Besarnya sudut ini akan ditentukan oleh besarnya tahanan murni dan reaktansi induktifnya. Tegangan yang terjadi dalam tahanan murni akan sefasa dengan arusnya dan tegangan yang terdapat dalam induktor akan membuat sudut dengan arusnya sebesar 90° . Sedangkan arus yang mengalir dalam kedua komponen itu akan sama.



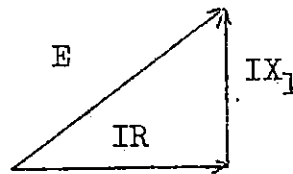
Penjumlahan dari tahanan murni dan reaktansi dikatakan dengan Impedansi (Z).

Didalam hukum Kirchoff didapat bahwa tegangan bahagian-bahagian adalah sama besarnya dengan tegangan sumber.

Jadi :

$$\bar{I}\bar{Z} = \bar{I}\bar{R} + \bar{I}\bar{X}_1$$

$$Z = R^2 + X_1^2$$



Gbr.

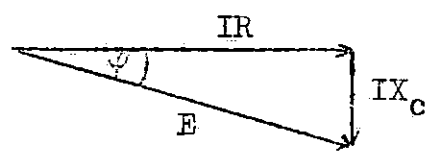
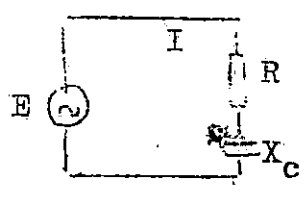
Besarnya perbedaan fase : $\varphi = \text{arc tg } X_1/R$

Bila rangkaian seri antara tahanan murni dan reaktansi kapasitif. Arus yang mengalir pada rangkaian akan sefasa dengan te -

gangan yang terdapat Tahanan murni dan akan berbeda pаса sebesar 90° terhadap tegangan pada reaktansi kapasitip.

Besarnya impedansi adalah

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$



Beda pаса $\varphi = \text{arc tg } \frac{X_c}{R}$

Bila tahanan murni dan reaktansi induktip serta reaktansi kapasitip dihubungkan secar seri, maka arus akan sepasa dengan tegangan yang terdapat pada tahanan R, mendahului 90° terhadap tegangan pada Xc dan terkebelakang dari IX₁ 90° listrik.

Sehingga dapat kita lihat bahwa antara reaktansi induktip dan reaktansi kapasitip berbeda sebese r 180° Listrik, sehingga di dapatlah bahwa reaktansi akan sama dengan selisih antara reaktansi induktip dengan reaktansi kapasitip

$$X = X_l - X_c$$

dan

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_l^2 - X_c^2)}$$

Besarnya sudut pergeseran pаса adalah

$$\varphi = \text{arc tg } \frac{X_l - X_c}{R}$$

Bila duabuah impedansi dikbungkan secara seri, maka

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + ((X_{l1} + X_{l2}) - (X_{c1} + X_{c2}))^2}$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{(X_{l1} + X_{l2}) - (X_{c1} + X_{c2})}{R_1 + R_2}$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{X_l - X_c}{R}$$

D. Rangkaian paralel Arus Bolak-balik

1. Beberapa tahanan murni dihubungkan paralel

Bila beberapa buah tahanan murni dihubungkan paralel dengan sumber AC. Rumus yang terdapat dalam rangkaian arus DC untuk tahanan bolak-balik masih berlaku. Ini disebabkan oleh karena tegangan yang terdapat dalam tahanan R akan sama dengan arus yang mengalir dalam tahanan itu.

$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

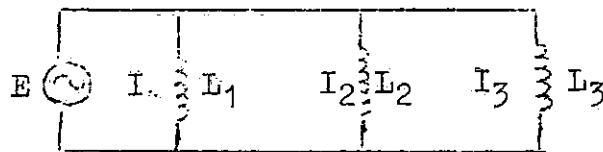


Gbr.

2. Bila beberapa induktor dihubungkan secara paralel dan induktor itu dianggap murni, maka arus yang mengalir setiap induktor akan sama pasanya. Maka untuk reaktansi induktif didapat

$$1/X_t = 1/X_1 + 1/X_2 + 1/X_3$$

$$1/L_t = 1/L_1 + 1/L_2 + 1/L_3$$



Gbr.

3. Rangkaian Kapasitor

Bila rangkaian arus bolak-balik tersambung dengan beberapa kapasitor secara paralel, maka reaktansi kapasitif akan

$$1/X_{ct} = 1/X_{c1} + 1/X_{c2} + 1/X_{c3}$$

$$\frac{1}{1/2\pi f C_t} = \frac{1}{1/2\pi f C_1} + \frac{1}{1/2\pi f C_2} + \frac{1}{1/2\pi f C_3}$$

$$2\pi f C_t = 2\pi f C_1 + 2\pi f C_2 + 2\pi f C_3$$

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3$$

4. Hubungan paralel impedansi-impedansi.

Dua buah titik Sumber arus bolak-balik yang tersambung dengan beberapa buah impedansi, maka arus tiap-tiap impedansi tidak lagi sefasa dengan tegangannya. Dan juga kadang-kadang arus antara impedansi-impedansi tidak sefasa juga. Untuk menentukan arus yang mengalir kedalam rangkaian (arus yang berasal dari sumber) adalah merupakan penjumlahan Vektor dari arus yang mengalir pada impedansi-impedansi.

