



PERANAN KAPASITOR PADA PEMBANGKITAN TEGANGAN GENERATOR INDUKSI SATU FASA

M. Saleh Al Amin

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Palembang

*Corresponding author, e-mail: saleh.pgri@gmail.com

Abstrak-- Generator merupakan mesin listrik untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan cara induksi elektromagnet. Generator digunakan sebagai pembangkitan energi listrik yang melayani suatu beban listrik. Pada zaman modern sekarang ini Energi Listrik sangat dibutuhkan, kebutuhan akan energi listrik cenderung meningkat setiap tahun karena semakin banyaknya kebutuhan pelayan beban yang memerlukan energi listrik untuk menunjang aktifitas hidup masyarakat sehari-hari, kebutuhan industri dan komersial. Munculnya berbagai industri dengan berbagai skalanya merupakan faktor penting yang menjadikan kebutuhan energi listrik semakin melonjak. Untuk memenuhi semua kebutuhan tersebut maka dirancang dan dibuatlah pembangkit guna menghasilkan energi listrik tersebut. Dari beberapa jenis pembangkit listrik yang digunakan pada saat sekarang ini, generator induksi merupakan jenis pembangkit yang baru dikembangkan sebagai generator pembangkit, walaupun masih dalam kapasitas yang terbatas. Proses pembangkitan tegangan pada generator induksi ini agak berbeda dengan generator sinkron maupun generator arus searah, karena menggunakan komponen elektronik berupa kapasitor sebagai eksitasi generator. Dengan demikian kapasitor dalam generator induksi memiliki peranan yang sangat penting.

Kata kunci : Pembangkitan tegangan, eksitasi, kapasitor.

Abstrack-- A generator is an electric machine to convert mechanical energy into electrical energy by electromagnetic induction. The generator is used as the generation of electrical energy used to fill electricity. In today's modern era, Electricity Energy is needed, energy needs will increase every year, increasing demand for servants of energy needed to support the provision of everyday life, industrial and commercial needs. The emergence of various industries with various scales is an important factor that requires increased electricity. To meet all these needs, it is designed and made to produce electricity. The several types of power plants that are used at present, generators produce a type of generator that is developed as a generator, based on still in a limited capacity. the voltage generation process in this generator is somewhat different from a synchronous generator or direct current generator, because it uses electronic components to be capacitors as generator excitation. Thus the capacitor in the generator has a very important role.

Keywords: Generator voltage, excitation, capacitor.

PENDAHULUAN

Bila kita memutar bagian rotor mesin induksi dengan energi mekanik maka akan terbangkit tegangan di sisi statornya. Tetapi tegangan tersebut tidaklah sebesar *name plate* yang tertera, karena mesin induksi bermasalah terhadap penguatan medan magnet atau yang dikenal sebagai eksitasi.

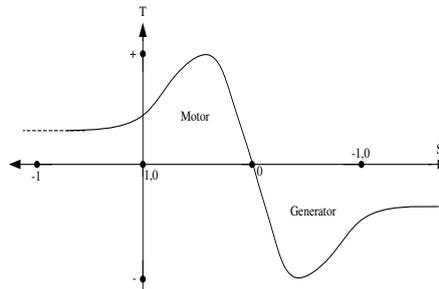
Menurut Zuhail [6] tegangan induksi berbanding lurus terhadap fluksi magnet dimana pada generator induksi fluksi magnet sebagai eksitasinya sangat kecil sekali, hanya terjadi karena remanensi magnet saja. Sehingga tegangan induksi yang dihasilkan hanya sekitar 25% saja dari tegangan nominalnya. Maka dari itu generator induksi ini tidak pernah digunakan untuk keperluan komersial.

Untuk mengatasi masalah eksitasi tersebut, maka digunakanlah sistem eksitasi generator induksi dengan menggunakan kapasitor non polar.

TINJAUAN PUSTAKA

Terjadinya Pembangkitan Tegangan.

Menurut Zuhail dalam bukunya “Dasar Tenaga Listrik”, 1991, kerja generator induksi dilukiskan pada gambar 1, yaitu hubungan antara Slip dan Torsi mesin induksi.



Gambar 1. Daerah kerja mesin induksi.

