



PEMBANGKITAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI SATU FASA

M. Saleh Al Amin

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Palembang

e-mail : saleh.pgri@gmail.com

Abstrak--Dari beberapa mesin pembangkit tenaga listrik yang digunakan sekarang ini, generator induksi merupakan mesin pembangkit energi listrik alternatif yang mulai digunakan, karena memiliki keunggulan, khususnya dibidang konstruksi yang dapat menurunkan biaya produksi pabrikasi mesin. Pada saat ini generator induksi diproduksi untuk daya kecil satu fasa, yang kebanyakan digunakan untuk sektor rumah tangga sebagai pembangkit cadangan. Eksitasi Generator induksi satu fasa menggunakan kumparan eksiter di sisi rotor yang merupakan rangkaian loop tertutup, dan sebuah kumparan di sisi stator yang diseri dengan kapasitor. Tegangan akan terbangkit karena adanya remanensi magnet di inti rotor, yang memnbangkitkan tegangan induksi di kumparan stator, sehingga kapasitor akan terisi muatan, yang akhirnya akan terbangkit tegangan yang nominal di sisi kumparan daya di stator.

Kata kunci : generator induksi, kumparan eksiter, kumparan stator

Abstract - electric power generation machines currently used, induction generators are alternative electric energy generation machines that are being used, because they have advantages, especially in the field of construction which can reduce the manufacturing costs of engine manufacturing. At this time an induction generator is produced for one phase small power, which is mostly used for the household sector as a backup generator. Excitation of a single phase induction generator uses an exciter coil on the side of the rotor which is a closed loop circuit, and a coil at the side of the stator which is supplied with a capacitor. The voltage will be generated due to the magnetic remanence in the rotor core, which generates an induced voltage in the stator coil, so that the capacitor will be charged, which will eventually generate a nominal voltage on the side of the power coil at the stator.

Keywords: generator induction, exciter coil, stator coil

PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang ini Energi Listrik merupakan salah satu energi primer yang dibutuhkan, oleh karena itu terjadi peningkatan akan kebutuhan energi listrik setiap tahunnya, karena semakin banyak penduduk yang memerlukan energi listrik untuk menunjang aktifitas hidup sehari-hari, dan munculnya berbagai industri dengan berbagai skalanya. Untuk memenuhi semua kebutuhan tersebut maka dirancang dan dibuatlah pembangkit guna memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut.

Untuk kebutuhan daya listrik alternatif, pada umumnya digunakan pembangkit cadangan dengan mesin pembangkit berupa generator induksi yang sangat berbeda dengan generator DC atau generator sinkron, sehingga akan bermasalah dalam pemeliharaannya.

TINJAUAN PUSTAKA

Motor Induksi 1 Fasa

Motor induksi satu fasa adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik secara induksi [1]. Motor ini hanya memiliki sebuah lilitan stator jenis sangkar tupai dan beroperasi dengan pasokan listrik satu fasa. Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik yang paling banyak digunakan [5]. Dikatakan motor induksi karena motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet dari stator ke rotornya. Arus rotor motor induksi satu fasa bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (rotating magnetic field) yang dihasilkan oleh arus stator [6].

Motor Induksi Satu Fasa Sebagai Generator

Motor induksi memiliki kecepatan putar rotor selalu lebih kecil dari kecepatan sinkron sedangkan kecepatan putar rotor pada generator induksi harus dibuat lebih besar dari kecepatan sinkron. Generator induksi dapat dioperasikan dengan menghubungkan motor induksi dengan mesin penggerak mula-mula, misalnya mesin disel. Slip pada generator induksi harus bernilai negative agar generator induksi dapat mengeluarkan tegangan pada kedua ujung lilitan kumparan stator [2]

Konstruksi Generator Induksi

Generator induksi mempunyai stator dan rotor, seperti pada generator pada umumnya.

1. Stator

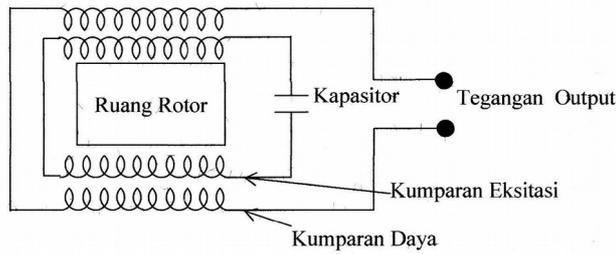
Jumlah kumparan pada sisi stator generator induksi terdiri dari dua buah, yaitu :

a. Kumparan Daya.

