

TEGANGAN GENERATOR INDUKSI (GI) DENGAN PENGATURAN REAKTOR

Suprihardi¹⁾, Yaman²⁾ dan Zamzami³⁾

¹⁾ Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe

²⁾ Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe

³⁾ Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe

email : ssuprihardi@yahoo.com¹⁾, yaman_gayo@ymail.com²⁾ zamzami@pnl.ac.id³⁾

ABSTRAK

Fluktuasi beban yang dilakukan pada sebuah motor induksi sebagai generator induksi (GI) akan mengakibatkan tegangan dan frekuensi generator induksi tidak akan pernah stabil. Akibatnya beban yang menerima kualitas daya tersebut tidak bekerja dengan baik dan efisiensi rendah. Permasalahannya yaitu bagaimana kemampuan pengatur reaktor dalam menstabilkan tegangan, yang dihasilkan generator induksi 3 fasa 1 Kw-380 volt, 1500 Rpm akibat pembebanan yang berfluktuasi pada kapasitor tetap. Metode yang digunakan yaitu, melakukan pengukuran dan pengujian terhadap perancangan prototype untuk mendapatkan kemampuannya dalam menstabilkan tegangan. Hasil yang dicapai yaitu tegangan dan frekuensi yang dibangkitkan semakin kecil dari 234 volt sampai 214 volt dan frekuensi dari 52 Hz s/d 50 Hz saat dilakukan penambahan beban dari 0 watt s/d 417 watt walau kecepatan generator dijaga tetap 1578 RPM, demikian juga torsi yang dibutuhkan semangkit meningkat dari 2,12 N-m s/d 4 N-m demikian sebaliknya. Pengaturan reaktor sistem TCR mampu mereduksi tegangan tanpa mengubah nilai frekuensi sistem 50 Hz pada putaran tetap 1580 RPM dan beban tetap sebesar 270 watt. Pengaturan reaktor TCR mampu mereduksi arus reaktif sehingga dapat mengatur tegangan tetap 220 V tanpa mengubah nilai frekuensi sistem 50 Hz pada putaran 1618 RPM tetap.

Kata kunci : Generator induksi, fluktuasi beban, tegangan, harmonisa

I. PENDAHULUAN

Generator induksi (GI) sangat membutuhkan daya reaktif pada saat beroperasi untuk membangkitkan tegangan [1]. Permasalahannya adalah bagaimana tegangan dapat stabil, pada kapasitor statik dengan pengaturan sudut trigger TCR saat pembebanan berfluktuasi dan beban non linier. Kemudian berapa nilai kapasitor dan reaktor yang harus diberikan supaya tegangan tetap stabil. Untuk menjawab persoalan tersebut perlu dilakukan pengujian yaitu dengan langkah awal melakukan perhitungan dalam menentukan nilai kapasitor tetap sebagai pemberi daya reaktif dan nilai reaktor sebagai penyerap daya reaktif untuk menstabilkan tegangan. Selanjutnya perhitungan dan perancangan diwujudkan dalam bentuk prototype dan diuji kemampuannya. Besar penyerapan daya reaktif yang dilakukan oleh reaktor dengan mengatur besar reaktor.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Generator induksi banyak digunakan pada system pembangkit alternatif. Aplikasi penggunaannya pada pembangkit listrik tenaga angin dan mini/mikrohidro. Turbin yang memutar generator tidak mengharuskan pada kecepatan sinkronnya, maka daya yang dibangkitkan tidak akan memenuhi frekwensi dan tegangan tetap [22]. Mesin induksi berfungsi sebagai generator, jika mesin induksi bekerja pada slip negatif. Generator Induksi banyak digunakan karena lebih sederhana dibanding generator *synchronous*.

Motor induksi lebih mudah dioperasikan, pemeliharaan, tidak mempunyai permasalahan sinkronisasi, murah dan hemat [2].

