

ANALISIS MESIN INDUKSI TIGA FASA DENGAN KOMPENSASI TEGANGAN

Edy Ervianto dan Suwitno

Staf Pengajar Fakultas teknik Universitas Riau, Pekanbaru

ABSTRAK

Mesin induksi adalah suatu mesin yang kokoh, biaya pemeliharaan murah, dan harga investasinya lebih murah dibanding jenis mesin-mesin lainnya. Untuk dapat digunakan sebagai generator dibutuhkan kapasitor yang ditempatkan pada terminal stator sebagai penghasil fluksi magnetisasi. Dalam penentuan nilai kapasitor ini nilai reaktansi kapasitor yang diberikan harus lebih besar dari nilai reaktansi magnetisasi mesin induksi tersebut. Namun kenyataan tegangan keluaran generator induksi turun sangat dratis, bila diberi beban yang meningkat, untuk menanggulangi hal tersebut dilakukan usaha kompensasi tegangan keluaran yang ditempatkan secara seri disisi stator. Paper ini menyajikan analisis kompensasi tegangan keluaran dengan menempatkan suatu kapasitor yang dihubungkan seri disisi beban dengan menggunakan metode impedansi loop. Untuk melihat validitas metode yang diusulkan, dilakukan pengukuran respon tegangan generator induksi saat diberi beban resistansi 110 ohm serta diberi kompensasi kapasitor 22 μ F diperoleh tegangan beban sebesar 264 Volt dengan regulasi tegangan 2,2 %. Dengan kata lain bahwa analisis yang diajukan adalah cukup valid.

Kata kunci : kompensasi, regulasi tegangan, validitas, magnetisasi, kapasitor

PENDAHULUAN

Mesin induksi pada prinsipnya dapat digunakan untuk generator dengan kecepatan putaran yang bervariasi, sebagai masukan dan keluarannya berupa sumber listrik bolak-balik. Namun pada mesin induksi tidak terdapat remanensi sebagai pembangkit tegangan awal. Untuk dapat membangkitkan remanensi pada mesin induksi harus dilakukan usaha pemberian tegangan awal yaitu dengan memberikan kapasitor yang dihubungkan pada terminal stator mesin. Kapasitor berfungsi sebagai pembangkit daya reaktif untuk menghasilkan fluksi magnetisasi pada celah udara (Bim *et al.*, 1989; Malik and Mazi, 1986).

Bim *et al.* (1989) telah mengemukakan suatu konfigurasi rangkaian mesin induksi tiga fasa penguatan sendiri dengan kompensasi tegangan keluaran yang ditempatkan kapasitor secara seri disisi stator, dan analisisnya menggunakan rangkaian ekuivalen perfasa dengan metoda impedansi loop. Mesin induksi yang digunakan adalah 3 fasa, 4 kutub, 60 Hz, 3HP, 220V (hubungan delta) dan diperoleh tegangan beban sebesar 115 volt dengan regulasi tegangan diatas 4 %.

Hasil analisis kinerja keadaan mantap mesin induksi dengan beban statis yang telah dilakukan oleh Chan (1984) ternyata tegangan keluaran mesin turun sangat dratis, bila diberi beban meningkat, dan regulasi tegangan yang

Pada paper ini, diusulkan suatu bentuk konfigurasi rangkaian mesin induksi tiga fasa penguatan sendiri dengan kompensasi tegangan melalui penempatan kapasitor yang dihubungkan secara seri pada sisi beban. Analisis dilakukan dengan menggunakan rangkaian ekuivalen per fasa dengan metoda impedansi loop.

Permasalahan pada mesin induksi saat dibebani, terjadinya penurunan tegangan keluaran secara dratis atau tegangan akan hilang dengan tiba-tiba bila beban bertambah. Penurunan tegangan ini terjadi karena arus eksitasi menjadi kecil yang disebabkan oleh penurunan tegangan terminal. Oleh sebab itu perlu didisain untuk konfigurasi rangkaian yang menghasilkan tegangan maksimum dan regulasi tegangan yang rendah.

Tujuan paper ini adalah menganalisis efektifitas, menguji validitas dan mendisain konfigurasi rangkaian mesin induksi tiga fasa yang efisien, sehingga penempatan kapasitor dapat mengkompensasi tegangan dan dihasilkan regulasi tegangan sekecil mungkin.

