

TOPIK 12

MESIN ARUS SEARAH

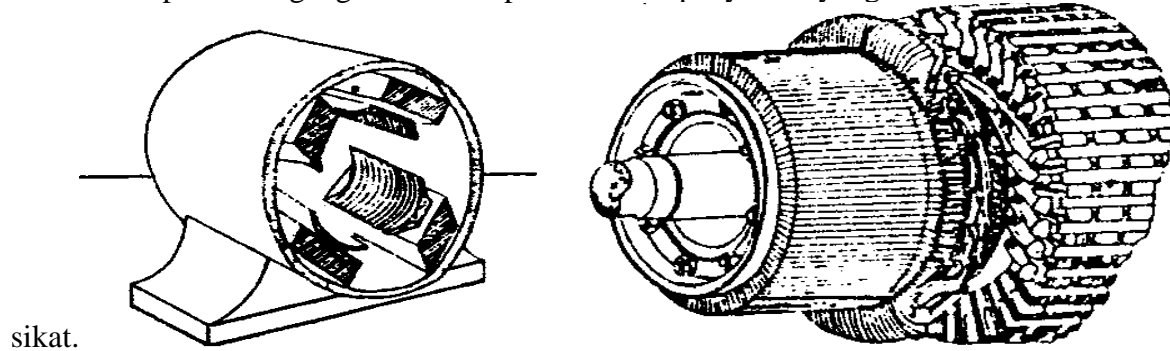
Suatu mesin listrik (generator atau motor) akan berfungsi bila memiliki:

- (1) kumparan medan, untuk menghasilkan medan magnet;
- (2) kumparan jangkar, untuk mengimbaskan ggl pada konduktor-konduktor yang terletak pada alur-alur jangkar; dan
- (3) celah udara, yang memungkinkan berputarnya jangkar dalam medan magnet.

Pada mesin arus searah, kumparan medan yang berbentuk kutub sepatu merupakan stator (bagian yang tidak berputar), dan kumparan jangkar merupakan rotor (bagian yang berputar): lihat Gambar 1. Bila kumparan jangkar berputar dalam medan magnet, akan dibangkitkan tegangan (ggl) yang berubah-ubah arah setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik:

$$e = E_{\text{maks}} \sin wt$$

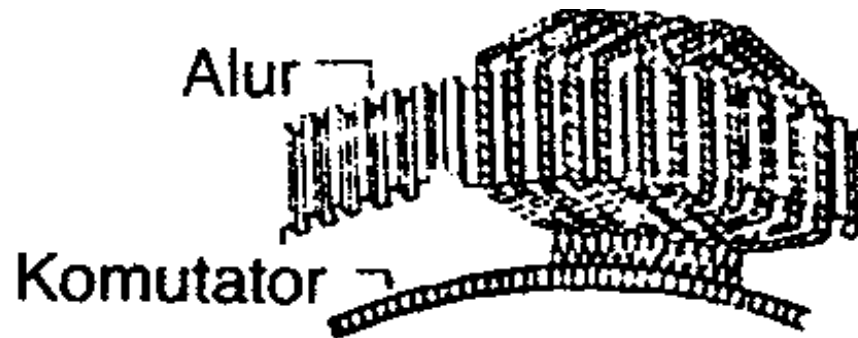
Untuk memperoleh tegangan searah diperlukan alat penyearah yang disebut komutator dan



sikat.

Medan stator 4 kutub

Belitan



RUMUS DASAR

Berdasarkan teori elektromagnetik, dapat diturunkan tiga rumus dasar untuk mesin arus searah ini, yaitu tegangan induksi, kecepatan dan kopel elektromagnetik

Tegangan Induksi

Untuk tegangan induksi, berlaku hubungan:

$$E_o = Cn \text{ volt}$$

$\langle \rangle$ = fluks/kutub

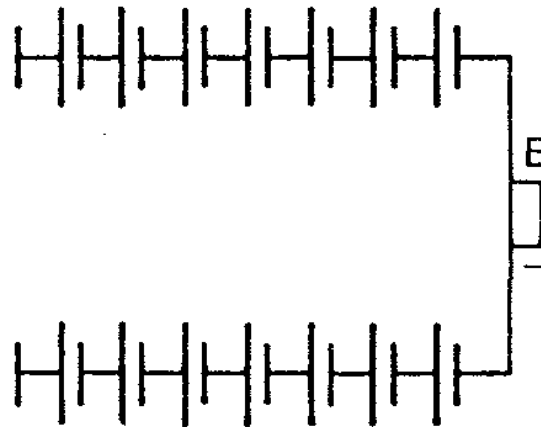
n = putaran (rpm)

