

# MOTOR INDUKSI *SPLIT PHASE* SEBAGAI GENERATOR INDUKSI SATU FASA

Sofian Yahya<sup>1)</sup>, Toto Tohir<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung<sup>1,2)</sup>  
Jln. Gegerkalong Hilir, Ds Ciwaruga, Bandung 40559  
Telepon (022) 2013789 ekst 265  
E-mail : sofianyahya@gmail.com<sup>1)</sup>  
t\_tohir@yahoo.com<sup>2)</sup>

## Abstrak

*Salah satu alternatif untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik ini, terutama untuk daya rendah (low power) <3 Kw adalah dengan memanfaatkan motor induksi satu fasa sebagai generator induksi. Generator induksi lebih murah, dan mudah diperoleh dalam berbagai ukuran dipasaran, tidak menggunakan sikat atau komponen lain yang memerlukan perawatan. Adapun kelemahan utama generator induksi adalah tegangan yang tidak konstan. Perubahan beban pada generator dapat menyebabkan perubahan pada tegangan dan frekuensi keluaran. Tujuan penelitian ini adalah melakukan perhitungan dan pengujian untuk menentukan nilai kapasitor minimum yang dibutuhkan untuk mengubah motor induksi satu fasa split phase sebagai generator induksi satu fasa, dengan daya keluaran 250 Watt, tegangan 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz dan membuat alat pengontrol untuk menstabilkan tegangan dan frekuensi keluaran generator akibat perubahan beban. Berdasarkan hasil pengujian, untuk membangkitkan tegangan generator sebesar 220 Volt diperlukan kapasitor dengan nilai  $\geq 42,83 \mu\text{F}$ . Pengontrolan tegangan dengan mengatur besarnya nilai kapasitor yang terhubung ke belitan generator dengan menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535 mampu menjaga tegangan keluaran generator antara 205 Volt s.d 220 Volt dengan frekuensi antara 46 Hz s.d 50 Hz saat generator diberi beban resistif antara 0 Watt s.d 300 Watt.*

*Kata Kunci : Motor Induksi Split Phase, Generator Induksi Satu Fasa, Mikrokontroler, Kapasitor*

## PENDAHULUAN

Salah satu alternatif untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik adalah mendorong dan membina masyarakat pedesaan yang berdekatan dengan sumber saluran irigasi, untuk mencoba membuat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) daya rendah (low power) <3 Kw dengan memanfaatkan motor induksi satu fasa sebagai generator induksi. Generator induksi lebih murah, dan mudah diperoleh dalam berbagai ukuran dipasaran, tidak menggunakan sikat atau komponen lain yang memerlukan perawatan. Adapun kelemahan utama generator induksi adalah tegangan yang tidak konstan. Perubahan beban dapat menyebabkan perubahan pada tegangan dan frekuensi [1, 2]. Apalagi jika diterapkan pada PLTM yang tidak menggunakan governor. Untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk mengubah motor induksi split phase menjadi generator induksi satu fasa dengan tegangan dan frekuensi yang relatif konstan, walaupun beban generator berubah-ubah [3, 4, 5].

Tujuan penelitian ini adalah, **pertama** melakukan perhitungan dan pengujian untuk menentukan nilai kapasitor minimum yang dibutuhkan untuk mengubah motor induksi satu fasa *split phase* sebagai generator induksi satu fasa, dengan daya keluaran 250 Watt, tegangan 220 Volt dan frekuensi 50 Hz. **Kedua** merencanakan dan merealisasikan alat pengontrol tegangan keluaran generator induksi satu fasa dengan pengaturan nilai kapasitor berbasis mikrokontroler, sehingga tegangan dan frekuensi generator tetap walaupun terjadi perubahan beban.