Ide Dasar Kompensasi Tegangan

Gambar 1a, dibawah ini memperlihatkan proses penguatan pada generator induksi sehingga diperoleh tegangan keluaran yang diinginkan tepatnya seperti tegangan pada titik A.

Kemudian generator induksi diberi beban, namun pemberian beban ini menyebabkan terjadinya pengurangan arus eksitasi dan

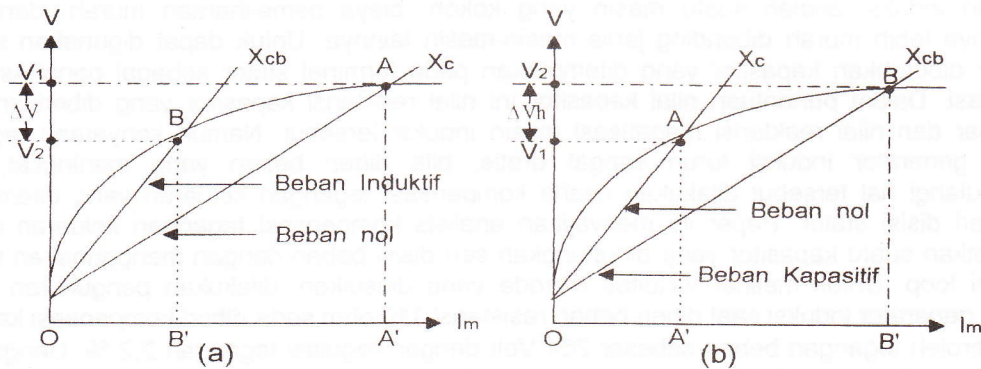


penurunan tegangan keluaran sebesar ΔV seperti ditunjukkan pada titik B, yaitu tegangan tanpa beban (V_1) turun menjadi V_2 setelah dibebani.

Untuk menghilangkan pengaruh penurunan tegangan dilakukan penambahan tegangan kompensasi sebesar ΔV_h yang besarnya $+\Delta V$ melalui penempatan kapasitor seperti diperlihatkan pada Gambar 1b.

Kompensasi tegangan sebesar ΔV_h , diharapkan generator induksi terbebas dari penurunan tegangan dan penurunan arus eksitasi yang besar.

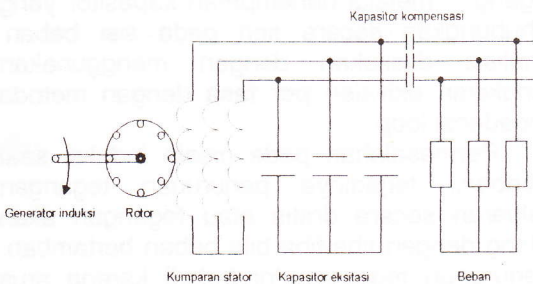
Cara yang dikemukakan pada paper ini adalah mengkompensasi penurunan tegangan sebesar ΔV akibat penambahan beban dengan menggunakan kapasitor yang diserikan di sisi beban.



Gambar 1. Tegangan keluaran generator induksi [V] sebagai fungsi arus eksitasi [I_m]

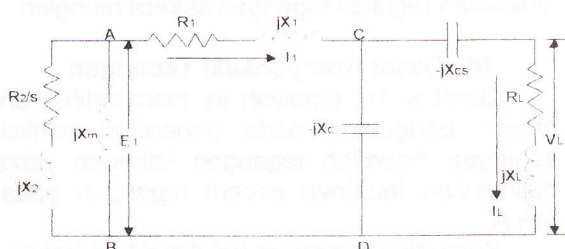
Analisis Mesin Induksi Penguatan Sendiri dilengkapi dengan Kompensasi Tegangan

Untuk menentukan kinerja mesin induksi saat menghasilkan tegangan di sisi stator, maka dilakukan analisis konstruksi rangkaian (Gambar 2).