Yaitu kumparan tempat terbangkitnya tegangan untuk melayani bebannya.

b. Kumparan Eksitasi.

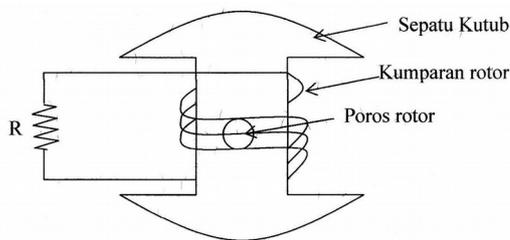
Yaitu kumparan yang disuplai dengan sebuah kapasitor, dimana kapasitor tersebut berfungsi menghubungkan singkat kumparan eksitasi tersebut. Konstruksi kumparan stator dilukiskan pada gambar berikut :



Gambar 1. Konstruksi Kumparan Stator

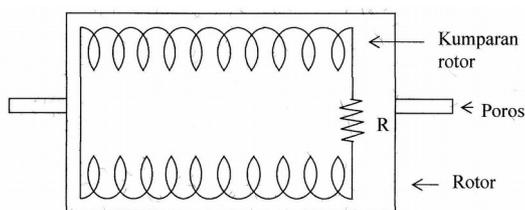
2. Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar, dimana rotor ini dibuat bentuknya sama seperti konstruksi rotor generator sinkron, yaitu membentuk sepatu kutub seperti dilukiskan pada gambar berikut :



Gambar 2. Bentuk Rotor

Pada rotor tersebut ditempatkan kumparan rotor sebagai pembangkit medan magnet untuk membangkitkan tegangan di stator. Kumparan rotor dihubungkan singkat dengan menggunakan resistor (R), untuk mengurangi arus yang mengalir pada kumparan agar tidak terlalu besar. Bentuk kumparan rotor adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Konstruksi kumparan rotor

Prinsip Kerja

Generator induksi jenis ini akan bekerja sebagai berikut :

1. Rotor diputar dengan penggerak mula.

Pada rotor masih terdapat remanensi magnet yang membangkitkan tegangan induksi di sisi stator.

2. Karena adanya tegangan induksi tersebut, kapasitor di kumparan eksitasi akan mengisi sampai penuh, kemudian membuang muatan ke kumparan eksitasi tersebut sehingga akan terjadi aliran arus, kemudian diinduksikan ke kumparan rotor, yang mengakibatkan terjadinya tegangan induksi di kumparan rotor.
3. Pada kumparan rotor akan timbul ggl induksi yang semakin besar, sehingga menginduksikan tegangan di kumparan daya stator.
4. Fluksi medan semakin bertambah besar, karena kapasitor selalu mengisi dan membuang seiring dengan fluktuasi tegangan sinusoidal di stator dan rotor.
5. Pembangkitan tegangan induksi di kumparan daya akan semakin besar Sehingga akan dicapai tegangan nominal.
6. Setelah tegangan pada kumparan daya nominal, maka generator telah siap mensuplai daya ke beban.

Rangkaian Ekuivalen

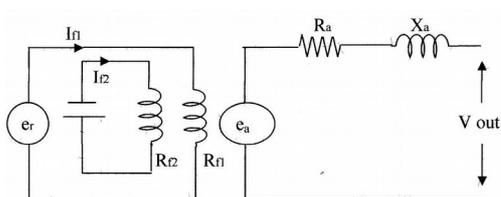
Generator induksi mempunyai 3 buah kumparan, yaitu :

1. Kumparan Utama
2. Kumparan rotor
3. Kumparan eksiter di stator

Ketiga kumparan tersebut mempunyai fungsi masing – masing, yaitu :

1. Kumparan Utama
Befungsi membangkitkan tegangan di sisi stator untuk menyalurkan daya ke beban.
2. Kumparan rotor
Befungsi membangkitkan fluksi medan, untuk membangkitkan tegangan di kumparan utama.
3. Kumparan eksiter di stator
Befungsi menimbulkan fluksi pertama untuk membangkitkan tegangan induksi di rotor.

Dari kumparan – kumparan tersebut dapat dilukiskan rangkaian ekuivalennya sebagai beriku



Gambar 4. Rangkaian ekivalen Generator Induksi.