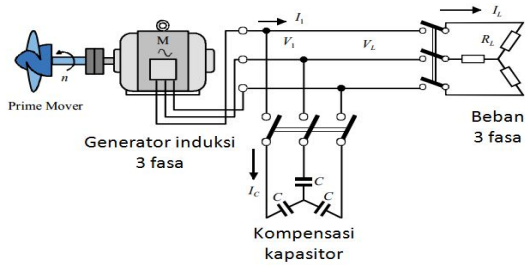
2.1 Pembangkitan Tegangan Generator Induksi

Pembangkitan tegangan akan terjadi bila pada rotor terdapat magnet sisa atau kapasitor yang masih menyimpan muatan yang dihubungkan ke generator induksi, dengan demikian akan mengalir arus pada rangkaian. Dengan adanya arus pada rangkaian tersebut maka akan menghasilkan fluks magnet pada celah udara antara kumparan stator dan rotor, sehingga pada kumparan stator akan membangkitkan tegangan induksi sebesar V_I [3]. Tegangan V_I selanjutnya akan mengakibatkan arus mengalir kembali ke kapasitor sebesar I_I . Arus tersebut akan menambah besar magnet pada celah udara sehingga tegangan kumparan stator akan meningkat terus sampai pada nilai tegangan generator induksi sama dengan tegangan kapasitor.

2.2. Pemasangan Kapasitor

Pembangkitan tegangan generator induksi, nilai kapasitor yang dipasang harus lebih besar dari nilai kapasitor minimum yang diperlukan untuk proses eksitasi. Jika kapasitor yang dipasang lebih kecil dari kapasitor minimum yang diperlukan, maka proses pembangkitan tegangan tidak akan berhasil. Agar eksitasi sendiri dapat terjadi maka harus diperhatikan hubungan antara nilai kapasitansi dan kecepatan minimum [5]. Generator induksi yang bekerja stand alone diperlukan kapasitor untuk membangkitkan

arus eksitasi [9-10]. Gambar 2.1 memperlihatkan diagram Rangkaian kapasitor pada motor induksi yang dioperasikan sebagai generator.



Gambar 2.1. Rangkaian kapasitor pada motor induksi sebagai generator [11]

Daya keluaran motor induksi sebagai generator adalah:

$$P_{msg} = \frac{P_{msg}}{P_n} \times P_m \dots \dots \dots (2.1)$$

Konstanta k diperoleh dari grafik perbandingan antara daya generator dengan daya nominal motor $\frac{P_{msg}}{P_n}$ dengan nilai antara 1,2 s/d 1,6 [1], sehingga daya maksimum generator yang diijinkan sesuai daya motor terhadap efisiensi motor. Daya listrik masukan saat motor induksi berfungsi sebagai generator adalah:

$$P_{in} = \frac{P_n}{\gamma} \dots \dots \dots (2.2)$$

Daya reaktif motor pada saat beban nominal adalah:

$$Q_m = P_{in} \times \tan \alpha \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan menggunakan grafik [1] diketahui rasio antara kebutuhan daya reaktif motor dan generator yang diwakili oleh perbandingan $\sin \Phi$, yaitu:

$$k = \frac{\sin \phi_g}{\sin \phi_m} \dots \dots \dots (2.4)$$

Kebutuhan daya reaktif generator adalah:

$$Q_g = k \times Q_m \dots \dots \dots (2.5)$$

2.3. Perhitungan Nilai Kapasitor

Dasar perhitungan berdasarkan data name plate motor induksi tiga fasa yaitu daya, tegangan, efisiensi, dan faktor daya. Besar kebutuhan kapasitor sebagai kompensasi statik [7].

