

BAB II

GENERATOR SINKRON

2.1. Umum

Konversi energi elektromagnetik yaitu perubahan energi dari bentuk mekanik ke bentuk listrik dan bentuk listrik ke bentuk mekanik. Generator sinkron (altenator) merupakan jenis mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan bolak - balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis diperoleh dari putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak mula (prime mover), sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya.

Generator sinkron dengan definisi sinkronnya, mempunyai makna bahwa frekuensi listrik yang dihasilkannya sinkron dengan putaran mekanis generator tersebut. Rotor generator sinkron yang di putar dengan penggerak mula (prime mover) yang terdiri dari belitan medan dengan suplai arus searah akan menghasilkan medan magnet putar dengan kecepatan dan arah putar yang sama dengan putaran rotor tersebut. Hubungan antara medan magnet pada mesin pada mesin dengan frekuensi listrik pada stator ditunjukkan pada persamaan 1 dibawah ini :

$$f = \frac{n \cdot P}{120} \dots\dots\dots 1$$

Dimana :

f : Frekuensi listrik (Hz)

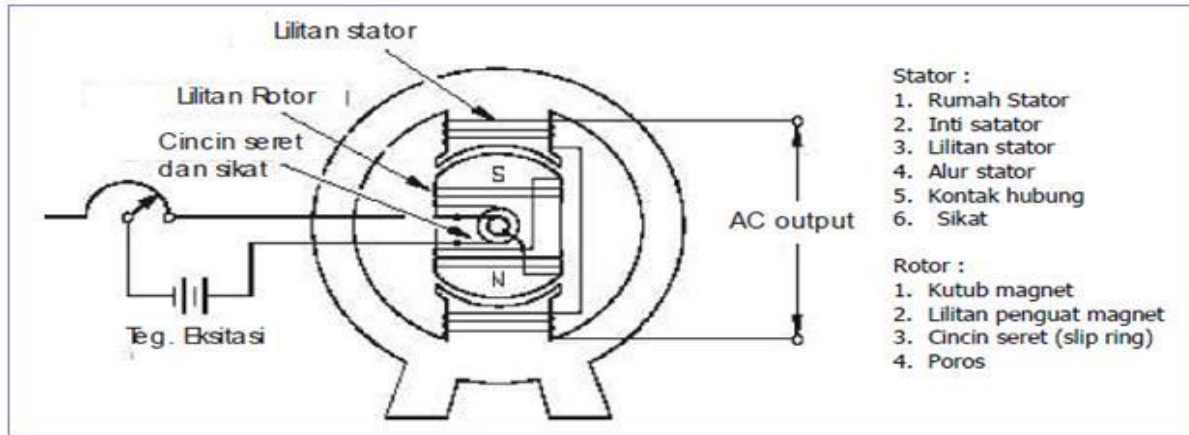
n : Kecepatan putar medan magnet atau kecepatan putar rotor (rpm)

P : Jumlah kutub

Generator sinkron sering kita jumpai pada pusat - pusat pembangkit tenaga listrik (dengan kapasitas yang relatif besar). Misalnya pada PLTA, PLTU, PLTD dan lain - lain. Selain generator dengan kapasitas besar, kita mengenal juga generator dengan kapasitas yang relatif kecil, misalnya generator yang digunakan untuk penerangan darurat yang seiring yang disebut generator set atau generator cadangan.

2.2. Komponen Generator Sinkron

Generator sinkron mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik bolak - balik secara elektromagnetik. Energi mekanik berasal dari penggerak mula yang memutar rotor, sedangkan energi listrik dihasilkan dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan - kumparan stator.



Gambar 2.1. Kontruksi generator sinkron

Secara umum generator sinkron terdiri atas stator, rotor, dan celah udara. Stator merupakan bagian dari generator sinkron yang diam sedangkan rotor adalah bagian yang berputar dimana diletakkan kumparan medan yang disuplai oleh arus searah dari eksiter. Celah udara adalah ruang antara stator dan rotor.