$$\bar{I}_t = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3$$

Karena tegangan setiap Impedansi sama, maka

$$\frac{E}{\bar{Z}_t} = \frac{E}{\bar{Z}_1} + \frac{E}{\bar{Z}_2} + \frac{E}{\bar{Z}_3}$$

$$1/\bar{Z}_t = 1/\bar{Z}_1 + 1/\bar{Z}_2 + 1/\bar{Z}_3$$

Untuk memudahkan mencari arus yang mengalir dalam Impedansi dan sudut fase, maka dicari dengan bantuan admitansi, yangmana

$$Y = 1/\bar{Z}$$

$$Y = R/Z^2 - j X/Z^2$$

yangmana $R/Z^2 = G$ $X/Z^2 = B$

maka $Y = G - j B$

dimana : Y = admitansi

G = Konduktansi

B = Subseptansi

Dari rumus diatas didapatlah bahwa pergeseran fasa antara arus dan tegangan adalah

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= G/Y \\ &= R/Z^2 : 1/Z \\ &= R/Z \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{dan } \sin \varphi &= B/Y \\ &= X/Z^2 : 1/Z \\ &= X/Z \end{aligned}$$

E. Memperbaiki Faktor Daya (Cos ϕ)

Beban yang diberikan gejala-gejala biasanya adalah berifat induktip, sehingga arus akan mengikuti tegangan sebesar sudut , Sudut pergeseran ini biasanya cukup besar, sehingga menimbulkan faktor daya yang kecil.

Untuk memperbaiki faktor daya ini, dapat dilakukan penambahan beban yang besifat kapasitip. Penambahan kapasitor ini dapat dihubungkan secara seri ataupun secara paralel dengan beban yang telah ada.

Apabila instalasi rumah dihubungkan dengan beban lampu TL, pom air, kulkas dan lainlain yang bersifat mesin listrik (induktip) akan terdapat faktor daya sebesar Cos ϕ_1 yang cukup kecil. Dalam rangkaian itu mengalir arus yang besarnya I_1 . Untuk memperbesar dari faktor daya dihubungkan sebuah kapasitor secara paralel. Pada saat ini mengalir arus pada rangkaian sebesar I_2 dan besar faktor dayanya menjadi Cos ϕ_2 . Daya nyata yang masuk kedalam rangkaian akan tetap sama pada waktu faktor daya Cos ϕ_2 dan pada faktor daya Cos ϕ_1 . Jadi dengan adanya kapasitor ini yang makin kurang ialah daya butanya, atau arus yang mengalir dalam rangkaian.

Kekurangan arus ini adalah sebesar arus kapasitor

$$I_c = I_1 \sin \phi_1 - I_2 \sin \phi_2$$

$$\text{atau daya buta} \quad EI_c = E I_1 \sin \phi_1 - E I_2 \sin \phi_2$$

$$= P \operatorname{Tg} \phi_1 - P \operatorname{Tg} \phi_2$$

$$I_c = \frac{P (\operatorname{tg} \phi_1 - \operatorname{tg} \phi_2)}{E}$$

$$2\pi fCE = I_c \rightarrow C = \frac{P (\operatorname{tg} \phi_1 - \operatorname{tg} \phi_2)}{2\pi fE^2}$$

dimana: I_c = arus yang mengalir pada kapasitor

P = daya nyata yang terdapat pada rangkaian itu

f = frekuensi dari sumber yang masuk

C = kapasitas dari kapasitor

Kalau diperhatikan rumus diatas, maka kita akan mendapatkan bahwa besarnya kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya akan ditentukan oleh ;

Daya nyata, tegangan yang masuk, frekuensi dan sudut pasa.

F. Rangkaian Tiga Pasa

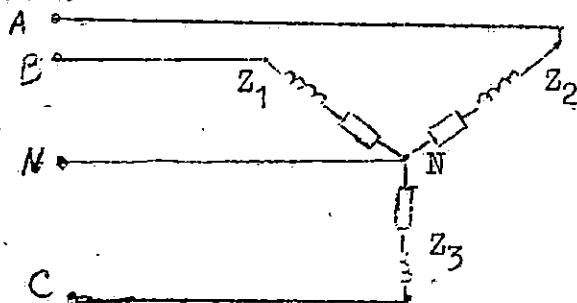
Rangkaian tiga pa sa ialah suatu rangkaian dimana rangkai- ini tersambung dengan sumber tiga pasa. Pasa satu dengan pasa yang lainnya berbeda sebesar 120° Listrik.

Dalam sistim tiga pasa dikenal adanya parameter-parameter pasa dan parameter-parameter len.

Sambungan dari pada sistim rangkaian tiga pasa ini dapat dibagi atas :

1. Hubungan bintang.

Hubungan tiga pasa ialah suatu hubungan dimana bebannya disambung berbentuk bintang, titik tengah dari bintang ini di katakan dengan titi nol (N). Ini disebabkan karena pada saat arus yang mengalir setiap cabang sama, maka arus dititik itu tidak ada.



Gbr.

Tegangan yang terdapat pada ujung-ujung bintang adalah yaitu E_{AB} ; E_{AC} ; E_{BC} dikatakan dengan tegangan len. Sedangkan tegangan yang terdapat antara ujung-ujung dengan titik bintang dikatakan tegangan pasa (E_{AN} ; E_{BN} ; E_{CN}). serta im pedansinya dikatakan impedansi pasa.