Keterangan gambar :

- Ra : Tahanan Jangkar.
- Xa : Reaktansi Jangkar.
- ea : Tegangan yang di bangkitkan di jangkar.
- e_r : Tegangan Induksi di rotor.
- Rf1 : Tahanan kumparan eksitasi dari rotor.
- Rf2 : Tahanan kumparan eksitasi dari stator.
- If1 : Arus eksitasi rotor.
- If2 : Arus eksitasi dari kapasitor.

Eksitasi

Eksitasi adalah pembentukan medan magnet untuk keperluan pembangkitan tegangan (ggl) induksi pada sebuah generator. Tetapi dalam pengertian sehari-hari eksitasi adalah penguatan. Yang dimaksud dengan penguatan disini adalah penguatan medan magnet, dimana medan magnet tersebut dapat menghasilkan fluksi. Fluksi tersebut nantinya dapat digunakan sebagai media pembangkitan ggl induksi pada generator.

Dalam pembangkitan tegangan yang telah dikemukakan dalam bab 2, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$e = -N \frac{d\phi}{dt}$$

Dari persamaan tersebut, ggl induksi (e) berbanding lurus terhadap jumlah lilitan (N) dan fluksi magnet (ϕ). Fluksi magnet (ϕ) inilah yang diartikan sebagai eksitasi.

Eksitasi pada generator ada dua macam, yaitu eksitasi dengan menggunakan magnet permanen, dan eksitasi dengan menggunakan magnet buatan atau elektromagnet. Eksitasi magnet permanen umumnya hanya digunakan untuk mesin-mesin yang kecil, yang kurang dari 1 HP. Tetapi, untuk mesin-mesin yang besar digunakan magnet buatan atau yang dikenal dengan elektromagnet.

Generator Induksi selama ini jarang digunakan karena efisiensinya yang rendah. Tegangan yang dihasilkan hanya mencapai 25 % dari tegangan nominalnya. Hal tersebut terjadi karena permasalahan eksitasi. Bahan pembuat rotor dari mesin induksi bukanlah bahan yang dapat menyimpan energi magnet secara lama, tetapi terbuat dari besi lunak yang remanensi magnetnya sangat rendah.

Tetapi untuk generator induksi jenis ini mempunyai efisiensi yang tinggi, karena telah menggunakan kapasitor sebagai penguatan medan eksitasinya, yang dipasang pada kumparan yang khusus.

Konstanta generator.

Konstanta generator (C), dapat digunakan persamaan dasar dari generator, yang ditulis kembali sebagai berikut :

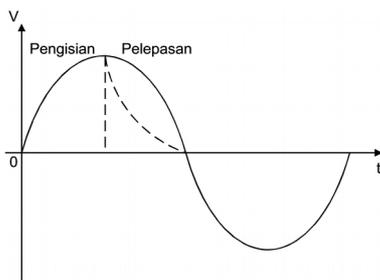
$$C = \frac{P}{a} \cdot \frac{z}{60} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- C : Konstanta generator
- P : Jumlah kutub
- z : Jumlah lilitan
- a : Konstanta belitan
 dengan ketentuan bahwa untuk belitan gelombang (a = 2) sedangkan untuk belitan gelung (a = 1).

Waktu pengisian dan pelepasan kapasitor.

Tegangan kapasitor eksitasi yang digunakan adalah dengan rating 240 volt. Tegangan tersebut akan tercapai bila kapasitor penuh. Waktu pengisian kapasitor terjadi setiap setengah putaran dan pelepasan setengah putaran seperti gambar berikut:



Gambar 5. Pengisian dan pelepasan kapasitor

Waktu yang dibutuhkan untuk pengisian dan pelepasan kapasitor adalah :

$$t = \left[\frac{1}{4} \right] \cdot \left[\frac{1}{f} \right] \text{ detik} \dots\dots\dots (2)$$

Fluksi eksitasi.

Fluksi medan yang terjadi pada generator dihasilkan oleh arus eksitasi, besarnya adalah sebagai berikut :

$$\phi = \frac{N_f \cdot I_f}{\mathfrak{R}} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana N_f dan \mathfrak{R} adalah konstanta, sehingga persamaan di atas akan menjadi persamaan berikut :

$$\phi = K \cdot I_f \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

K = faktor pengali fluksi.

Faktor pengali ini ditentukan berdasarkan pada pengujian beban nol dari generator induksi, sehingga fluksi yang terjadi pada generator adalah sebagai berikut :

$$\phi = (0,0044213) \cdot I_f \dots\dots\dots (5)$$

Tegangan Induksi Generator.

Tegangan induksi yang dibangkitkan oleh generator induksi dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$e = C \cdot n \cdot \phi \dots\dots\dots (6)$$

Kapasitas Kapasitor.