Tetapi dengan kemajuan teknologi, pembangkitan tegangan listrik yang menggunakan sistem induksi ini dikembangkan dengan membuat kumparan eksitasi disisi stator yang disuplai oleh sebuah kapasitor.

Dalam pembangkitan tegangan menurut hukum Faraday, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

Konstruksi Generator Induksi

Pada umumnya sebuah generator induksi sama seperti generator sinkron, mempunyai stator dan rotor, yang fungsinya sama, tetapi agak berbeda dalam konstruksinya.

1. Stator

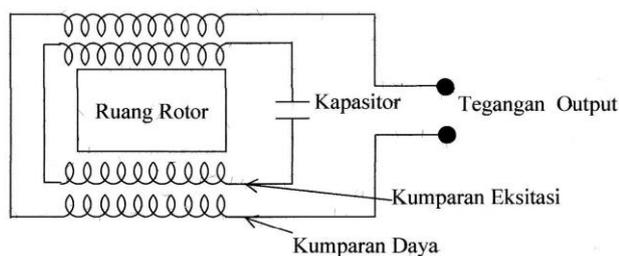
Sama seperti pada generator sinkron, jumlah lilitan generator induksi ini juga terdiri dari dua buah kumparan, yaitu :

a. Kumparan Daya

Yaitu kumparan tempat terbangkitnya tegangan untuk melayani bebannya.

b. Kumparan Eksitasi

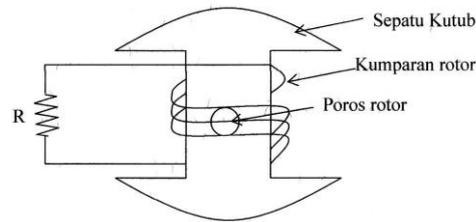
Yaitu kumparan yang disuplai dengan sebuah kapasitor, dimana kapasitor, tersebut berfungsi menghubungkan singkat kumparan eksitasi tersebut. Konstruksi kumparan stator menurut hasil pembongkaran generator induksi di lapangan, dilukiskan pada gambar berikut :



Gambar 2. Konstruksi Kumparan Stator

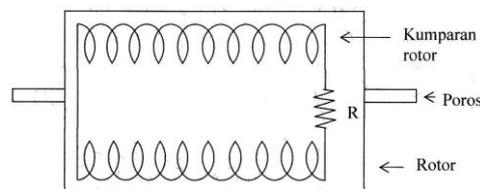
2. Rotor

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 3. Bentuk Rotor

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



Gambar 4. Konstruksi kumparan rotor

Prinsip Kerja Generator Induksi

Bila rotor diputar dengan penggerak mula, dimana pada rotor masih terdapat remanensi magnet, maka akan dapat membangkitkan tegangan induksi di sisi stator. Karena adanya tegangan induksi tersebut, kapasitor di kumparan eksitasi akan mengisi sampai penuh, kemudian membuang muatan ke kumparan eksitasi, sehingga akan terjadi aliran arus, yang kemudian diinduksikan ke kumparan rotor, dan mengakibatkan terjadinya tegangan induksi di kumparan rotor. Pada kumparan rotor akan timbul ggl induksi yang semakin besar, sehingga menginduksikan tegangan di kumparan daya stator.

Fluksi medan semakin bertambah besar, karena kapasitor selalu mengisi dan membuang seiring dengan fluktuasi tegangan sinusoidal di stator dan rotor. Pembangkitan tegangan induksi di kumparan daya akan semakin besar, sehingga suatu saat akan dicapai tegangan nominal. Setelah tegangan pada kumparan daya nominal, maka generator telah siap mensuplai daya ke beban.

Rangkaian Ekuivalen Generator Induksi

Generator induksi mempunyai 3 buah kumparan, yaitu :

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

Kumparan tersebut mempunyai fungsi masing – masing, yaitu :

1. Kumparan Utama

Berfungsi membangkitkan tegangan di sisi stator untuk menyalurkan daya ke beban.

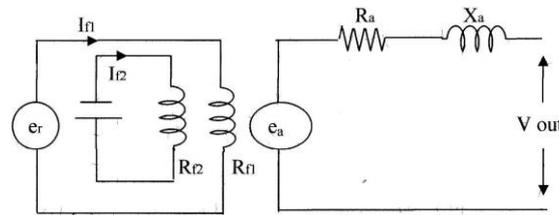
2. Kumparan rotor

Berfungsi membangkitkan fluksi medan, untuk membangkitkan tegangan di kumparan utama.