Reaktansi kapasitif hubungan bintang yaitu,

$$C = \frac{Q_g}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot V_p^2} \dots \dots \dots (2.6)$$

Untuk kapasitor perbaikan faktor daya ditentukan dengan menentukan selisih daya reaktif yang dikompensasi,

$$\Delta Q = P_g (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \dots \dots \dots (2.7)$$

Menentukan nilai kapasitor perbaikan faktor daya

$$\Delta C = \frac{\Delta Q}{3 \times V_L^2 \times 2\pi f} \dots \dots \dots (2.8)$$

Untuk kapasitor akibat penambahan beban ditentukan dengan,

$$Q^+ = P \times \tan(\cos^{-1} \phi) \dots \dots \dots (2.9)$$

Menentukan nilai kapasitor akibat penambahan beban

$$C^+ = \frac{Q^+}{3 \times V_L^2 \times 2\pi f} \dots \dots \dots (2.10)$$

2.4. Pengaturan Daya Reaktif

Thyristor controlled reaktor (TCR) dengan cara mereduksi daya reaktif yang berlebih dari generator induksi yang di injeksikan oleh kapasitor. Daya reaktif yang dibutuhkan tergantung kapasitor dan inductor bank (Reaktor) yang di switch on atau off oleh thyristor menggunakan pengaturan sudut trigger [4,5,6].

Pada keadaan tidak berbeban, besar arus kapasitor.

$$I_c = \frac{V_1}{X_c} \dots \dots \dots (2.11)$$

Nilai I_c harus sama dengan arus magnetisasi I_m yaitu,

$$I_m = \frac{V_1}{X_m} \dots \dots \dots (2.12)$$

Tegangan V_1 merupakan fungsi dari I_m secara linear meningkat sampai titik saturasi inti magnetik tercapai. Besar I_m akan sangat tergantung besar tegangan yang dilewatkan oleh penyulutan sudut trigger thyristor.

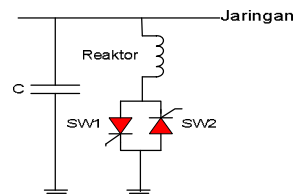
Frekuensi output dari generator induksi tereksitasi sendiri adalah,

$$f = \frac{1}{2\pi C X_m} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana C adalah kapasitansi eksitasi sendiri dan $\omega = 2\pi f$

2.5. Thyristor Controlled Reaktor (TCR)

Pada Gambar 2.2. merupakan skema statik kompensator menggunakan TCR [20]. Kapasitor dipasang dengan nilai tetap untuk memberikan daya reaktif pada generator induksi, kemudian TCR dihubungkan untuk mengatur arus reaktif ke reaktor dengan mengatur sudut triger. Kondisi pada kecepatan tetap kemudian penggerak utama (primeover) berfluktuasi, maka akan mengakibatkan gerak mekanik dan sistem kelistrikan juga ikut berfluktuasi. Fluktuasi penggerak utama menyebabkan tegangan generator juga berfluktuasi, sehingga mengakibatkan fluktuasi konsumsi daya reaktif. Metode mengatur tegangan dengan menggunakan thyristor controller reaktor (TCR) untuk mengatur kebutuhan kompensasi reaktif [16,17,18,19].



Gambar 2.2. Rangkaian pengaturan daya reaktif menggunakan TCR [18]

Komponen utama TCR terdiri dari reaktor dan thyristor switch SW1 dan SW2, kapasitor C tetap pemberi daya reaktif pada generator induksi dihubungkan langsung ke generator induksi[13,14,15]. Arus yang mengalir pada reaktor dinyatakan oleh persamaan berikut ini [12].

$$I = \frac{V_{rms}}{\omega L} (2\pi - 2\alpha + \sin 2\alpha) \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana X_L adalah Reaktansi raktor, α adalah Pergeseran sudut fasa, saat reaktor di switch, V_{rms}

adalah Tegangan rms sistem, ω adalah kecepatan sudut, besar arus yang mengalir ke reaktor yaitu,

$$IL = \frac{V dt}{L} = \frac{1}{L} Vm \int (-\cos \omega t_0)$$

$$IL = \frac{1}{\omega L} Vm \cdot \sin \omega t_0 \dots\dots\dots (2.15)$$

Kapasitor tanpa reaktor, dimana Arus *inrush* kapasitor pada generator induksi sangat besar bisa mencapai 40 sampai 250 kali I nominal, sehingga perlu dikurangi supaya gangguan transien diperkecil. Pengurangan yang paling sederhana adalah menggunakan kumparan induktor (*coil*) yang akan menurunkan arus *inrush* hingga 1/4 nya bila dibandingkan dengan tanpa *coil*. Pemasangan Coil juga berfungsi meredam besarnya arus harmonisa yang terjadi akibat *switching* yang dilakukan thyristor [8]