Untuk perubahan arus yang diberikan pada kapasitor dengan memasang resistor variabel seperti pada gambar pengujian, maka kapasitas kapasitor akan berubah sesuai dengan perubahan arus tersebut. Besarnya kapasitas kapasitor tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$i \cdot t = C \cdot V \dots\dots\dots (7)$$

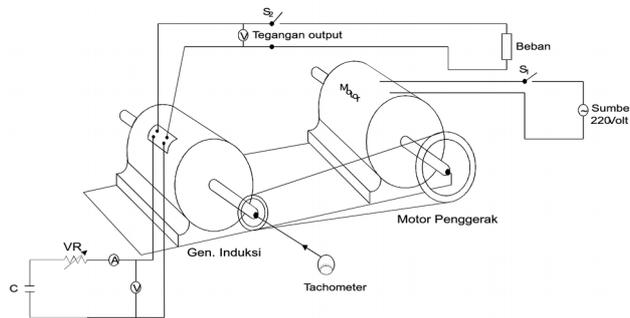
Maka besarnya kapasitas kapasitor dapat ditentukan sebagai berikut :

$$C = \frac{i \cdot t}{V} \dots\dots\dots (8)$$

METODA PENELITIAN

Untuk mendapatkan data-data yang diinginkan yang dapat menunjang proses perhitungan, maka pada penelitian ini dilakukan pengujian dalam keadaan tanpa beban dan berbeban. Untuk kondisi berbeban, diberikan beban berupa lampu pijar dengan daya sebesar 100 watt.

Pada pengujian berbeban ini arus eksitasi diatur dengan menggunakan V_R atau resistor variabel yang dipasang seri dengan kapasitor C_k , dan dilakukan pengukuran tegangan, arus eksitasi dan putaran generator.



Gambar 6. Rangkaian pengujian Generator induksi.

Pada rangkaian pengujian tersebut, generator dioperasikan secara normal, tetapi arus yang mengalir pada kapasitor eksitasi diukur dengan menggunakan amperemeter, dan digunakan resistor variable untuk mengatur arus kapasitor.

DATA-DATA GENERATOR INDUKSI

Dalam pengujian ini digunakan generator induksi dengan data-data sebagai berikut :

- Tegangan/Fasa : 220 volt/1 fasa
- Daya : 450 watt
- Frekwensi : 50 Hz
- Putaran : 3000 rpm
- Kutub : 2
- Eksitasi : Kapasitor

Sedangkan motor penggeraknya adalah :

- Jenis : Motor Induksi
- Daya : 1 HP
- Fasa : 1
- Tegangan : 220 volt
- Frekwensi : 50 Hz
- Kutub : 4
- Putaran : 1500 rpm

Kopling antara penggerak mula dan generator digunakan rubberbelt dengan perbandingan puley 2 : 1.

Hasil Pengujian

Pengujian rangkaian dilakukan untuk dua kondisi pengujian yaitu kondisi tanpa beban dan kondisi berbeban, yang data-data hasilnya diberikan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian generator induksi tanpa beban

No	V _{out} (volt)	V _{eks} (volt)	I _{eks} (amp)	n (rpm)
1	220	240	0,85	1600
2	220	240	0,85	1600
3	219	240	0,81	1600
4	220	240	0,85	1598
5	219	240	0,80	1600

Tabel 2. Hasil pengujian generator induksi berbeban

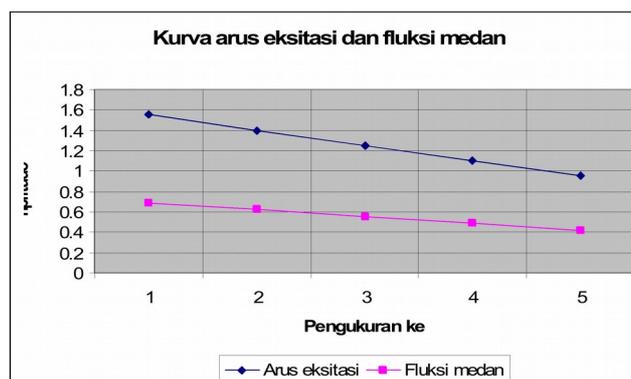
No	Beban (watt)	V _{out} (volt)	V _{eks} (volt)	I _{eks} (amp)	n (rpm)
1	100	220	240	1,55	1600
2	100	195	240	1,40	1590
3	100	175	240	1,25	1595
4	100	150	240	1,10	1600
5	100	130	240	0,95	1595

Hasil Perhitungan.