Setelah rangkaian bintang ini dihubungkan dengan sumber tiga pasa, maka setiap impedansi mengalir arus yang besarnya sama dengan perbedaan pasa dengan yang lainnya 120° listrik. (I_{p1} , I_{p2} , I_{p3})

Arus ini berasal dari len yang tidak terjadi penyimpangan, se hingga arus len akan sama besarnya dengan arus pasa.

$$I_l = I_p$$

Sedangkan tegangan yang terdapa antara lel dengan len tidak akan sama dengan tegangan pasa.

$$\vec{E}_{AB} = \vec{E}_{p1} - \vec{E}_{p2}$$

$$E_I = \sqrt{E_{p1}^2 + E_{p2}^2 + E_{p1}E_{p2}\cos 120}$$

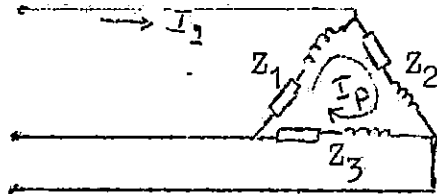
$$E_I = E_p \sqrt{3}$$

Daya yang terdapat dalam rangkaian ini adalah daya pasa dan daya tiga pasa. Daya untuk tiga pasa sama dengan 3 kali dari daya satu pasa.

$$\begin{aligned} P &= 3 I_p E_p \cos \varphi \\ &= I_1 E_1 \cos \varphi \sqrt{3} \end{aligned}$$

2. Hubungan segi-tiga

Hubungann segi tiga ialah hbungan dari rangkaian tiga impedansi yang bentuknya segi tiga.



Gbr.

Dalam hubungan ini tidak terdapat titik pertemuan antara ketiga impedansi ini. Dengan kata lain dalam hubungan segi tiga ini tidak terdapat titik nol.

Tegangan antara len dengan len akan sama dengan tegangan pasa (E_p), Sedangkan arus yang mengalir di pasa tidak akan sama besarnya. Ini disebabkan karena pada titik pertemuan impedansi arus akan bercabang dua, tapi arus ini berbeda pasa sebesar 120° listrik. Sehingga arus len dapat dibandingkan dengan arus pasa I_p

$$I_1 = I_p \sqrt{3}$$

Arus dan tegangan akan menimbulkan daya pada rangkaian sebesar

$$\begin{aligned} P &= 3 I_p E_p \cos \varphi \\ &= E_1 I_1 \sqrt{3} \cos \varphi \end{aligned}$$

Selain daya nyata yang dalam rangkaian masih terdapat daya semu dan daya buta.

Besar daya ini adalah :

Daya semu = $E_1 I_1 = P_s$ dalam volt ampee

Daya buta = $P_b = E_1 I_1 3 \sin \phi$ (Volt Amper Reaktansi VAR)

3. Hubungan tiga pisa tidak seimbang

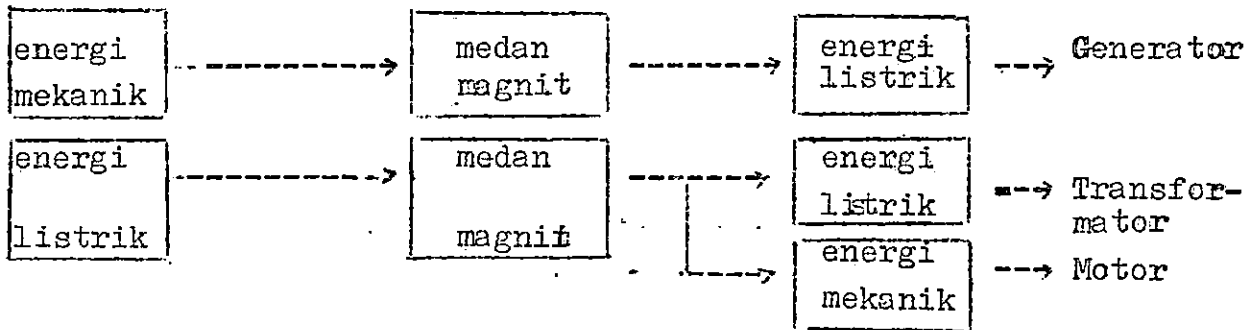
Dalam hubungan rangkaian tiga pisa akan ditemui juga adanya hubungan dari impedansi ini tidak seimbang. Yang dimaksud disini tidak seimbang ialah bila terjadinya perbedaan disetiap p isa.

Dengan terjadinya tidak seimbang ini maka terjadi pemikulan beban yang tidak sama oleh pisa-pisa, terjadinya perbedaan sudut pisa yang tidak lagi 120° antara pisa-pa sa.

Bial rangkaian itu tersambung swcara bintang maka pada peng hantar Nol akan mengalir arus.

MESIN LISTRIK

Mesin listrik ialah suatu alat yang dapat merubah suatu daya menjadi daya yang lain akibat pengaruh induksi magnet. Bila terjadi konversi energi dari energi mekanik menjadi energi listrik, maka alat ini dikatakan dengan Generator. Jika konversi energinya dari energi listrik menjadi energi mekanik, maka alat ini dikatakan dengan Motor Listrik. Dan jika konversinya dari energi Listrik menjadi energi Listrik maka alat ini dikatakan dengan Transformator. Jadi dalam hal ini medan magnet merupakan medium yang berfungsi untuk merubah energi suatu sistim ke sistem yang lain.



Prinsip terjadinya ggl didalam generator adalah dengan menggerak-gerakkan pengantar didalam medan magnet. Sebuah pengantar yang panjang efektifnya adalah sepanjang l digerakkan tegak lurus sejauh ds memotong medan magnet dengan kerapatan medan Induksi sebesar B, maka pada penghantar akan timbul perubahan fluksi yang dilingkupi oleh pengantar itu.