III. METODE PENELITIAN

3.1. Perhitungan Kapasitor

Kebutuhan kapasitor sebagai pemberi daya reaktif terhadap generator induksi (GI). Berdasarkan name plate motor induksi 3 fasa dengan daya 1 Kw, 380 volt, 50 Hz, efisiensi 80% dan faktor daya sebesar 0,76 maka, kebutuhan daya reaktif Q [1,10] yaitu;

$$P_{in} = \frac{1 \text{ kw}}{0,8} = 1,25 \text{ kw}$$

$$Q_m = P_{in} \cdot \tan \alpha = 1250 \cdot \tan 40,54^\circ = 1069,11 \text{ VAR}$$

$$Q_m \text{ per fasa} = 1069,11/3 = 356,37 \text{ VAR}$$

Nilai faktor pengali *k* diperoleh sebesar 1,47 berdasarkan daya motor 1 Kw Gambar 2.5 [1], sehingga kebutuhan daya reaktif generator adalah sebesar:

$$Q_g = 1,47 \times 356,37 = 523,864 \text{ VAR}$$

Reaktansi kapasitif hubungan bintang yaitu,

$$C = \frac{523,864}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 220^2} = 34,47 \mu F$$

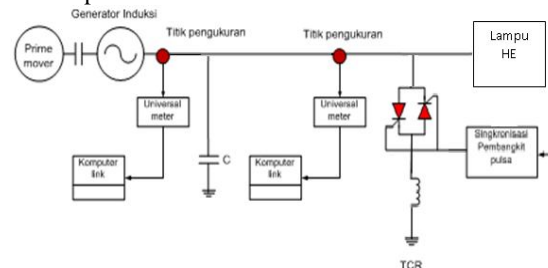
Maka kebutuhan kapasitor per fasanya diambil sebesar 35 μF dihubungkan bintang.

3.2. Nilai Reaktor

Kebutuhan nilai parameter Reaktor pada TCR yang digunakan sebagai pengatur daya reaktif yaitu resistansi R = 35 ohm dan induktansi L = 6 Henry.

3.3. Rangkaian Pengujian

Rangkaian pengujian dalam penelitian ini seperti terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Rangkaian pengujian GI dengan TCR dan induktor filter

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian GI 1 KW dengan kapasitor statik 35 uF terhadap beban non linier dengan daya variasi pada putaran tetap 1578 RPM seperti Tabel 4.1.

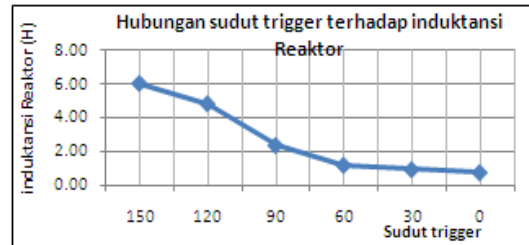
Tabel 4.1. Hasil Pengujian GI dengan beban bervariasi tanpa TCR

Beban (Watt)	T (N-m)	V (Volt)	F (HZ)	THD _i (%)	Cos Φ GI	Cos Φ Beban
0 W	2,12	234	52	4,7	0,01	0
135 W	2,92	226	51	5,7	0,07	0,71
270 W	3,65	220	50	10,4	0,14	0,71
417 W	4	214	50	10,4	0,17	0,78

Pembebanan ditambahkan, maka akan mengakibatkan tegangan GI semakin menurun dari 234V beban nol dan 214 V pada beban 417 W, demikian juga terhadap frekuensinya dari 52 Hz s/d 50 Hz.