$C = (p/a) \times (Z/60) = \text{konstanta}$

p = jumlah kutub

a = jalur paralel konduktor jangkar

Z = jumlah konduktor jangkar



Kecepatan

Rumus untuk kecepatan ini sebenarnya diturunkan dari rumus untuk tegangan induksi dan merupakan kecepatan motor tanpa beban yaitu:

$$n = E_a / C\phi.$$

Pengaturan kecepatan dapat dilakukan dengan mengubah E_o atau ϕ .

Kopel Elektromagnetik

$$T = CI_a\phi$$

ϕ = fluks/kutub

I_a = arus jangkar

C = konstanta

Kopel elektromagnetik ini tidak sama dengan kopel yang terdapat pada sumbu.

Dengan mengurangi kopel geser barulah didapat harga kopel pada sumbu.

Hubungan lain antara kopel elektromagnetik dengan daya mekanik yaitu:

$$E_a I_a = T W_m$$

$W_m = 2\pi n/60 =$ kecepatan sudut

GENERATOR ARUS SEARAH

Berdasarkan cara memberikan fluks pada kumparan medannya, generator arus searah dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu generator berpenguatan bebas dan generator berpenguatan sendiri.

Generator Berpenguatan Bebas

Tegangan searah yang dipasangkan pada kumparan medan yang mempunyai tahanan R_f akan menghasilkan arus I_f dan menimbulkan fluks pada kedua kutub. Tegangan induksi akan dibangkitkan pada generator. Jika generator dihubungkan dengan beban, dan R_a adalah tahanan dalam generator, maka hubungan yang dapat dinyatakan adalah

$$V_f = I_f R_f$$

$$E_a = V_t + I_a R_a$$

Generator Berpenguatan Sendiri

Generator ini terdiri atas generator searah seri dan generator

shunt. Untuk

generator searah seri berlaku hubungan :

$$V_t = I_a R_a$$

$$E_a = I_a (R_a + R_f) + V_t$$

Untuk generator shunt berlaku hubungan.

$$V_t = I_f R_f$$

$$E_a = I_a R_a + V_t$$

Generator Kompon

Generator ini terdiri atas generator kompon panjang dan generator kompon pendek. Untuk generator kompon panjang berlaku hubungan :

$$I_a = I_{f1} = I_L + I_{f2}$$

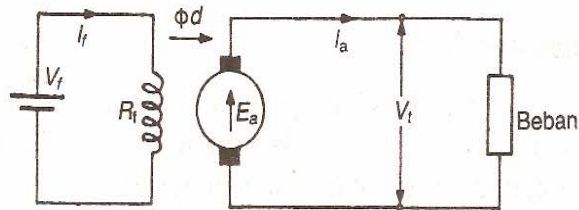
$$E_a = V_t + I_a(R_a + R_{f1})$$

Untuk generator

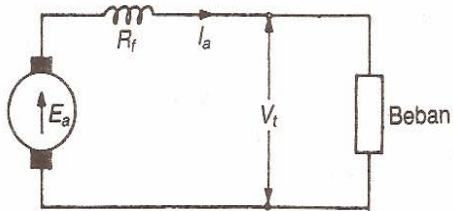
kompon pendek berlaku hubungan:

$$I_a = I_{f1} + I_{f2} = I_L + I_{f2}$$

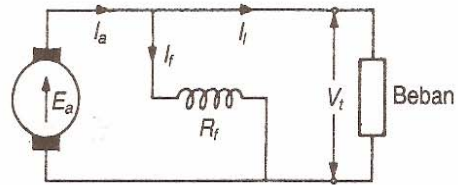
$$E_a = V_t + I_L R_{f1} + I_a R_a$$



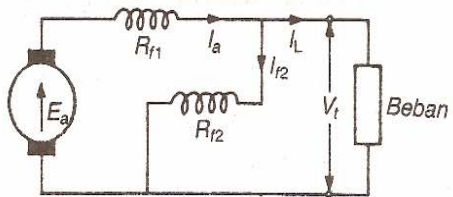
Gambar 6.9



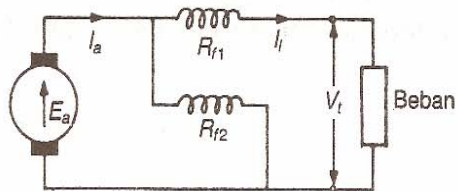
Gambar 6.10



Gambar 6.11



Gambar 6.12



Gambar 6.13

MOTOR ARUS SEARAH

Pada prinsipnya mesin listrik dapat berlaku sebagai motor maupun sebagai generator. Perbedaannya hanya terletak dalam konversi dayanya. Generator adalah suatu mesin listrik yang mengubah daya masuk mekanik menjadi daya keluar listrik, sedangkan sebaliknya motor mengubah daya masuk listrik menjadi daya keluar mekanik. Maka dengan membalik generator arus searah. di mana sekarang tegangan V_t menjadi sumber dan tegangan jangkar E_a merupakan ggl lawan, mesin arus searah ini akan berlaku sebagai motor. Oleh karena itu, hubungan antara tegangan V_t dan E_a dapat dituliskan sebagai:

$$E_a = V_t - I_a R_a$$

KARAKTERISTIK KECEPATAN-KOPEL

Untuk motor arus searah berlaku hubungan:

$$V_t = E_a + I_a R_a$$

$$E_a = C n \phi$$

$$n = \frac{V_t - I_a R_a}{C \phi}$$

Dari persamaan terakhir di atas dapat dilihat, bahwa pada motor shunt bertambahnya kopel (artinya arus jangkar bertambah besar) mengakibatkan kecepatan (n) menurun. Pada motor seri, bertambahnya kopel (arus) akan menyebabkan pula bertambahnya harga fluks (ϕ), karena fluks pada motor seri merupakan fungsi arus jangkar (I_a). Dari rangkaian motor seri terlihat bahwa untuk harga arus jangkar sama dengan not harga fluks juga not sehingga dari persamaan terakhir di atas diperoleh harga n menuju tak

terhingga. Sedangkan untuk harga f_a yang cukup besar, harga n pada persamaan di atas akan mendekati nol:

PENGATURAN KECEPATAN

Pengaturan kecepatan memegang peranan penting dalam motor arus searah, karena motor arus searah mempunyai karakteristik kopel-kecepatan yang menguntungkan dibandingkan dengan motor lainnya. Telah diketahui bahwa untuk motor arus searah dapat diturunkan rumus sebagai berikut:

$$E_a = Cn\phi$$

$$E_a = V_t - I_a R_a$$

$$n = \frac{V_t - I_a R_a}{C\phi}$$

PENGEREMAN

Suatu motor listrik dapat berhenti dengan adanya geseran yang terjadi. Tetapi tentu saja hal ini membutuhkan waktu yang lama. Untuk dapat menghentikan motor dalam waktu yang relatif singkat dilakukan pengereman. Ada tiga jenis pengereman yaitu pengereman dinamik, pengereman regeneratif, dan pengereman mendadak.

RUGI DAN EFISIENSI DALAM MESIN ARUS SEARAH

Rugi yang terjadi dalam mesin arus searah adalah

- (1) Rugi besi, yang terdiri atas rugi histeresis dan rugi 'arus eddy'.
- (2) Rugi listrik yang dikenal sebagai rugi tembaga (I^2R).
- (3) Rugi mekanik yang terdiri at as rugi geser pada sikat, rugi geser pada sumbu, dan rugi angin.
- (4) Aliran daya untuk mesin arus searah yang terlihat pada gambar. Di sini

digambarkan aliran daya untuk motor, sedangkan untuk generator aliran daya adalah sebaliknya

QUIZ

1. Generator kompon panjang 4 kutub mempunyai kemampuan (*rating*) 500 V, 25 kW pada keadaan beban penuh. Jika tahanan jangkar 0.03n, tahanan medan seri 0,040, dan tahanan medan shunt 2000, tentukanlah gay a gerak listrik generator tersebut. bila tegangan jatuh pada sikat 1 volt/sikat.
2. Kemampuan generator shunt adalah 24 kW pada tegangan nominal 200 volt. Jika tahanan jangkar dan tahanan medan shunt berturut-turut 0.050 dan 400. tentukanlah efisiensi keseluruhannya jika rugi-rugi gesekan dan rugi-rugi besi sarna dengan rugi tembaga pada keadaan beban tersebut.