Dari hukum Faraday diketahui terjadinya ggl (gaya gerak listrik) adalah akibat pemotongan garis-gari gaya yang berubah besarnya di setiap perubahan wa ktu.

$$e = \frac{d\phi}{dt} \text{ volt.}$$

$$= \frac{Bl ds}{dt} \text{ volt}$$

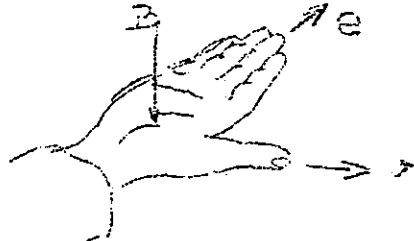
Karen ds/dt adalah sama dengan kecepatan bergerak pengantar, maka besarnya ggl yang timbul dapat ditulis

$$e = Blv \text{ Volt}$$

621-3
Nur
di

Untuk menentukan dari arah ggl yang timbul dapat ditentukan dengan kaedah tangan kanan Fleming. Kaedah ini berbunyi.

Apabila tangan kanan diletakkan sedemikian rupa, sehingga telapak tangan ditembus oleh medan magnet, ibu jari yang membuat sudut 90° terhadap jari yang lain dan arah garis gaya, maka arah jadi tangan akan ditunjukkan oleh jari tengah.



Gbr. kaedah tangan kanan

Didalam mesin listrik energi mekanik yang menimbulkan ggl itu ada energi yang berputar. Dengan adanya putaran ini, maka akan timbul perubahan pemotongan garis-garis gaya disetiap perubahan waktu. Perubahan inilah yang menimbulkan ggl.

Jika suatu pengantar berputar didalam suatu medan, maka akan terjadi perubahan sudut antara pengantar dengan dengan garis normal. Disaat bidang pengantar sejajar dengan garis normal, pengantar akan memotong garis gaya yang paling besar dan bila pengantar tegak lurus dengan garis normal garis gaya yang dipotongnya adalah sama dengan nol.

Jadi fluks yang dipotong setiap saat adalah

$$\Phi = \Phi_m \cos \omega t$$

dengan pemotongan fluks sesaat seperti rumus diatas, maka akan timbul ggl lawan sebesar

$$e = E_m \sin \omega t.$$

Ggl yang timbul akibat dari perputaran pengantar dalam medan diambil dengan cincin seret (slip ring). Agar supaya tidak memasilip ring, maka dibuatlah mesin listrik yang berputar tidak lagi pengantar tapi kutubnya. Ggl yang terjadi pada pemutaran kutub ini sama saja dengan pengantar yang berputar. Hanya saja untuk arah ggl yang sama arah putarannya dibalikkan.

Pada perubahan energi listrik menjadi energi mekanik akibat adanya pengaruh induksi magnet dinamakan motor listrik.

Prinsip timbulnya gaya terhadap suatu penghantar ialah dengan jalan meletakkan penghantar itu dalam medan magnet dan didalam penghantar itu mengalir arus listrik.

Besar gaya yang bekerja terhadap penghantar itu akan ditentukan oleh besarnya arus yang mengalir dalam penghantar, besarnya medan tempat penghantar yang berarus serta panjangnya penghantar didalam medan. Bila arus yang mengalir sebesar I , penghantar berada didalam medan yang mempunyai kuat medan induksi sebesar B dan panjangnya penghantar yang berada dalam medan sebesar l , maka pada penghantar itu akan bekerja gaya sebesar

$$F = BIl \text{ Newton.}$$

Arah gaya itu ditentukan dengan kaedah tangan kiri, jika tangan kiri diletakkan sedemikian rupa, sehingga telapak tangan ditentus oleh garis-garis gaya, sedangkan jari tengah menunjukkan arah arus, maka ibu jari menunjukkan arah gaya yang timbul.

Penghantar yang berada dalam medan ini biasanya terletak didalam alur dari rotor, yang mana rotor ini mempunyai jari-jari sebesar r , akibat ini akan timbul Kopel (T) sebesar

$$T = F r$$

karena $F = BIl$, maka $T = BIlr \text{ N.m}$

Kopel yang timbul ini adalah merupakan hasil perubahan energi listrik menjadi energi mekanik.

A. Mesin Arus Searah

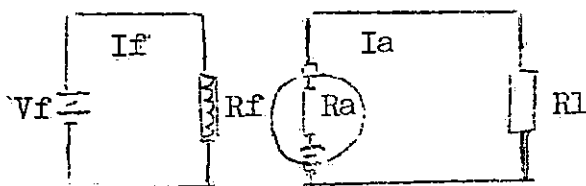
Mesin listrik arus searah ialah suatu alat dimana energi yang masuk atau yang keluar dari alat ini merupakan energi listrik arus searah.

1. Generator arus searah.

Biasanya generator arus searah ini fluksinya berasal dari fluksi dari medan magnet buatan, Medan buatan ini berasal dari pengaliran arus listrik kedalam gulungan medan, Untuk memasukkan arus ini kedalam gulungan medan dapat dilakukan dengan dua cara.

a. Generator berpenguat bebas (terpisah)

Generator yang berpenguat terpisah ialah suatu generator dimana arus yang mengalir dalam gulungan penguat berasal dari sumber dari luar (Battery)



Gbr.

Kumparan medan yang mempunyai tahanan sebesar R_f dihubungkan dengan sumber sebesar V_f , maka pada gulungan medan mengalir arus sebesar I_f . Arus yang mengalir ini akan menimbulkan medan magnet yang akan dipotong oleh pengantar.

Bila generator ini dihubungkan dengan beban sebesar R_L , maka dari generator akan mengalir arus sebesar I_L . Arus I_L ini akan masuk kedalam lilitan jangkar yang mempunyai tahanan sebesar R_a . Dengan adanya tahanan pada gulungan akan terjadi penurunan tegangan dari tegangan yang ditimbulkan oleh lilitan jangkar.