3. Kumparan eksiter di stator

Berfungsi menimbulkan fluksi pertama untuk membangkitkan tegangan induksi di rotor.

Dari kumparan – kumparan tersebut dapat dilukiskan rangkaian ekivalen nya sebagai berikut :



Gambar 5. Rangkaian ekivalen Generator Induksi.

Keterangan gambar :

- R_a : Resistansi Jangkar.
- X_a : Reaktansi Jangkar.
- e_a : Tegangan yang di bangkitkan di jangkar.
- e_r : Tegangan Induksi di rotor.
- R_{f1} : Tahanan kumparan eksitasi dari rotor.
- R_{f2} : Tahanan kumparan eksitasi dari stator.
- I_{f1} : Arus eksitasi rotor.
- I_{f2} : Arus eksitasi dari kapasitor.

Kapasitor sebagai Eksitasi Generator Induksi

Generator induksi jenis ini seperti telah digambarkan pada gambar 5. rangkaian ekivalent generator induksi, kapasitor merupakan komponen listrik yang berfungsi sebagai eksiter setelah adanya remanensi magnet pada inti besi. Kapasitor dapat menyimpan energi listrik di antara pelat sejajarnya dan mengeluarkannya kembali ke sumbernya secara periodik, atau biasa disebut sebagai pengisian atau charge, dan pembuangan muatan atau discharge. Menurut Margareth R. Taber, dalam bukunya "Electric Circuiy Analisis", hubungan antara kapasitas kapasitor, tegangan sumber dan besarnya muatan yang disimpan oleh kapasitor diberikan pada persamaan berikut.

$$C = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots (2)$$

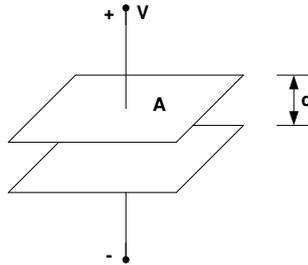
dimana :

- C = Kapasitas dari kapasitor (Farad).
- Q = Muatan kapasitor (Coulomb).
- V = Tegangan sumber (volt).

Dari persamaan (2) tersebut, maka diperoleh besarnya muatan kapasitor yang tersimpan, yaitu :

$$Q = C \cdot V \dots\dots\dots (3)$$

Muatan Q tersebut disimpan diantara plat sejajar di dalam kapasitor yang diberi tegangan, seperti pada gambar berikut.



Gambar 6. Prinsip penyimpanan muatan kapasitor.

Keterangan gambar 6 :

- V = Tegangan sumber (volt).
- A = Luas penampang pelat (meter²).
- d = Jarak antara kedua pelat (meter).

Dari gambar 6 tersebut, maka diperoleh besarnya kapasitas kapasitor adalah :

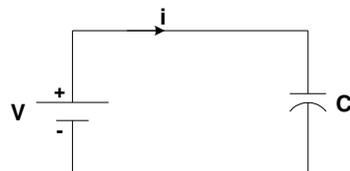
$$C = \frac{(8,85) \cdot A \cdot K}{(10^6) \cdot d} \mu F \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

- K = Konstanta dielektrik material antara kedua pelat sejajar.

Charge dan Discharge Kapasitor.

Dalam suatu rangkaian elektrik, bila kapasitor dipasang sebagai beban, Menurut Margareth R. Taber, dalam bukunya "Electric Circuity Analysis", maka besarnya muatan yang terisi pada kapasitor tersebut adalah :



Gambar 7. Rangkaian dengan beban berupa kapasitor.

Dari gambar di atas diperoleh hubungan sebagai berikut :

$$Q = i \cdot t \dots\dots\dots (5)$$

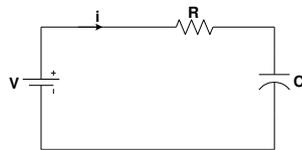
Bila persamaan tersebut disubstitusikan ke persamaan (3), maka akan diperoleh persamaan berikut :

$$i \cdot t = C \cdot V \dots\dots\dots (6)$$

Waktu pengisian kapasitor adalah :

$$t = \frac{C.V}{i} \dots\dots\dots (7)$$

Pada saat terjadi pembuangan isi dari kapasitor, maka peranan beban dari kapasitor tersebut sangatlah berpengaruh. Untuk hal tersebut, sebagai beban kapasitor adalah resistansi beban sistem penyearah. Untuk suatu rangkaian pengujian, sebuah rangkaian dengan sebuah resistor dan sebuah kapasitor sebagai berikut :



Gambar 8. Rangkaian seri RC.