2.2.1. Stator

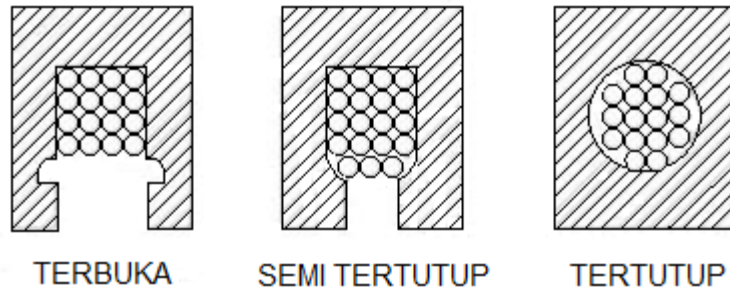
Stator terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu :

a. Rangka Stator

Rangka Stator merupakan rumah (kerangka) yang menyangga inti jangkar generator.

b. Inti Stator

Inti stator terbuat dari laminasi - laminasi baja campuran atau besi magnetik khusus yang terpasang ke rangka stator. Ketiga bentuk alur (slot) tersebut tampak seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.2. Bentuk - bentuk alur

c. Alur (slot) dan gigi

Alur dan gigi merupakan tempat meletakkan kumparan stator.

Ada 3 (tiga) bentuk alur stator yaitu terbuka, setengah terbuka, dan tertutup.

d. Kumparan Stator (Kumparan Jangkar)

Kumparan jangkar biasanya terbuat dari tembaga. Kumparan ini merupakan tempat tinggalnya gaya gerak listrik induksi.

2.2.2. Rotor

Rotor terdiri dari tiga komponen utama yaitu :

a. Slip Ring

Slip ring merupakan cincin logam yang melingkari poros rotor tetapi dipisahkan oleh isolasi tertentu. Terminal kumparan rotor dipasangkan ke

slip ring ini kemudian dihubungkan ke sumber arus searah melalui sikat (brush) yang letaknya menempel pada slip ring.

b. Kumparan Rotor (kumparan medan)

Kumparan medan merupakan unsur yang memegang peranan utama dalam menghasilkan medan magnet. Kumparan ini mendapat arus searah dari sumber eksitasi tertentu.

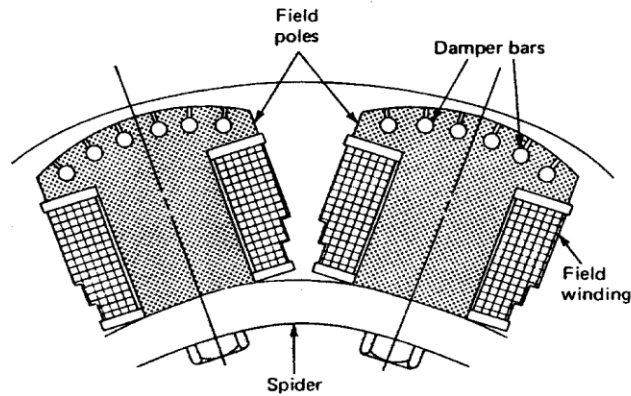
c. Poros Rotor

Poros rotor merupakan tempat meletakkan kumparan medan, dimana pada poros rotor tersebut telah terbentuk slot - slot secara paralel terhadap poros rotor.

Rotor pada generator sinkron pada dasarnya adalah sebuah elektromagnet yang besar. Kutub medan magnet rotor dapat berupa salient pole (kutub menonjol) dan non salient pole (kutub silinder).

2.3. Jenis Kutub Menonjol (Salient Pole)

Pada jenis salient pole, kutub magnet menonjol keluar dari permukaan rotor. Belitan - belitan medannya dihubung seri. Ketika belitan medan ini disuplai oleh eksiter, maka kutub yang berdekatan akan membentuk kutub berlawanan. Kutub salient mesin sinkron dilengkapi damper winding (kumparan peredam) dalam bentuk rotor sangkar. Bentuk kutub menonjol generator sinkron tampak seperti pada gambar 2.3. berikut :