Pengaturan Reaktor

Pengaturan TCR dapat dilakukan dengan mengatur sudut trigger pada thyristor. Hubungan sudut trigger terhadap besar induktansi reaktor seperti Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Sudut trigger terhadap induktansi reaktor

Semakin kecil pengaturan sudut trigger, maka tegangan dan arus pada reaktor semakin besar. Nilai induktansi berdasarkan hukum ohm yaitu, $Z = V/I$. Nilai impedansi terdapat X_L dimana $L = X_L/2\pi f$.

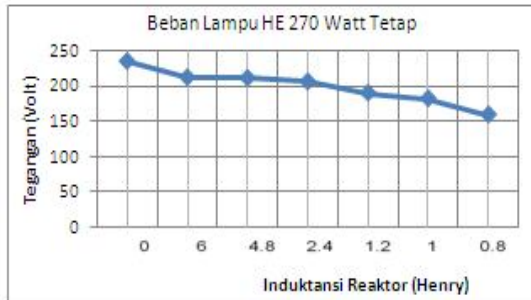
GI dengan beban tetap dan TCR bervariasi

Hasil pengujian GI 1 KW yang di putar sebesar 1580 RPM dengan kapasitor statik 35 uF terhadap beban non linier berupa lampu HE 270 watt tetap dan nilai induktansi Reaktor bervariasi dengan mengatur sudut trigger seperti ditunjukkan Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Pengujian GI beban 270 W tetap dan variasi nilai Reaktor

TCR (Henry)	T (N-m)	V (Volt)	F (HZ)	THD _i (%)	THD _v (%)	Cos Φ GI	Cos Φ Beban
-	4,46	236	50	2,5	1	0,18	0,6
6	3,56	213	50	2,7	2	0,16	0,76
4,8	3,49	212	50	3,5	2	0,16	0,75
2,4	3,25	207	50	4	2	0,17	0,76
1,2	2,81	191	50	4,5	3	0,2	0,77
1	2,63	183	50	4,7	3	0,22	0,78
0,8	2,25	160	50	5	3	0,28	0,81

Semakin kecil harga induktansi reaktor, maka arus reaktif semakin besar diserap dari kapasitor. Sehingga kompensasi arus reaktif pada generator mengecil. Dengan demikian tegangan yang dibangkitkan mengecil dan frekuensi tetap. Frekuensi tetap 50 Hz dikarenakan beban tetap.



Gambar 4.2. Karakteristik Pembebanan non linier GI terhadap tegangan dengan TCR

Torsi penggerak mula menurun akibat pengaturan reaktor dengan nilai induktansi Reaktor diperkecil. Semakin kecil nilai induktansi reaktor maka tegangan yang dihasilkan semakin menurun seperti Gambar 4.2. Hal ini disebabkan oleh arus reaktif yang cukup besar mengalir ke reaktor. Pada dasarnya pengaturan Reaktor bertujuan sebagai pengaturan tegangan pada reaktor. Frekuensi yang stabil 50 Hz harus di kendalikan tersendiri berkaitan dengan putaran GI. Karena dari hasil pengukuran yang dilakukan pada GI jika ditambah beban, maka frekuensi menurun walau tegangan dapat dijaga konstan. Torsi penggerak menurun akibat pengaturan TCR dengan nilai induktansi reaktor diperkecil. Sementara nilai THD_v, faktor daya pada GI dan beban meningkat.

GI beban bervariasi dan TCR tetap

Hasil pengujian GI 1 KW yang di putar sebesar 1580 RPM dengan kapasitor statik 35 uF terhadap variasi beban non linier dan TCR tetap seperti ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Generator beban bervariasi dan TCR tetap

Beban (Watt)	T (N-m)	V (Volt)	F (HZ)	THD _i (%)	THD _v (%)	CosΦ GI	CosΦ Beban
0	3.3	240	51	8.89	6.79	0.04	-
135	3.9	232	50,5	9.02	7.2	0.1	0.53
270	4.4 6	220	50	8.36	8.05	0.18	0.6
135+6 H	3.7 5	228	50	8.9	7.3	0.11	0.53
270+6 H	4.3 5	217	50	8.9	8	0.19	0.6

Bertambahnya beban maka tegangan akan turun walaupun reaktor tetap. Torsi pemutar generator lebih kecil dengan menggunakan reaktor dibandingkan tanpa menggunakan reaktor.