Dari rangkaian pada gambar 8. di atas, maka akan terdapat time constant atau konstanta waktu untuk pembuangan muatan kapasitor adalah :

$$\sigma = R.C \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

- σ = konstanta waktu (detik).
- R = Resistansi sebagai beban kapasitor.

Pada saat terjadi discharge kapasitor, resistansi R akan berubah menjadi beban dari kapasitor, sehingga akan terjadi konstanta waktu (σ), kapasitor akan berperan sebagai sumber tegangan, sehingga menurut Hukum Ohm, akan berlaku persamaan berikut :

$$i = \frac{V_C}{R} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

- i = arus pembuangan muatan (ampere).
- V_C = Tegangan kapasitor (volt).
- R = Resistansi beban kapasitor (Ω).

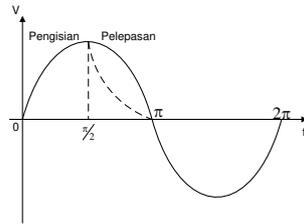
Besarnya tegangan kapasitor pada saat discharge akan menurun terus seiring dengan berkurangnya muatan kapasitor tersebut, sehingga besarnya tegangan kapasitor saat terjadi discharge adalah :

$$V_C = E.(e^{-x}) \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

- E = Tegangan saat pengisian kapasitor (volt).
- x = nomor unit konstanta waktu.
- $x = \frac{t}{\sigma}$
- t = waktu nyata sebelumnya (detik).

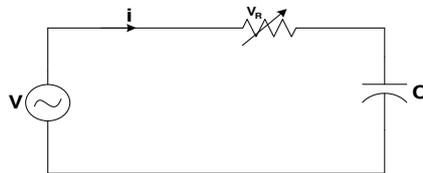
Discharge kapasitor akan terjadi bila tegangan kapasitor lebih besar dari tegangan sumbernya. Hal ini terjadi pada saat peralihan puncak tegangan ke titik nol. Waktu discharge kapasitor ini tidak lebih dari 90^0 listrik, atau tidak lebih dari 0,005 detik, seperti pada gambar berikut :



Gambar 9. Kurva charge dan discharge kapasitor.

Pada generator induksi kapasitor dipasang diseri dengan kumparan eksiter di sisi stator, sehingga pada saat terjadi pembangkitan tegangan pada kumparan eksiter tersebut, kapasitor akan mengalami charge. Pada periode selanjutnya kapasitor akan discharge muatannya ke kumparan eksiter kembali sehingga akan terjadi tegangan induksi pada kumparan eksiter tersebut, yang akan menghasilkan fluksi magnet sebagai penguatan medan magnet di sisi rotor.

Arus charge kapasitor tersebut dapat diatur dengan menggunakan resistansi variabel pada sisi stator seperti pada gambar berikut :



Gambar 10. Peranan V_R dalam pengisian kapasitor.

Dari persamaan (6), arus (i) akan dipengaruhi oleh resistansi variabel (V_R), sehingga arus charge kapasitor akan terhambat dan akan menjadi sebagai berikut :

$$i = \frac{V}{R}$$

Sehingga akan diperoleh :

$$\frac{t}{R} = C \dots\dots\dots (11)$$

Pada saat terjadinya discharge, bila resistansi R diubah-ubah, maka arus (i) yang dikeluarkan oleh kapasitor juga akan berubah-ubah. Arus (i) ini akan menimbulkan medan magnet berupa fluksi pada rotor yang besarnya adalah :

$$\phi = \frac{N_f \cdot I_f}{\mathfrak{R}} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana :

N_f = jumlah lilitan kumparan eksitasi di rotor.

$$I_f = i.$$

Dengan demikian, bila terjadi perubahan arus eksitasi, maka fluksi magnet akan berubah pula, sehingga tegangan induksi generator akan berubah-ubah pula seperti persamaan berikut :

$$e = C \cdot n \cdot \phi \dots\dots\dots (13)$$

METODE PENELITIAN.