Gambar 2. Rangkaian mesin induksi hubungan kompensasi disisi beban

Untuk memudahkan dalam penentuan perumusan mesin-mesin listrik yang digunakan, maka bentuk fisik mesin listrik pada gambar 2 di atas dapat disederhanakan ke dalam bentuk rangkaian ekuivalen perfasa seperti ditunjukkan Gambar 3 dibawah ini :



Gambar 3. Rangkaian ekuivalen per fasas mesin

Keterangan Gambar 3:

$$s = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s} \text{ : slip, } I_L \text{ : arus beban, } \omega_s = 2\pi f_s \text{ :}$$

kecepatan sudut stator, $\omega_r = 2\pi f_r$: kecepatan sudut rotor, f_s : frekuensi stator, f_r : frekuensi rotor, R_1 : tahanan stator, R_2 : tahanan rotor, X_1 : reaktansi bocor stator, X_2 : reaktansi bocor rotor, X_L : reaktansi bocor beban, X_c : reaktansi kapasitif shunt, X_m : reaktansi magnetisasi, I_1 : arus stator, V_L : tegangan beban, E_1 : tegangan induksi pada celah udara, X_{cs} : reaktansi kapasitif seri

Dari rangkaian ekuivalen, dapat diturunkan persamaan reaktansi minimum (X_c) yang dibutuhkan untuk membangkitkan tegangan generator pada kondisi beban nol dan reaktansi minimum (X_{cs}) yang digunakan untuk mengkompensasi penurunan tegangan pada saat dibebani.

Adapun analisis yang dilakukan menggunakan metode impedansi loop seperti yang diajukan oleh E. Bim. Loop ABCD dari rangkaian ekuivalen dapat diperoleh perumusan sebagai berikut :

$$I_1 \cdot (Z_{ab} + Z_{ac} + Z_{cd}) = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$Z_{ab} = \frac{jX_m \cdot (R_2/s + jX_2)}{R_2/s + j(X_2 + X_m)}, \quad Z_{ac} = R_1 + jX_1, \quad \text{dan}$$

$$Z_{cd} = \frac{-jX_c \cdot (R_1 + j(X_L + X_{cs}))}{R_1 + j(X_L - X_c - X_{cs})}$$

Dengan mensubsitusikan parameter Z_{ab} , Z_{ac} , dan Z_{cd} kepersamaan (1) maka diperoleh perumusan untuk reaktansi kapasitor minimum dalam mengkompensasi tegangan akibat diberi beban:

$$X_{cs_{\text{minimum}}} = \frac{K_1 - K_2 - K_3}{X_c(X_2 + X_m) - \frac{R_2}{s}(R_1 + X_m)} \dots\dots\dots(2)$$

dengan

$$K_1 = X_c \left[\frac{R_2}{s} ((R_1 - R_L) + X_m) + X_L(X_2 + X_m) \right]$$

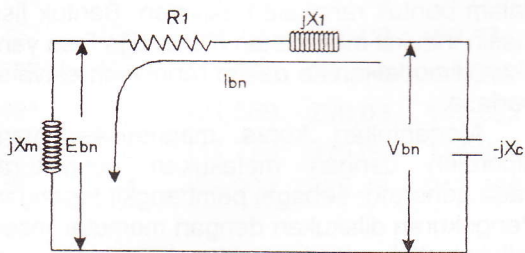
$$K_2 = X_L \left[\frac{R_2 X_m}{s} + \frac{R_1 R_2}{s} + X_L(X_2 + X_m) \right]$$

$$K_3 = \frac{R_2 R_L}{s} (X_1 + X_m) + R_1 R_L (X_2 + X_m)$$

Sehingga untuk mengkompensasi penurunan tegangan akibat dibebani dibutuhkan kapasitor minimum seperti perumusan dibawah ini:

$$C_{cs_{\text{mm}}} = \frac{X_c(X_2 + X_m) - \frac{R_2}{s}(R_1 + X_m)}{\omega \cdot (K_1 - K_2 - K_3)} \dots\dots\dots(3)$$

Untuk kebutuhan nilai kapasitor minimum guna membangkitkan tegangan eksitasi dapat dilakukan dari analisis rangkaian beban nol seperti Gambar 4:



Gambar 4. Rangkaian ekuivalen gerarator induksi tanpa beban

Jumlah loop reaktansi tertutup pada rangkaian ekuivalen Gambar 4 diatas, adalah $jX_1 + jX_m - jX_c = 0$ Sehingga diperoleh nilai reaktansi kapasitor munimum sebagai berikut:

$$X_c = X_1 + X_m \dots\dots\dots(4)$$

Jadi untuk membangkitkan tegangan mula saat beban nol dibutuhkan nilai kapasitor eksitasi minimum seperti dibawah ini:

$$C_{c_{\text{minimum}}} = \frac{1}{\omega(X_1 + X_m)} \dots\dots\dots(5)$$

Dari persamaan (5) harga kapasitor yang akan digunakan untuk proses eksitasi sebagai pembangkit fluksi sisa dalam proses membangkitkan tegangan generator induksi, diperlukan nilai parameter reaktansi magnetisasi (X_m) dari mesin induksi tersebut.

Berdasarkan IEEE Standard Test Procedure, diperoleh parameter reaktansi magnetisasi (X_m) sebagai berikut:

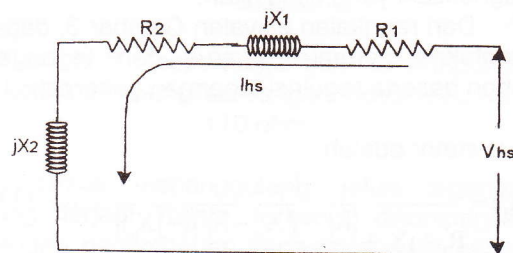
$$X_m = \sqrt{(Z_{bn}^2 - R_1^2)} - X_1 \dots\dots\dots(6)$$

Sehingga tegangan yang dibangkitkan generator induksi adalah:

$$E_{bn} = \left(\sqrt{(Z_{bn}^2 - R_1^2)} - X_1 \right) \cdot \frac{V_{bn}}{Z_{bn}} \dots\dots\dots(7)$$

Untuk menentukan nilai reaktansi magnetisasi, masih dibutuhkan pengukuran hubung singkat guna menentukan reaktansi stator (X_1). Pada pengukuran hubung singkat, terukur besaran tegangan hubung singkat, arus hubung singkat, dan daya hubung singkat, sehingga harga tahanan dan reaktansi bocor ekuivalen.

Dari kedua parameter dapat ditentukan nilai tahanan rotor dan reaktansi bocor stator serta reaktansi rotor. Rangkaian pengganti dalam keadaan hubung singkat ditunjukkan pada gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5. Rangkaian ekuivalen generator induksi dalam keadaan hubung singkat.

Dari gambar 5 diperoleh reaktansi hubung singkat :

$$X_{hs} = \sqrt{Z_{hs}^2 - R_{hs}^2} \dots\dots\dots(8)$$

dengan $R_{hs} = \frac{P_{hs}}{I_{hs}^2}$, dan $Z_{hs} = \frac{V_{hs}}{I_{hs}}$.

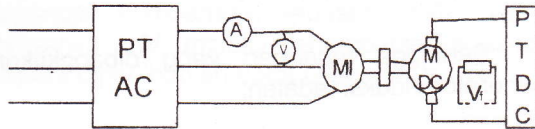
Berdasarkan persamaan reaktansi hubung singkat diatas diperoleh nilai reaktansi stator (X_1) dan reaktansi rotor (X_2) sebagai berikut :

$$X_1 = X_2 = \frac{X_{hs}}{2} \dots\dots\dots(9)$$

dan tahanan rotor adalah :

$$R_2 = \frac{P_{hs}}{I_{hs}^2} - R_1 \dots\dots\dots(10)$$

Reaktansi magnetisasi generator induksi diperoleh dari kurva magnetisasi dari generator. Kurva magnetisasi diperoleh dari pengukuran karakteristik magnetisasi, seperti pada Gambar 6 dibawah ini:



Gambar 6. Rangkaian percobaan menentukan kurva magnetisasi.

Untuk memperoleh kurva magnetisasi: Putar motor dc pada kecepatan sinkron, selama pelaksanaan pengukuran putaran dijaga konstan, selanjutnya tegangan ac diatur secara bertahap. Tujuan percobaan ini untuk memperoleh harga nilai arus magnetisasi (A) dan tegangan (V) seperti ditunjukkan pada gambar 6 diatas.