GI beban dan TCR bervariasi

Hasil pengujian GI 1 KW yang di putar sebesar 1618 RPM dengan kapasitor statik 35 uF terhadap variasi

beban dan TCR bervariasi seperti ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Generator beban dan TCR berubah pada putaran 1618 RPM

Beban (Watt)	T (N-m)	V (Volt)	F (HZ)	THD _i (%)	THD _v (%)	CosΦ GI	CosΦ Beban
270+6H	4.56	220	50	8.36	8.05	0.19	0.6
135+1.2H	3.65	220	50	9	7.2	0.25	0.55
0 + 0.6H	1.87	220	50	5.5	5.47	0.01	-

Bertambahnya beban maka tegangan dan frekuensi yang dihasilkan tetap. Frekuensi dapat tetap, jika dilakukan pengaturan Torsi penggerak mula. Jika torsi penggerak mula tidak dapat diatur maka frekuensi harus dilakukan kendali tersendiri.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Tegangan yang dibangkitkan semakin kecil dari 234 volt sampai 214 volt saat dilakukan penambahan beban dari 0 watt s/d 417 watt walau kecepatan generator dijaga tetap pada 1578 RPM, demikian juga torsi yang dibutuhkan semangkit meningkat dari 2,12 N-m s/d 4 N-m.
2. Semakin kecil harga induktansi reaktor, maka arus reaktif semakin besar diserap dari kapasitor. Sehingga kompensasi arus reaktif pada generator mengecil. Dengan demikian tegangan yang dibangkitkan mengecil dan frekuensi tetap 50 Hz dikarenakan beban tetap 270 W.
3. Pengaturan reaktor TCR mampu mereduksi arus reaktif sehingga dapat mengatur tegangan tetap 220 V tanpa mengubah nilai frekuensi sistem 50 Hz pada putaran tetap.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Machmud Effendy, 2009, Rancang Bangun Motor Induksi Sebagai Generator (Misg) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, TRANSMISI, Jurnal Teknik Elektro, Volume 11, Nomor 2, Juni 2009.
- [2] Bansal R.C., *Three-Phase Self-Excited Induction Generators, An Overview, Senior Member, IEEE*
- [3] Djoekardi, Djuhana, 1996, *Mesin-mesin Listrik Motor Induksi, Jakarta*, Universitas Trisakti.
- [4] Elena Giménez Romero, 2007, *Voltage Control in a MediumVoltage System with Distributed Wind Power Generation*, Dept. of Industrial Electrical Engineering and Automation Lund University Coden:Lutedx/(TEIE-5243)/1-68.
- [5] Erwin Dodu A.Y., 2009, *pemodelan sistem generator induksi tereksitasi sendiri (self-excited induction generator (seig))* JIMT, Vol. 6, No. 2,
- [6] Ghanshyam Vishwakarma and Nitin Saxena, 2013, *Enhancement of Voltage Profile by using*