## METODOLOGI PENELITIAN

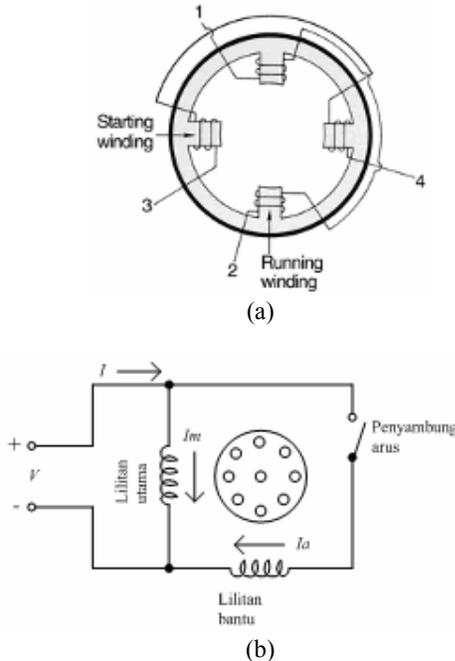
Metodologi penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimen. **Pertama** menentukan parameter mesin induksi berdasarkan percobaan beban nol dan percobaan hubung singkat, data-data parameter ini dibutuhkan untuk menentukan nilai minimum kapasitor yang dibutuhkan untuk mengubah motor induksi split phase menjadi generator induksi satu fasa. **Kedua** melakukan pengujian pada motor induksi split phase setelah dipasang kapasitor minimum berdasarkan hasil

perhitungan. Berdasarkan hasil pengujian diharapkan diperoleh beberapa nilai kapasitor yang dibutuhkan untuk menjaga tegangan dan frekuensi generator induksi tetap konstan walaupun terjadi perubahan pada beban. Ketiga merancang dan membuat rangkaian sensor arus, rele pengatur kapasitor dan rangkaian mikrokontroler ATmega 8535 yang berfungsi sebagai pengontrol besarnya nilai kapasitor yang harus terhubung ke belitan generator, sehingga tegangan dan frekuensi yang disalurkan oleh generator induksi konstan.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**Konstruksi Dan Prinsip Kerja Motor Split Phase**

Struktur motor induksi fasa tunggal sama dengan motor induksi tiga fasa jenis rotor sangkar, kecuali kumparan statornya yang hanya terdiri dari satu fasa. Pada motor *Split Phase*, lilitan stator terdiri dari lilitan utama (*starting winding*) dan lilitan bantu (*running winding*) yang mempunyai saklar sentrifugal. Konstruksi motor *Split Phase* seperti terlihat pada gambar 1(a). [6, 7]



Gambar 1. (a) Konstruksi motor *Split Phase*  
 (b) Rangkaian motor *Split Phase*

Pada saat motor mulai dijalankan, saklar sentrifugal akan berada pada posisi menutup dan medan magnetik dari kedua lilitan akan menghasilkan gaya putar yang diperlukan untuk menjalankan rotor hingga mencapai kecepatan penuhnya. Ketika motor telah mencapai kecepatan putaran kira-kira 80% dari kecepatan penuhnya, lilitan bantu diputuskan oleh saklar

sentrifugal dan motor tetap berputar dengan memanfaatkan fluks magnetik yang dibangkitkan oleh lilitan utama.

**Mengubah Motor Induksi Satu Fasamenjadi Generator Induksi Satu Fasa**

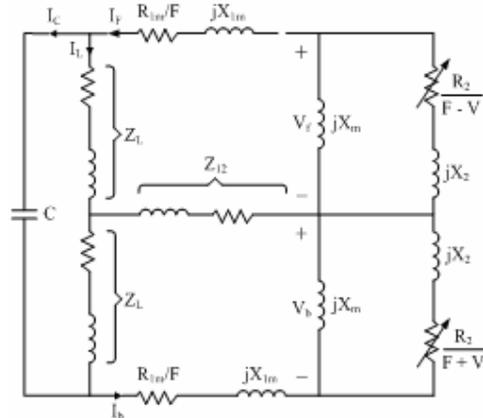
Untuk mengoperasikan motor induksi sebagai generator dibutuhkan daya mekanis sebagai penggerak mula yang akan memutar rotor melebihi kecepatan sinkronnya [7]. Dengan kata lain, pada generator induksi slip selalu dalam negatif.

Hal ini dapat dilihat dari persamaan berikut.

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \tag{1}$$

S = Slip  
 N<sub>s</sub> = Kecepatan stator  
 N<sub>r</sub> = Kecepatan rotor

Untuk membangkitkan tegangan pada terminal keluaran generator induksi maka dibutuhkan daya reaktif sesuai dengan kebutuhan daya reaktif mesin induksi tersebut. Kebutuhan daya reaktif dapat dipenuhi dengan memasang suatu unit kapasitor pada terminal keluaran generator induksi. Pada generator induksi terdapat fluksi sisa atau medan magnet pada kumparan stator. Proses pembangkitan tegangan tidak akan terjadi jika tidak terdapat fluksi sisa. Rangkaian ekuivalen generator induksi satu fasa seperti terlihat pada gambar 2. Rangkaian ini memperlihatkan kapasitor eksitasi yang dihubungkan paralel dengan lilitan utama dan beban.