Penurunan tegangan ini akan menyebabkan tegangan beban makin kecil

$$V_L = E - I_L R_a$$

karena adanya sikat untuk mengambil ggl yang terjadi dan sikat ini mempunyai tahanan pula, maka akan terjadi pula kerugian tegangan pada sikat sebesar $2e_b$, sehingga tegangan jepit (tegangan beban) menjadi berkurang kembali dan besarnya menjadi

$$V_L = E - I_L R_a - 2 e_b$$

dimana : V_L = tegangan yang terdapat beban

E = Ggl yang timbul dalam generator

R_a = Tahanan jangkar

$I_L = I_a$ = arus yang mengalir dalam rangkaian

b. Generator berpenguat sendiri

Generator yang berpenguat sendiri ialah suatu generator dimana arus yang mengalir kedalam gulungan penguat berasal dari generator itu sendiri.

Generator ini akan menimbulkan adanya variasi arus yang mengalir dalam gulungan penguat akibat terjadinya perubahan beban.

Generator ini dapat dibagi atas;

1). Generator seri

Generator seri ialah suatu generator dimana lilitan penguat medan tersambung secara seri dengan lilitan jangkar.

Arus yang mengalir disetiap komponen akan sama besarnya, baik arus beban, arus jangkar ataupun arus pada lilitan penguat

$$I_1 = I_a = I_{fs}$$

$$V_1 = I_1 R_1$$

$$\text{Jadi } E = V_1 + I_a (R_a + R_{fs})$$

2). Generator Shunt

Generator shunt ialah suatu generator dimana lilitan penguat medan dihubungkan paralel dengan lilitan jangkar. Arus yang keluar dari lilitan jangkar akan dibagi dua sesudah melewati sikat menjadi arus I_1 (arus Beban) dan arus yang mengalir dalam lilitan penguat (I_{fp})

$$\text{Jadi : } I_a = I_{fp} + I_1$$

$$\text{dan } V_1 = I_{fp} R_{fp}$$

$$\text{sehingga } E = V_1 + I_a R_a = I_a R_a + I_{fp} R_{fp}$$

dimana R_{fp} = tahanan yang terdapat dalam medan Shunt

I_{fp} = arus penguat Shunt

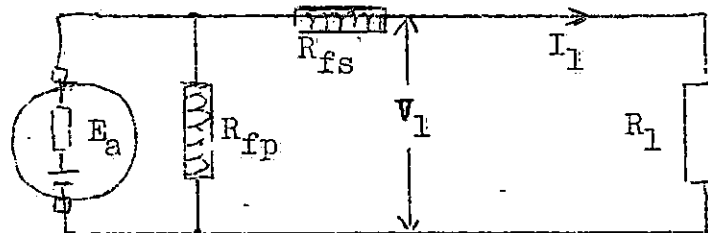
I_1 = arus yang mengalir pada beban

3). Generator kompon

Generator kompon ialah suatu generator dimana lilitan penguat dari generator itu terdiri dari dua buah lilitan penguat, yaitu lilitan seri dan lilitan penguat shunt.

Untuk menghubungkan lilitan-lilitan ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

Kompon Pendek, dimana lilitan penguat shunt dihubungkan diantara sikat dari generator dan lilitan medan serinya diserikan dengan beban.



Gbr.

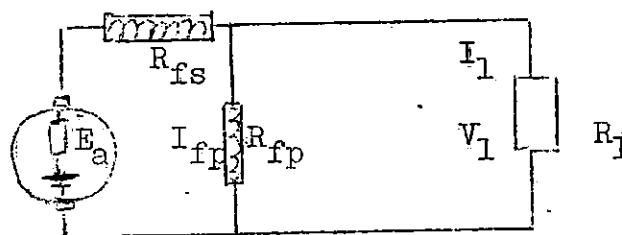
Besarnya arus yang mengalir pada jangkar ialah sebesar

$$I_a = I_{fp} + I_L$$

Sedangkan tegangan sumber (ggl) yang terjadi

$$E = V_L + I_L R_{fs} + I_a R_a$$

Kompon panjang, dimana lilitan penguat shunt dihubungkan sesudah lilitan penguat seri, dan lilitan seri dihubungkan seri dengan lilitan jangkar.



Gbr.

Arus yang mengalir didalam lilitan penguat seri akan sama besarnya dengan arus yang mengalir pada jangkar.

Dan arus jangkar itu adalah merupakan penjumlahan arus medan shunt dengan arus beban.

$$I_a = I_{fs} = I_{fp} + I_l$$

$$E = V_l + I_a (R_a + R_{fs})$$

2. Motor arus searah

Motor arus searah ialah suatu motor dimana arus listrik yang masuk kedalam motor itu adalah arus searah.

Pada prinsipnya mesin arus searah dapat berlaku sebagai generator maupun motor. Perbedaannya hanya terletak dalam konversi energinya saja. Jadi kalau pada generator tegangan jepit - nya merupakan keluaran, tapi sebagai motor tegangan ini sebagai tegangan masukkan. Ggl lawan yang terjadi dalam generator merupakan sumber energi listrik yang akan dihubungkan dengan beban. Sedangkan ggl lawan yang terjadi dalam motor adalah merupakan sumber energi mekanik, dimana dengan adanya ggl lawan akan menimbulkan putaran pada motor.

Kecepatan putaran motor akan ditentukan oleh Gll lawan yang besarnya

$$n = \frac{E}{c \phi} \quad \text{r/m}$$

Sedangkan besarnya ggl lawan ditentukan oleh besarnya tegangan sumber yang dimasukkan.