- Fixed Capacitor- Thyristor Controlled Reactor (FC-TCR)*, *International Journal of Electrical, Electronics and Computer Engineering* 2(2): 18-22(2013) ISSN No: 2277-2626
- [7] Harpreet Singh, Durga Sharma, 2015, *Reactive Compensation Capability Of Fixed Capacitor Thyristor Controlled Reactor For Load Power Faktor Improvement*, *International Journal Of Scientific & Technology Research* Volume 4, Issue 01, January 2015 Issn 2277-8616
- [8] Hendik Eko H.S, Yahya Chusna Arif, dan Indhana Sudiharto, 2010, *Teknik Pengurangan Arus Inrush dan Pengurangan Harmonisa Pada Kapasitor Bank Untuk Beban Non Linier*, ISSN: 2088-0596 - Published by EEPIS
- [9] I Ketut perdana Putra, sasongko Pramono Hadi, T. Haryono, 2004, *Penggunaan kapasitor untuk perbaikan unjuk kerja motor induksi sebagai Generator*, Program studi Teknik Elektro Program pasca sarjana UGM Teknosains.
- [10] I ketut perdana putra, 2008, *Perbandingan analisis nilai kapasitor pada operasi motor induksi sebagai generator menggunakan metode BL theraja dan jean marc chapallaz*, jurnal penelitian unram, ISSN 085-0098 vol.2 no 13.
- [11] Jesús fraile-ardany, jesús fraile-mora, pedro a. Garcia-gutierrez, 2012, *Voltage control of isolated self-excited induction generator through series compensation*, przegląd elektrotechniczny (electrical review), ISSN 0033-2097, r. 88 nr 1a/technical university of Madrid.
- [12] Juan Dixon ,Luis Morán (F) José Rodríguez (SM), Ricardo Domke,, *Reactive Power Compensation Technologies*, State of the-Art Review
- [13] Kusum Arora, S.K. Agarwal, Narendra kumar, Dharam Vir, 2013, *Simulation Aspects of Thyristor Controlled Series Compensator in Power System*, IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN) e-ISSN: 2250-3021, p-ISSN: 2278-8719 Vol. 3, Issue 4 (April. 2013), ||V1 || PP 17-26
- [14] Ljubiša Spasojević, Boštjan Blažič, Igor Papič, 2011, *Application of a thyristor-controlled series reactor to reduce arc furnace flicker*, *Elektrotehniški Vestnik* 78(3): 112-117, 2011, *Faculty of Electrical Engineering University of Ljubljana*
- [15] Mosaad M.I., 2011, *Control of Self Excited Induction Generator using ANN based SVC*, *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887), Volume 23– No.5, June 2011
- [16] Rohan S. Khonde, M. Tech, Prof. M. V. Palandurkar, *Simulation Model of Thyristor Controlled Reactor*, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* ISSN: 2278-0181, Vol. 3 Issue 4, April – 2014
- Department of Electrical, Ramdeobaba College of Engineering & Management, Nagpur, India.
- [17] Ruchi Aggarwal, Sanjeev Kumar, 2014, *Voltage Stability Improvement of Grid Connected Wind Driven Induction Generator Using Svc*, *Journal of Engineering Research and Applications* ISSN : 2248-9622, Vol. 4, Issue 5(Version 2), May 2014, pp.102-105
- [18] Sheila Mahapatra, Aashish Goyal, Neharika Kapil, 2014, *Thyristor Controlled Reactor for Power Faktor Improvement*, *Aashish Goyal et al Int. Journal of Engineering Research and Applications* www.ijera.com ISSN : 2248-9622, Vol. 4, Issue 4(Version 2), April 2014, pp.55-59
- [19] Venu Yarlagadda, Dr.B.V.Sankar Ram and Dr. K. R. M. Rao, 2012, *Automatic Control of Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC)*, *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)* ISSN: 2248-9622 Vol. 2, Issue 3, May-Jun 2012, pp. 444-449
- [20] Vijayakumar .T, A.Nirmalkumar and N.S. Sakthivelmurugan, *Reactive Power Control Using FC -TSR – TCR*, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 2(1): 1-4, 2010 ISSN: 2040-7467
- [21] Yogesh K. Chauhan , Sanjay K. Jain , and Bhim Singh, 2012, *Performance of self-excited induction generator with costeffective static compensator*, *Maejo Int. J. Sci. Technol*, ISSN 1905-7873
- [22] Yulianus songli, 2009, *perencanaan motor induksi sebagai generator*, dosen teknik elektro uki paulus makassar adiwidia edisi no. 2.
- [23] Bhim Singh, Gaurav Kumar Kasal, Ambrish Chandra, Kamal-Al-Haddad, 2011, *Electronic Load Controller for a Parallel Operated Isolated Asynchronous Generator Feeding Various Loads*, *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*, 2011, 3, 101-114, doi:10.4236/jemaa.2011.34017 Published Online April 2011 (<http://www.SciRP.org/journal/jemaa>)