Rotor salien mesin sinkron

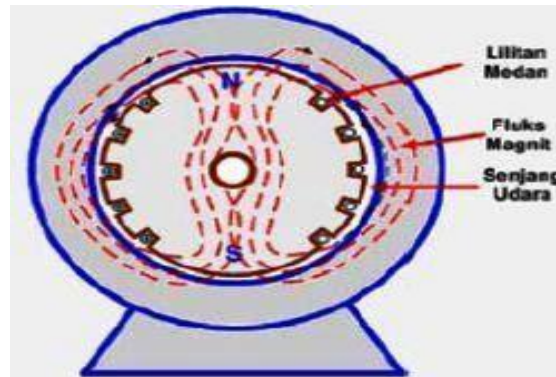
Gambar 2.3. Rotor Kutub Menonjol

Rotor kutub menonjol umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putar rendah dan sedang (120 - 400 rpm). Generator sinkron tipe seperti ini biasanya dikopel oleh mesin diesel atau turbin air pada sistem pembangkit listrik. Rotor kutub menonjol baik digunakan untuk putaran rendah dan sedang karena :

- Kutub menonjol akan mengalami rugi - rugi angin yang besar dan bersuara bising jika diputar dengan kecepatan tinggi
- Kontruksi kutub menonjol tidak cukup kuat untuk menahan tekanan mekanis apabila diputar dengan kecepatan tinggi.

2.4. Jenis Kutub Silinder (Non Salient Pole)

Pada jenis non salient pole, konstruksi kutub magnet rata dengan permukaan rotor. Jenis rotor ini terbuat dari baja tempa halus yang berbentuk silinder yang mempunyai alur - alur terbuat disisi luarnya. Belitan - belitan medan dipasang pada alur - alur di sisi luarnya dan terhubung seri yang dienerjais oleh eksiter. Gambaran bentuk kutub silinder generator sinkron tampak seperti pada gambar 2.4. berikut :



Gambar 2.4. Rotor Kutub Silinder

Rotor silinder umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putar tinggi (1500 - 3000 rpm) seperti yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga uap. Rotor silinder digunakan pada kecepatan putar tinggi karena :

- Kontruksinya memiliki kekuatan mekanik yang baik pada kecepatan putar tinggi.
- Distribusi di sekeliling rotor mendekati bentuk gelombang sinus sehingga lebih baik dari kutub menonjol.

2.5. Prinsip Kerja Generator Sinkron

Adapun prinsip kerja dari generator sinkron secara umum adalah sebagai berikut :

1. Kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi tertentu yang akan mensuplai arus searah terhadap kumparan medan. Dengan adanya arus searah yang mengalir melalui kumparan medan maka akan menimbulkan fluks yang besarnya terhadap waktu adalah tetap.
2. Penggerak mula (Prime Mover) yang sudah terkopel dengan rotor segera dioperasikan sehingga rotor akan berputar pada kecepatan nominalnya.
3. Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor, akan diinduksikan pada kumparan jangkar sehingga pada kumparan jangkar yang terletak di stator akan dihasilkan fluks magnetik yang berubah - ubah besarnya terhadap waktu. Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan gaya gerak listrik induksi pada ujung - ujung kumparan tersebut hal tersebut sesuai dengan persamaan 2 dan persamaan 3 berikut :

$$E = 4,44 \times f \cdot \Phi \cdot T \dots\dots\dots 2$$

Jika $= \frac{n \cdot P}{120}$, maka :

$$E = 4,44 \times \frac{n \cdot P}{120} \cdot \Phi \cdot T$$

Bila $C = \frac{4,44 \cdot P \cdot T}{120}$, maka :

$$E = C \cdot n \cdot \Phi \dots\dots\dots 3$$

Dimana :

- E : Ggl induksi (volt)
- n : Putaran (rpm)
- T : Banyaknya lilitan / fase = $1/2$
- P : Jumlah kutub
- Φ : Fluks magnetik (weber)
- C : Konstanta
- f : frekuensi (Hz)

Untuk generator sinkron tiga phasa, digunakan tiga kumparan jangkar yang ditempatkan di stator yang disusun dalam bentuk tertentu, sehingga susunan kumparan jangkar yang sedemikian akan membangkitkan tegangan induksi pada ketiga kumparan jangkar yang besarnya sama tapi berbeda fasa 120^0 satu sama lain. Setelah itu ketiga terminal kumparan jangkar siap dioperasikan untuk menghasilkan energi listrik.