Penentuan nilai reaktansi magnetisasi dilakukan dengan cara mencari nilai arus magnetisasi pada tegangan nominal mesin (220 Volt per fasa). Dari data percobaan ini atau dari kurva magnetisasi didapat nilai arus magnetisasi yang diinginkan.

Dari rangkaian ekuivalen Gambar 3, dapat ditentukan perumusan arus dan tegangan beban beserta regulasi tegangan generator:

Arus stator adalah

$$(I_1) = \frac{E_1}{R_1 + jX_1 + \frac{E_1}{R_L - j(X_{cs} - X_L) - jX_c}} \dots\dots\dots(11)$$

$$\text{Arus beban } (I_L) = \frac{E_1 - I_1(R_1 + jX_1)}{R_L - j(X_{cs} - X_L)} \dots\dots\dots(12)$$

Tegangan beban adalah :

$$(V_L) = I_L (R_L + jX_L) \dots\dots\dots(13)$$

Regulasi tegangan adalah:

$$(J_R) = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{NL}} \dots\dots\dots(14)$$

dengan V_{NL} = tegangan tanpa beban dan V_{FL} = tegangan beban penuh.

Sehingga dengan menganalisis persamaan (1) sampai dengan persamaan (14) beserta konfigurasi rangkaian yang diajukan, dapat digunakan untuk mendisain mesin induksi tiga fasa yang dapat mengkompensasi penurunan tegangan yang diakibatkan dibebani.

METODE PENELITIAN

Untuk menguji mesin induksi sebagai pembangkit sumber listrik, dilakukan dengan merancang mesin induksi untuk dapat membangkitkan sumber tegangan melalui penempatan suatu kapasitor sebagai pembangkit tegangan awal saat dijalankan. Kapasitor disini digunakan sebagai piranti untuk menghasilkan fluksi sisa awal yang disebut sebagai remanensi.

Kapasitor yang dihubungkan pada terminal stator menyebabkan suatu rangkaian tertutup antara kapasitor dengan reaktansi generator yang membentuk rangkaian resonansi. Tegangan induksi yang dirasakan distator akan menimbulkan arus yang mengisi kapasitor sampai terjadi keseimbangan antara reaktansi kapasitor dengan reaktansi generator. Keseimbangan terjadi pada titik pertemuan di antara garis lengkungan magnetisasi dengan reaktansi kapasitor. Dan melakukan kompensasi penurunan tegangan akibat generator saat dibebani, melalui penempatan kapasitor disisi beban.

Memodelkan bentuk fisik mesin induksi ke dalam bentuk rangkaian ekuivalen. Bentuk fisik mesin induksi merupakan mesin tiga fasa yang akan dimodelkan ke dalam rangkaian ekuivalen perfasa.

Menentukan kurva magnetisasi, yang diperoleh dengan melakukan pengukuran pada generator sebagai pembangkit tegangan. Pengukuran dilakukan dengan memutar mesin induksi dengan kecepatan sinkron, yaitu menjaga agar putaran tetap konstan selama melakukan pengukuran. Kemudian mengatur tegangan bolak balik yang dipasang pada terminal generator secara bertahap dan tegangan serta arus yang terbaca pada alat ukur dicatat.

Menguji analisis yang diajukan di laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis menggunakan suatu mesin induksi tiga fasa rotor sangkar yang mempunyai tegangan 220/380 Volt, putaran (n) 1500 rpm, tahanan stator $R_1 = 0,538 \Omega$, dan arus jangkar (I_a) = 1 Ampere.

Berdasarkan test beban nol diperoleh parameter- parameter sebagai berikut :Tegangan beban nol (V_{bn}) =233,8 Volt, Arus beban nol (I_{bn}) =0,197 A, daya beban nol (P_{bn}) = 35,33 Watt, dan $\cos \phi = 0,77$.