Untuk motor Shunt

$$E = V_l - I_a R_a$$

Untuk motor Seri ggl lawan yang timbul besarnya

$$E = V_l - I_a (R_a + R_{fs})$$

Ggl yang terdapat pada motor kompon pendek ialah

$$E = V_l - I_a R_a - R_{fs} (I_{fp} + I_a)$$

$$I_{fs} = I_{fp} + I_a$$

Untuk motor kompon panjang akan sama dengan motor seri.

Untuk merubah kecepatan dari motor arus searah dapat dilakukan dengan dua jalan.

a. Merubah dengan merubah Tegangan yang masuk

Dengan merubah tegangan yang masuk kedalam motor berart merubah dari ggl lawan yang timbul. Jika tegangan yang masuk dinaikan maka kecepatan juga akan menjadi naik. Kecepatan dari motor berbanding lurus dengan ggl lawan.

b. Merubah kecepatan dengan merubah fluks magnet.

Dengan merubah arus yang masuk kedalam lilitan medan, maka akan terjadi perubahan besarnya fluks magnet. Perubahan fluks ini akan menyebabkan perubahan dari putaran motor. Makin besar fluks magnet maka kecepatan akan makin turun jika arus yang masuk kedalam makin kecil, maka kecepatan dari motor akan makin besar. Kecepatan motor tidaklah merupakan perbandingan lurus dengan fluks magnet. Tapi akan membentuk grafik, yang mana grafiknya adalah merupakan grafik kemagnetan. Ini disebabkan oleh karena grafik arus dan fluksi tidaklah merupakan garis lurus.

Jika hendak menjalankan motor arus searah yang penting diperhatikan ialah harus memasukkan medan magnetnya terlebih dahulu sebelum memasukkan tegangan yangkannya. Apabila ini tidak dilakukan akan bisa menyebabkan terjadinya lilitan jangkar terbakar, karena pada saat itu tidak akan timbul kopel akibat tidak adanya medan magnet. Kopel akan timbul akibat adanya arus, ada pengantar dan harus ada fluks magnet.

Kalau hendak mematikan motor arus searah harus pula diperhatikan matikanlah tegangan yang masuk ke motor terlebih dulu baru dimatikan arus fluks medannya. Jika dimatikan arus medan terlebih dahulu, maka akan timbul kecepatan motornya akan naik. Ini disebabkan oleh karena arus medan sama dengan nol, fluks magnet yang berada dalam motor hanya sebesar medan magnet tinggal saja,

Untuk merem motor dapat dilakukan dengan jalan menghubungkan pendek kedua ujung input yang telah dilepaskan dari sumber.

B. Mesin Arus Bolak-balik

Mesin arus bolak-balik ialah suatu mesin dimana tegangan listrik yang masuk atau yang keluar adalah arus bolak-balik. Seperti juga mesin arus searah, mesin arus bolak-balik dapat di bagi atas Generator dan motor.

1. Generator AC

Generator arus bolak-balik ialah suatu mesin dimana alat ini menghasilkan energi listrik arus bolak-balik. Arus yang di keluarkan oleh generator ini mempunyai frekuensi sebesar f Hz yang ditimbulkan oleh banyaknya kutub dan kecepatan berputarnya rotor.

$$f = \frac{n P}{120} \text{ Hz}$$

dimana : f = frekuensi

n = kecepatan berputarnya rotor

P = jumlah kutub

Generator arus bolak-balik biasanya mempunyai kutub dalam, dimana lilitan jangkar yang menghasilkan ggl berada diluar (Stator).

Untuk mencari tegangan yang timbul didalam gglungan ditentukan oleh faktor lilitan, jumlah lilitan, faktor efektif (1,1) dan besarnya medan magnet yang dipotong.

$$E = 4 f \cdot f_v f_w \cdot \Phi \cdot N \cdot 10^{-8} \text{ Volt.}$$

dimana : E = tegangan yang dihasilkan

f = frekuensi yang timbul

f_v = faktor efektif

f_w = faktor lilitan

Φ = fluks magnet

N = jumlah lilitan

Karena $f = n P / 120$, dan $N = 2 Z$

$$E = 4,44 \frac{n P}{120} f_w N \Phi \cdot 10^{-8}$$

$$E = 4,44 \frac{n P}{60} f_w Z \Phi \cdot 10^{-8}$$

dimana ; Z = jumlah batang kawat setiap jangkar.

Tegangan yang dikeluarkan oleh suatu generator fasa tunggal (V_1) adalah berdasarkan dari pada ggl yang dihasilkan generator dikurangi dengan kerugian yang terdapat didalam lilitan jangkar. Karena pada generator arus bolak-balik arus yang mengalir pada lilitan biasanya tidak sefasa dengan tegangan yang keluar, maka pengurangan tegangan ini bukanlah merupakan pengurangan aljabar biasa tapi merupakan pengurangan vektor. Akibat adanya pergeseran fasa tersebut maka akan timbul suatu faktor daya ($\cos \varphi$) yang lebih kecil dari satu. Untuk menentukan tegangan yang dikeluarkan oleh generator harus pula berdasarkan beban yang dihubungkan. Bila bebannya tahanan murni atau induktif, maka

$$E = (V_1 \cos \varphi + IR)^2 + (V_1 \sin \varphi + IX)^2$$

dimana ; E = ggl yang dihasilkan generator

V_1 = tegangan yang dikeluarkan (Tegangan jepit)

IR = Tegangan yang hilang pada tahanan jangkar

IX = Tegangan yang hilang pada reaktansi induktif
= sudut pergeseran fasa (beda fasa)

Bila bebannya bersifat kapasitif, maka rumusnya

$$E = (V_1 \cos \varphi + IR)^2 + (V_1 \sin \varphi - IX)^2$$

Tegangan yang dikeluarkan oleh generator akan terjadi perbedaan dengan ggl yang ditimbulkannya. Perbedaan ggl yang ditimbulkan dengan tegangan yang dikeluarkan dibandingkan dengan tegangan yang keluar dinamakan Voltage Regulasi (V_R)