Pada penelitian ini generator dioperasikan secara normal, arus yang mengalir pada kapasitor eksitasi diukur dengan menggunakan amperemeter, dan digunakan resistor variable untuk mengatur arus kapasitor. Pengujian generator induksi dilakukan dalam keadaan tanpa beban dan berbeban. Beban yang diberikan beban berupa lampu pijar dengan kapasitas daya 100 watt. Sama seperti saat tanpa beban, pada berbeban, arus eksitasi juga diatur dengan menggunakan resistor variabel yang dipasang seri dengan kapasitor C_k , juga dilakukan pengukuran tegangan, arus eksitasi dan putaran generator.

Sample Generator Induksi

Dalam penelitian ini digunakan generator induksi satu fasa sebagai berikut :

- Tegangan : 220 volt
- Daya : 450 watt
- Frekwensi : 50 Hz
- Putaran : 3000 rpm
- Eksitasi : Kapasitor
- Merek : Matrix

Sedangkan motor penggeraknya adalah Motor Induksi satu fasa sebagai berikut :

- Daya : 1 HP
- Tegangan : 220 volt
- Frekwensi : 50 Hz
- Putaran : 1500 rpm
- Merek : Elindo

Antara Generator induksi dan motor penggeraknya digunakan kopling berupa belt dengan perbandingan puley 2 : 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN.

Hasil pengujian dalam penelitian ini diberikan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Generator induksi tanpa beban

No	V _{out} (volt)	V _{eks} (volt)	I _{eks} (amp)	n (rpm)
1	219	240	0,90	3000
2	220	240	0,85	3000
3	221	240	0,87	2980
4	220	240	0,87	2990
5	220	240	0,85	3000

Tabel 2. Generator induksi berbeban

No	Beban (watt)	V _{out} (volt)	V _{eks} (volt)	I _{eks} (amp)	n (rpm)
1	100	220	240	1,60	3000
2	100	200	240	1,45	2990
3	100	185	240	1,30	2995
4	100	160	240	1,20	3000
5	100	140	240	1,00	2995

Dari hasil perhitungan diberikan pada tabel 3 :

Tabel 3. Hasil Perhitungan Untuk Generator Induksi berbeban.

No	V _{out} (volt) Pn	I _{eks} (amp)	ϕ (weber)	n (rpm)	C (µF)
1	220	1,60	0,0138039	3000	33,3
2	200	1,45	0,0125098	2990	30,2
3	185	1,30	0,0112156	2995	27,1
4	160	1,20	0,0103529	3000	25,0
5	140	1,00	0,0086275	2995	20,8

Dari tabel 3 tersebut dapat dilihat bahwa dengan penurunan arus eksitasi, maka akan mengakibatkan penurunan fluksi pada penguatan medan, dan juga penurunan tegangan keluaran generator, sehingga kapasitas kapasitor yang terisi juga akan menurun.

KESIMPULAN.

1. Penurunan arus eksitasi generator induksi, akan mengakibatkan penurunan fluksi medan, kapasitas pengisian kapasitor, dan tegangan induksi generator.
2. Dengan demikian kapasitas kapasitor mempunyai peranan yang sangat besar dalam pembangkitan tegangan pada generator induksi jenis eksitasi kapasitor.

DAFTAR PUSTAKA.

- [1] Kostenko.M & Pitrovsky.L “Electical Machines”. Mir Publisher, Moscow, 1977.
- [2] Langsdorf. Alexander. S “Theory of Alternating Current Machinery”. TMH Edition, Tata Mc. Graw Hill. New Delhi. India. 1960.
- [3] Margareth. L. Taber “Elecric Circuit Analisis” , 1960.
- [4] Siskind. “Electrical Machines”. 2 nd Edition. Mc Graw Hill. Tokyo. 1983.
- [5] S.K. Sen. “Rotating Eleccrical Machinery”. Khana Publisher, New Delhi, 1976.
- [6] Zuhail. “Dasar Tenaga Listrik.” Penerbit ITB, Bandung, 1991.