Gambar 2. Rangkaian ekuivalen generator induksi satu fasa  
 Nilai kapasitor minimum yang diperlukan dinyatakan dengan formula:

$$j a X_1 + j a X_m - j \frac{X_c}{a} = 0$$

$$\frac{X_c}{a} = a X_1 + a X_m$$

$$X_c = a^2 (X_1 + X_m) = b^2 (X_1 + X_m)$$

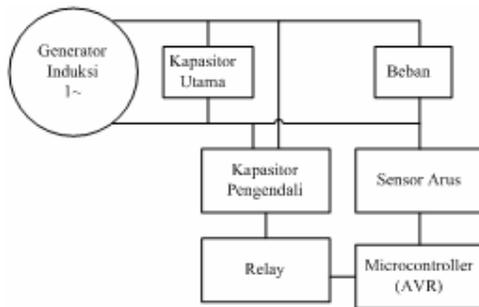
$$C_{\min} = \frac{1}{\omega b^2 (X_1 + X_m)} \quad (2)$$

Dimana:

- $C_{\min}$  = nilai kapasitor eksitasi ( $\mu\text{f}$ )
- $\omega$  =  $2\pi \cdot f$
- $a$  = perbandingan frekuensi keluaran dengan frekuensi dasar (p.u)
- $b$  = perbandingan antara kecepatan putaran rotor dengan kecepatan putaran sinkron yang disesuaikan dengan frekuensi dasar (p.u)
- $X_1$  = nilai reaktansi stator ( $\Omega$ )
- $X_m$  = nilai reaktansi magnetisasi ( $\Omega$ )

### Pengendali Tegangan Generator Induksi Satu Fasa

Pengendalian tegangan generator induksi satu fasa dilakukan dengan mengatur kapasitor secara otomatis berbasis mikrokontroler [8] ATMEGA 8535. Sensor arus mendeteksi beban yang masuk ke generator. Apabila terjadi penurunan atau penambahan tegangan secara otomatis kapasitor akan dinaikkan atau diturunkan. Pengendalian tegangan generator induksi seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok pengendali tegangan generator induksi

### PENGUJIAN GENERATOR INDUKSI SATU FASA

Dalam perancangan generator induksi perlu dilakukan beberapa percobaan untuk menentukan parameter dan rangkaian ekuivalen generator. Setelah parameter generator induksi diketahui, maka dapat ditentukan nilai kapasitor minimum yang diperlukan untuk membangkitkan tegangan keluaran generator induksi. Gambar 4 menunjukkan foto dokumentasi pada saat alat dilakukan pengujian.



Gambar 4. Pengujian Generator Induksi Satu Fasa

### Pengukuran Resistansi Stator ( $R_1$ )

Pengukuran resistansi stator dilakukan dengan memberikan tegangan DC pada belitan stator, kemudian mengukur nilai tegangan dan arus yang mengalir pada stator, maka resistansi stator dapat diketahui dengan menggunakan formula :

$$R_1 = \frac{V_{dc}}{I_{dc}} = \frac{6,1}{1,5} = 4,07 \Omega$$

### Pengujian Beban Nol

Percobaan beban nol dilakukan dengan menghubungkan motor induksi tersebut dengan suatu tegangan dan frekuensi tertentu. Bagian rotor pada kondisi pengetesan tidak terhubung dengan beban mekanis. Dari hasil percobaan didapatkan data sebagai berikut:

- $V_0 = 220$  Volt
- $I_0 = 2,9$  Ampere
- $P_0 = 145$  Watt
- Impedansi beban nol:

$$Z_0 = \frac{V_0}{I_0} = \frac{220}{2,9} = 75,86 \Omega$$

- Resistansi beban nol:

$$R_0 = \frac{P_0}{I_0^2} = \frac{145}{(2,9)^2} = 17,24 \Omega$$

- Reaktansi beban nol:

$$\begin{aligned} X_0 &= \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} \\ &= \sqrt{(75,86)^2 - (17,24)^2} \\ &= 73,88 \Omega \end{aligned}$$

- Faktor daya beban nol:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{V_0 \cdot I_0} = \frac{145}{220 \cdot 2,9} = 0,227$$

$$\Rightarrow \varphi = 76,86^\circ$$

- Reaktansi magnet:

$$X_m = \frac{Z_0}{\sin \phi_0} = \frac{75,86}{\sin 76,86} = 77,89 \Omega$$

**Pengujian Hubung Singkat**

Pada saat pengujian dilakukan rotor diblok. Kurangi tegangan suplai ( $\pm 15$  atau  $20\%$  dari tegangan normal) dan diatur sampai arus beban penuh mengalir dalam stator. Dari hasil percobaan didapat data sebagai berikut:

- $V_{hs} = 50$  V
- $I_{hs} = 1,45$
- $P_{hs} = 70$  W
- Impedansi hubung singkat

$$Z_{hs} = \frac{V_{hs}}{I_{hs}} = \frac{50}{1,45} = 34,38 \Omega$$

- Resistansi hubung singkat

$$R_{hs} = \frac{P_{hs}}{I_{hs}^2} = \frac{70}{(1,45)^2} = 33,29 \Omega$$

- Reaktansi hubung singkat

$$X_{hs} = \sqrt{Z_{hs}^2 - R_{hs}^2}$$

$$X_{hs} = \sqrt{(34,48)^2 - (33,29)^2} = 8,99 \Omega$$

- Resistansi rotor

$$R_2 = R_{hs} - R_1 = 33,29 - 4,07 = 29,22 \Omega$$

- Reaktansi rotor

$$X_1 = X_2 = \frac{X_{hs}}{2} = \frac{8,99}{2} = 4,5 \Omega$$

Tabel 1 dan 2 menunjukkan pengujian beban nol dan hubung singkat pada Generator Induksi Satu Fasa.

Tabel 1. Pengujian Beban Nol

Resistansi Stator	Pengujian Beban Nol				
$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_0$ ( $\Omega$ )	$Z_0$ ( $\Omega$ )	$X_0$ ( $\Omega$ )	$\phi$	$X_m$ ( $\Omega$ )
4,07	17,24	75,86	73,88	76,86	77,89

Tabel 2. Pengujian Hubung Singkat

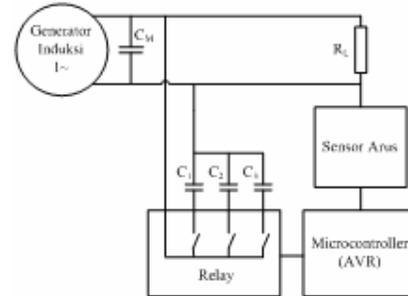
Pengujian Hubung Singkat				
$Z_{HS}$ ( $\Omega$ )	$R_{HS}$ ( $\Omega$ )	$X_{HS}$ ( $\Omega$ )	$R_2$ ( $\Omega$ )	$X_1=X_2$ ( $\Omega$ )
34,38	33,29	8,99	29,22	77,89

**Perhitungan Nilai Kapasitansi Generator**

Agar generator induksi bisa membangkitkan tegangan maka diperlukan kapasitor. Nilai kapasitor yang dipasang harus lebih besar dari nilai kapasitor minimum yang diperlukan untuk proses eksitasi. Besar

nilai kapasitor yang diperlukan berdasarkan persamaan 2 maka diperoleh nilai kapasitor minimum  $42,83 \mu F$ .

**Perancangan Rangkaian Pengendali Kapasitor Generator**

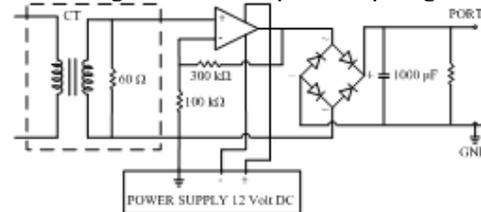


Gambar 5. Blok diagram pengendali tegangan generator induksi satu fasa

Gambar 5 memperlihatkan blok diagram rangkaian pengendali tegangan generator induksi satu fasa terdiri dari AVR mikrokontroler, relay dan sensor arus. Dari hasil percobaan, nilai kapasitor bantu yang dibutuhkan sebagai penyeimbang tegangan generator adalah sama yaitu  $C_1 = C_2 = C_3 = 12 \mu F$ .

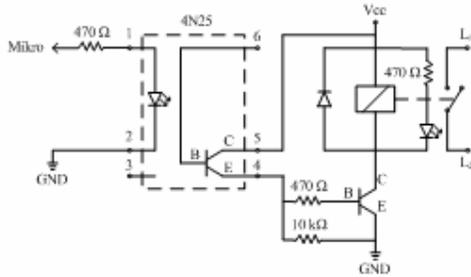
Sensor arus digunakan untuk mendeteksi perubahan yang dihasilkan generator akibat adanya perubahan beban. Untuk memperkecil arus beban agar bisa terbaca oleh mikrokontroler, maka diperlukan CT (*Current Transformer*). Mikrokontroler tidak bisa membaca arus, tetapi hanya bisa membaca tegangan. Untuk itu pada CT dipasang resistor agar dihasilkan tegangan.