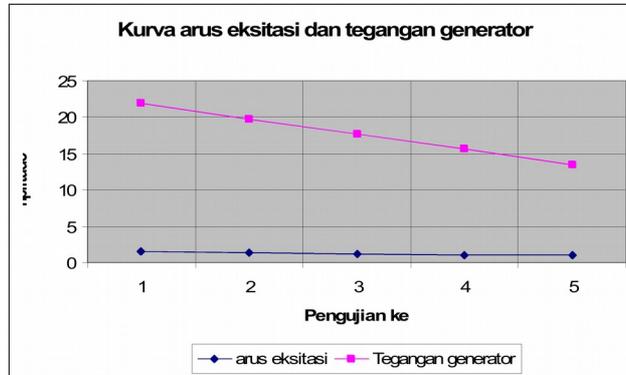
Tabel 3. Hasil Perhitungan

No	Beban (watt)	V _{out} (volt)	V _{eks} (volt)	I _{eks} (amp)	n (rpm)	Φ (wb)	e (volt)	C (μF)
1	100	220	240	1,55	1600	0,0068530	219,296	32,3
2	100	195	240	1,40	1590	0,0061920	196,842	29,3
3	100	175	240	1,25	1595	0,0055270	176,311	26,1
4	100	150	240	1,10	1600	0,0048630	155,616	22,4
5	100	130	240	0,95	1595	0,0042002	133,986	19,8

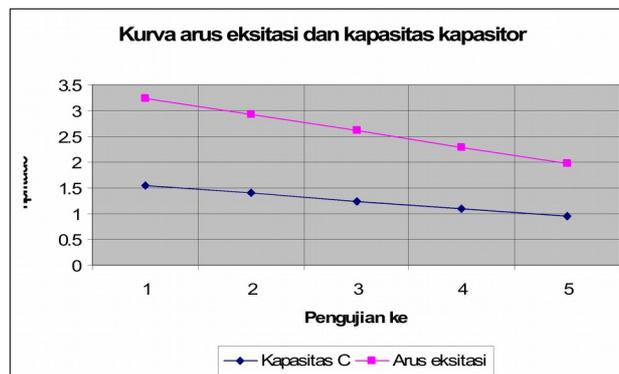
Dari tabel 3 tersebut dapat dilihat bahwa dengan adanya penurunan arus eksitasi yang diatur dari arus pada kapasitor, maka akan mengakibatkan penurunan fluksi pada penguatan medan, dan juga penurunan tegangan keluaran generator, sehingga kapasitas kapasitor yang terisi juga akan menurun. Hubungan tersebut dapat dilihat pada gambar kurva- kurva berikut :



Gambar 7. Kurva hubungan arus eksitasi dan fluksi medan.



Gambar 8. Kurva hubungan arus eksitasi dan tegangan generator.



Gambar 9. Kurva hubungan arus eksitasi dan kapasitas kapasitor.

KESIMPULAN.

Dari hasil perhitungan dan analisa serta pembahasan yang telah diberikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan terjadinya penurunan arus eksitasi generator, maka akan mengakibatkan penurunan fluksi medan generator.
2. Penurunan fluksi medan akan mengakibatkan penurunan tegangan induksi keluaran dari generator.
3. Penurunan arus eksitasi dan fluksi medan generator tersebut akan mengakibatkan penurunan kapasitas kapasitor eksitasi.
4. Penurunan parameter generator tersebut tidak mempengaruhi putaran generator.

DAFTAR PUSTAKA.

[1] Gunawan H., 1993, Mesin Listrik dan Rangkaian Listrik, Erlangga, Jakarta.

- [2] Joni Alpensusu, 2013, Pemanfaatan Motor Induksi satu Fasa Sebagai generator, https://repository.usd.ac.id/7606/1/085114001_Full.pdf
- [3] Marappung muslimin, Ir, 1980, “ Teknik tenaga listrik “ Amrico, Bandung.
- [4] Siskind. 1983, “Electrical Machines”. 2 nd Edition. Mc Graw Hill. Tokyo..
- [5] Sumanto, 1993,“ Motor listrik Arus bolak balik “, andi offset, Yogyakarta.
- [6] Tri, Dede ,2012, Motor Induksi, <http://blog.unsri.ac.id/download3/23965.pdf>,
- [7] Zuhail,1991.” dasar tenaga listrik “ Erlangga, Bandung.