Sehingga admitansinya adalah:

$$Y_O = \frac{I_{bn}}{V_{bn}} = \frac{0,197}{233,8} = 8,426 \times 10^{-4} \text{ mho, dan}$$

reaktansi magnetisasi (X_m) sebagai berikut :

$$X_m = \frac{1}{Y_o \cdot \sin(\cos^{-1} 0,77)} = 1860 \Omega$$

Dari persamaan (5), dapat ditentukan nilai kapasitansi minimum yang harus diberikan sebagai remanensi mesin induksi. Jadi besaran nilai kapasitansi yang dibutuhkan adalah :

$$C_{min} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times (1860 + 130,415)}$$

$$C_{min} = 1,6 \mu F$$

Dari hasil percobaan kuva magnetisasi diperoleh data sebagai berikut:

Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan		
I_m (mA)	V_{bn} (Volt)	Z (ohm)	X_m (ohm)	E (Volt)
0	0	0	0	0
95	39,2	412,63	282,18	26,807
182	74,8	410,98	280,58	51,065
267	104	389,51	259,08	69,174
372	153	411,290	281,18	91,945
491	207	421,589	290,88	142,822
550	246	447,273	316,88	174,284
661	304	459,909	329,48	217,786

Dari tabel magnetisasi diatas nilai reaktansi minimum untuk mencapai tegangan nominal (X_m) = 329,48 ohm atau nilai kapasitansi magnetisasi minimal (C_m) = 9,66 μF . Sehingga kapasitansi kapasitor yang digunakan dalam proses penguatan digunakan 12 μF , dan besar nilai 12 μF mudah diperoleh dipasaran.

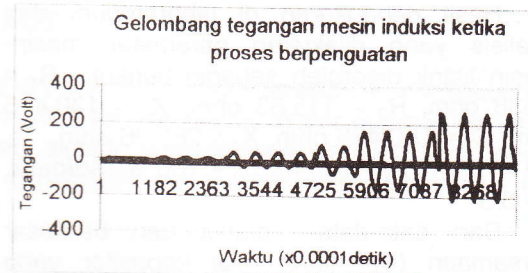
Dalam paper ini dilakukan pengukuran respon tegangan mesin induksi tiga fasa rotor sangkar ketika proses berpenguatan, pengukuran respon tegangan ketika dihubungkan beban resistansi (R) = 110 ohm, dan proses pemberian beban disertai kompensasi kapasitor (C) = 22 μF , dengan memakai alat ukur oscilloscope HAMEG. Kemudian hasil pengukuran diedit dengan menggunakan software EXCEL Versi 51.

Adapun respon pembangkitan tegangan berpenguatan sendiri pada mesin induksi tiga fasa seperti pada Gambar 7.

Tegangan akhir yang diperoleh pada proses berpenguatan adalah 270 Volt.

Setelah tegangan mencapai harga 270 Volt tersebut, selanjutnya mesin induksi tiga

Generator dibebani setelah generator berjalan normal 0,0695 detik. Pada saat mesin induksi diberi beban maka tegangan yang dihasilkan mesin induksi turun dengan dratis hingga turun sampai 110 Volt (Gambar 8).



Gambar 7. Respon tegangan generator induksi tiga fasa ketika proses berpenguatan



Gambar 8. Respon tegangan mesin induksi ketika dihubungkan dengan beban resistive 110 ohm.

Untuk menanggulangi jatuh tegangan yang terjadi mesin tersebut dikompensasi dengan penambahan kapasitor disisi beban. Berdasarkan data pengukuran hubung singkat maka diperoleh data-data sebagai berikut : Tegangan hubung singkat (V_{hs}) = 217 Volt, arus hubung singkat (I_{hs}) = 0,76 Ampere, dan daya hubung singkat (P_{hs}) = 67,1 Watt. Dari data tersebut dapat ditentukan nilai parameter mesin listrik tahanan dan reaktans, dan impedansnya

$$R_{hs} = \frac{P_{hs}}{I_{hs}^2} = \frac{67,1}{0,76^2} = 116,17 \Omega,$$

$$Z_{hs} = \frac{V_{hs}}{I_{hs}} = \frac{217}{0,76} = 285,53 \Omega, \text{ dan}$$

$$X_{hs} = \sqrt{Z_{hs}^2 - R_{hs}^2} = 260,83 \Omega$$

Berdasarkan parameter reaktansi tersebut diperoleh reaktansi untuk belitan stator (X_1) dan rotor (X_2) yang masing-masing nilai setengah dari nilai reaktansi hubung singkat :