Besarnya Voltage Regulasi juga ditentukan oleh beban

Untuk beban Induktif Bertanda Positif dan untuk beban Kapasitif bertanda Negatif.

$$V_R = \frac{E - V_1}{V_1} \times 100 \%$$

Ccontoh Soal

Sebuah Generator satu pаса, yang berkutub 4 berputar dengan kecepatan 1500 rpm, pada alur yang terdapat tiap kutub berisi 31 batang kawat, Generator ini dililit dengan faktor lilitan 0,8. Flux yang dipotong oleh pengantar paling besar $5 \cdot 10^5$ maxwell. Bila beban yang bersifat induktif dihubungkan maka generator mengeluarkan arus sebesar 10 A dan faktor daya $\cos \varphi = 0,8$.

Hitunglah tegangan yang dikeluarkan oleh generator, bila tahanan lilitan jangkar 2 Ohm, reaktansi lilitan jangkar 5

Jawab

$$\begin{aligned} Z &= P \cdot Z_p \\ &= 4 \cdot 31 \\ &= 124 \text{ batang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 4,44 \frac{n \cdot P}{60} f_w \varnothing_m Z \cdot 10^{-8} \\ &= 4,44 \frac{1500 \cdot 4}{60} 0,8 \cdot 5 \cdot 10^5 \cdot 124 \cdot 10^{-8} \\ &= 220,224 \text{ Volt} \\ &= 220 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$E = \sqrt{(V_1 \cos \varphi + IR)^2 + (V_1 \sin \varphi + IX)^2}$$

$\cos \varphi = 0,8 \quad \text{---} \quad \sin \varphi = 0,6$

$$48400 = (0,8 V_1 + 10 \cdot 2)^2 + (0,6 V_1 + 10 \cdot 5)^2$$

$$V_1^2 + 92 V_1 - 45500 = 0$$

dengan rumus ABC didapatkan

$$V_1 = \underline{\underline{172 \text{ Volt}}}$$

Generator Arus bolak-balik ini tidak hanya satu fasa saja, tetapi juga yang banyak generator tiga fasa. Untuk menghitung ggl yang dihasilkan oleh gulungan pisa sama dengan menghitung ggl yang dihasilkan oleh generator satu pisa. Faktor lilitan yang terdapat pada tiga pisa ini ada faktor distribusi (f_d) dan faktor langkah alur (f_p). Dalam hal ini perlu pula diketahui banyaknya alur yang dapat dijangkar generator itu.

$$f_d = \frac{\sin q \frac{\alpha}{2}}{q \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$f_p = \cos \frac{180 - \beta}{2}$$

$$G = q P m$$

dimana: α = sudut listrik antara alur dengan alur
 β = sudut antara langkah lilitan
 q = jumlah alur per kutub per fasa
 m = jumlah fasa
 P = jumlah kutub

Contoh soal :

Sebuah generator tiga pisa mempunyai 4 buah kutub dengan fluks = $2 \cdot 10^6$ maxwell, $q = 3$, $Z_g = 8$ batang, putaran rotornya 1500 rpm, lilitan diameter.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} G &= q \cdot P \cdot m \\ &= 3 \cdot 4 \cdot 3 \\ &= 36 \text{ alur.} \end{aligned}$$

tiap fasa terdiri dari Z_p batang kawat

$$Z_p = \frac{8 \cdot 36}{3} = \frac{288}{3}$$

$$Z_p = \underline{96} \text{ batang}$$

$$f_p = \cos \frac{180 - 180}{2} \quad (\text{lilitan diameter})$$

$$= 1$$

$$= \frac{P}{G} \cdot 180$$

$$= \frac{4}{36} \cdot 180^\circ = 20^\circ$$

$$f = \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{q \sin \frac{\beta}{2}}$$

$$= \frac{\sin \frac{3 \cdot 20}{2}}{3 \sin 20/2}$$

$$= 0,96$$

$$E = 4,44 f_d f_p \frac{n \cdot P}{120} \varnothing_m Z_p 10^{-8}$$

$$= 4,44 \cdot 0,96 \cdot 1 \cdot \frac{1500 \cdot 4}{120} \cdot 10^6 \cdot 10^{-8} \cdot 96$$

$$= 4,44 \cdot 0,96 \cdot 50 \cdot 10^{-2} \cdot 96$$

$$= \underline{\underline{204,59 \text{ Volt}}}$$

Untuk mengambil ggl yang dikeluarkan dari generator tidak dikeluarkan setiap fasa dengan dua kawat sambungan, tapi ggl fasa ini dihubungkan dengan beberapa cara :

a. Hubungan segi tiga (Δ)

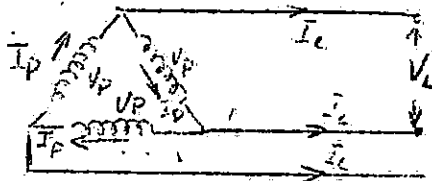
Hubungan segi tiga ialah suatu hubungan dari lilitan yang menghasilkan ggl di tiap fasa, dan bentuk dari hubungan ini berbentuk segi tiga.