$$X_1 = X_2 = \frac{X_{hs}}{2} = \frac{260,83}{2} = 130,415 \Omega,$$

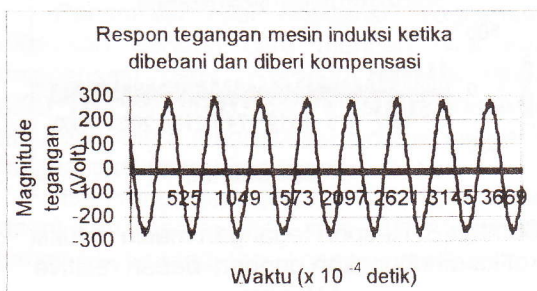
menentukan nilai parameter tahanan rotor (R_2)

adalah $R_2 = \frac{P_{hs}}{I_{hs}^2} - R_1$, sehingga

$$R_2 = \frac{67,1}{0,76^2} \Omega - 0,538 \Omega = 115,63 \Omega$$

Hasil pengukuran di laboratorium dan analisis yang dilakukan parameter mesin-mesin listrik diperoleh sebagai berikut : $R_1 = 0,538$ ohm, $R_2 = 115,63$ ohm, $X_1 = 130,415$ ohm, $X_2 = 130,415$ ohm, $X_c = 265,26$ ohm, $R_L = 110$ ohm, $X_L = 0$ ohm, $\omega = 100 \pi$ rad/detik, $s = 0,8$

Dari data-data diatas dan berdasar persamaan (3), maka nilai kapasitor yang harus diberikan untuk kompensasi jatuh tegangan akibat di bebani, adalah (C_{csmn}) = $22 \mu F$. Respon tegangan keluaran saat diberi beban dan kompensasi dapat diperlihatkan pada Gambar 9 dibawah ini:



Gambar 9. Respon tegangan mesin induksi tiga fasa ketika dihubungkan beban resistans (R) = 110Ω dan ditambah kompensasi kapasitor $C = 22 \mu F$

Gambar 9 menunjukkan respon tegangan mesin induksi ketika mesin berjalan tanpa beban yaitu tegangan 270 Volt, kemudian setelah 0,2208 detik diberi beban 110 ohm dan kompensasi kapasitor $22 \mu F$ sehingga tegangan keluaran menjadi 264 Volt.

KESIMPULAN

Hasil analisis perhitungan dengan menggunakan rumus-rumus berdasarkan analisis yang telah diajukan dalam penelitian ini, menunjukkan hasil yang memuaskan. Hal ini dapat ditunjukkan dari hasil pengukuran di laboratorium yang menghasilkan tegangan

keluaran ketika proses berpenguatan mencapai tegangan 270 Volt.

Demikian juga halnya kompensasi yang diberikan saat mesin dibebani, menunjukkan hasil yang memuaskan, karena ketika belum diberi kompensasi, diperoleh tegangan beban 110 Volt dan regulasi tegangan 59,3 %, sedangkan setelah diberi kompensasi kapasitor sebesar $22 \mu F$, diperoleh tegangan beban 264 Volt dan regulasi tegangan 2,2 %. Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa analisis yang diajukan adalah cukup valid.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan terima kasih kepada pihak Universitas Riau yang telah memberikan bantuan Dana Rutin, atas terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bim, E., J.Szajnar and Y. Burian. 1989. Voltage Compensation of an induction generator with long short connscion. IEEE Trans. On Energy Conversion Vol. EC-4 No. 3 September 1989.
- Malik, N.H., and A. A. Mazi. 1986. Capacitance Requirement For Isolated Selt Excitid induction generator. IEEE Trans. On Energy Conversion Vol. EC-1 No. 3 September 1986.
- Muthy, S.S., O.P. Malik and A.K. Tandom, 1982. Analysis of self-excited induction generator. Proceeding of IEEE Vol. 129 Part C No. 6 November 1982.
- Chan, T.F. 1994. Steady State Analysis of Self Excited Induction Generator. IEEE Trans. On Energy Conversion Vol. 9 No. 2 September 1994.
- IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generator. 1991. New York.
- Slemon, G.R. 1992. Electric Machines and Drives. University of Toronto.
- Krause, P.C. 1989. Electromechanical Motion Devices.
- Krause, P.C. 1987. Analysis of Electric Machinery.