Ggl yang dihasilkan oleh tiap gulungan berbeda fasa sebesar 120° listrik. Dan jika ggl yang dihasilkan ini dijumlahkan maka hasilnya akan sama dengan nol.

$$E_1 + E_2 + E_3 = 0$$

Pada hubungan segi tiga ini, kawat yang keluar adalah merupakan ujung-ujung dari lilitan pasa, maka akan didapatkan tegangan len akan sama dengan ggl pasa

$$V_{11} = E_{p1} \quad V_{12} = E_{p2} \quad V_{13} = E_{p3}$$

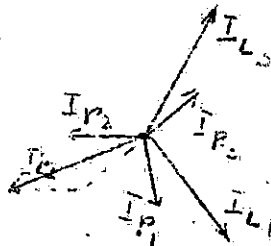


Untuk menghitung besarnya arus lennya dapatm digunakan hukum Kirchoff, dan penjumlahannya dijumlahkan secara vektor.

$$I_{L1} = I_{p1} - I_{p3}$$

$$I_{L2} = I_{p2} - I_{p1}$$

$$I_{L3} = I_{p3} - I_{p2}$$



Bila arus yang mengalir didalam setiap pasa sama besar dan mempunyai perbedaan pasa yang sama dengan ggl nya, maka akan didapat :

$$I_L = I_p \cdot \sqrt{3}$$

dimana : V_L = tegangan yang keluar dari generator

E_p = ggl yang timbul dalam setiap pasa

I_L = arus yang mengalir disetiap len

I_p = arus yang mengalir pada lilitan fasa

Seperti juga dengan generator satu fasa yang mana antara arus dan tegangan akan membuat pergeseran pasa sebesar (φ), yang akan menimbulkan adanya faktor daya $\cos \varphi$.

Dengan adanya pergeseran fasa disetiap paha ini maka daya se-
tiap paha akan sama :

$$P_{p1} = I_{p1} E_{p1} \cos \psi_1$$

$$P_{p2} = I_{p2} E_{p2} \cos \psi_2$$

$$P_{p3} = I_{p3} E_{p3} \cos \psi_3$$

Daya yang dikeluarkan oleh generator ini menjadi penjumlahan
dari tiap-tiap fasa ini.

$$P = P_{p1} + P_{p2} + P_{p3}$$

Jika beban yang dikeluarkan dari ketiga fasa ini sama, maka

$$\begin{aligned} P &= 3 P_p \\ &= 3 I_p E_p \cos \psi \end{aligned}$$

karena : $E_p = V_1$ dan $I_l = I_p \sqrt{3}$

maka
$$P = 3 \frac{I_l}{\sqrt{3}} V_1 \cos \psi$$

Daya yang didapat dari rumus diatas disebut daya nyata dengan
satua Watt. Sealin dari daya ini masih ada lagi daya lain ya-
itu daya semu (P_s) dan daya buta dengan satuan watt buta
(VAR).

$$P_s = V_1 I_l \sqrt{3}$$

dan

$$P_b = V_1 I_l \sqrt{3} \sin \psi$$

dimana : P = daya nyata

P_s = daya semu dalam VOLT AMPER

P_b = daya buta dalam VAR

Daya buta ini adalah daya yang dipergunakan oleh Reaktansi.

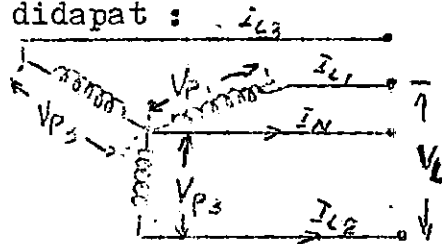
b. Hubungan bintang (Y)

Hubungan bintang ialah suatu hubungan dari gulungan fasa dari mesin tigs fasa yang bentuknya berbentuk bintang Untuk gHubungan ini akan terdapatnya kawat nol. Dimana kawat ini diperdapat dari titik pertemuan ketig gulungan itu Seperti juga dengan hubungan segi tiga, maka pada hubungan bintang arus yang keluar dari likitan fasa akan langsung mengalir kedalam len yang akan didapat :

$$I_{p1} = I_{l1}$$

$$I_{p2} = I_{l2}$$

$$I_{p3} = I_{l3}$$



Karena arus yang mengalir didalam ketiga fasa ini akan sama dan berbeda fasa 120° listrik bila beban seimbang, maka kalau arus ini kita jumlahkan yang menghasilkan arus yang mengalir dalam kawat nol yang besarnya sama dengan nol. Sedangkan tegangan yang dihasilkan oleh gulungan fasa tidak sama besarnya dengan tegangan yang dikeluarkann oleh len. Ya ngmana besarnya tegangan len adalah

$$V_l = E_{p1} - E_{p2}$$

$$V_l = E_p \sqrt{3}$$

Untuk daya dari hubungan ini seperti juga dengan hubungan segi tiga

$$\begin{aligned} P &= 3 I_p E_p \cos \varphi \\ &= V_l I_l 3 \cos \varphi \end{aligned}$$

dan

$$P_s = V_l I_l \sqrt{3}$$

$$P_b = V_l I_l \sqrt{3} \sin \varphi$$

Jika diperhatikan daya pada bintang ini akan sama saja dengan daya dari hubungan segi tiga.

DAFTAR BACAAN

1. Zuhail Dasar Tenaga Listrik. Penerbit ITB Bandung tahun 1980
2. F. Soeryatmo , Teknik Listrik, Motor dan Generator Arus Bolak
Balik I Pengetahuan praktis untuk praktek, Guna
Dharma, Jakarta 1974.
3. V.V. Ngoger & Nefekke INC, Listrik Teor & Praktek Jilid 1s/d5
Ghalia Indonesia , Jakarta 1977.
4. M. Afandi dan Agus Ponijo Ilmu Listrik Jilid 1 dan 2 , Dep. P dan K.
Jakarta 1978.
5. Suernarno dan Bambang Soepatah Mesin Listrik, Dep. P dan K , Jakarta 1978.