Tegangan keluaran CT terlalu kecil, maka diperlukan Op-Amp sebagai penguat untuk memperbesar nilai tegangan. Besar kecilnya penguatan yang dihasilkan bisa diatur dengan mengubah nilai tahanan sebagai pengali tegangan. Tegangan yang dikeluarkan oleh Op-Amp adalah tegangan bolak-balik (AC). Untuk mengubah tegangan AC menjadi DC maka diperlukan dioda bridge sebagai penyearah, dan diperlukan kapasitor untuk memperkecil tegangan *ripple* yang keluar dari diode bridge, serta tahanan untuk membuang sisa muatan kapasitor seperti gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian sensor arus

Rangkaian relay dibutuhkan sebagai pengendali kapasitor dan rangkaian relay ini merupakan output dari mikrokontroler seperti yang ditunjukkan gambar 7.



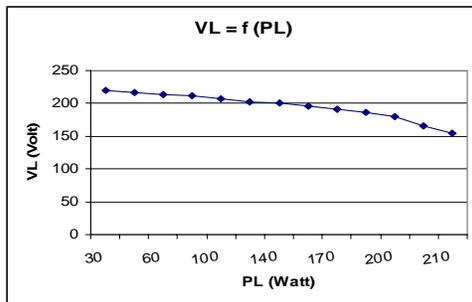
Gambar 7. Spesifikasi rangkaian relay pengendali kapasitor

### Hasil Pengujian Generator Induksi Satu Fasa

Pada pengujian generator induksi beban resistif tanpa pengendali, setiap perubahan beban mengakibatkan perubahan pada tegangan, seperti terlihat pada gambar 8. Kenaikan beban menyebabkan tegangan keluaran (11 pt bold) Pendahuluan

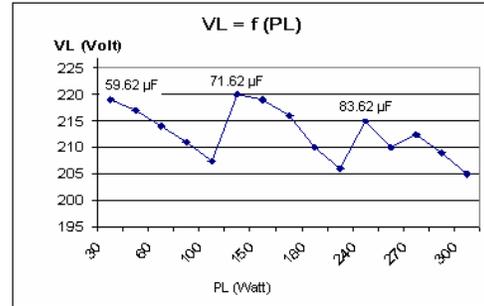
### Hasil Pengujian Generator Induksi Satu Fasa

Pada pengujian generator induksi beban resistif tanpa pengendali, setiap perubahan beban mengakibatkan perubahan pada tegangan, seperti terlihat pada gambar 8. Kenaikan beban menyebabkan tegangan generator menurun. Daya yang dihasilkan saat kapasitor 47,62  $\mu\text{F}$  hanya mencapai 210 Watt.



Gambar 8. Karakteristik  $V_L = f(P)$  beban resistif tanpa pengendali dengan rating kapasitor 47,62  $\mu\text{F}$

Pada pengujian pengendali kapasitor dengan alat pengendali, tegangan kapasitor dapat distabilkan antara 220 Volt sampai dengan 205 Volt, seperti terlihat pada gambar 9. Daya yang dihasilkan dapat mencapai 300 Watt karena terjadi penambahan nilai kapasitor.



Gambar 9. Karakteristik  $V_L = f(P_L)$

### KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil pengujian terhadap motor induksi *split phase* sebagai generator induksi satu fasa, dapat diperoleh beberapa kesimpulan.
- Kapasitor minimum yang digunakan untuk menghasilkan arus eksitasi adalah 42,83  $\mu\text{F}$ . Maka kapasitor yang diperlukan untuk membangkitkan tegangan generator sebesar 220 Volt dengan daya 250 Watt dan frekuensi 50 Hz harus  $\geq 42,83 \mu\text{F}$ . Dengan bertambahnya kapasitor maka tegangan keluaran generator naik. Sehingga kapasitor bisa digunakan untuk menaikkan tegangan generator yang turun akibat kenaikan beban.
- Pengujian dengan nilai kapasitor 47,62  $\mu\text{F}$  dihubungkan paralel ke belitan generator, kemudian beban diatur dari 0 Watt s.d 210 Watt, hasilnya frekuensi generator tetap sebesar 50 Hz dengan tegangan bervariasi dari 155 Volt s.d 220 Volt semakin besar beban, maka tegangan semakin turun.
- Pengujian dilakukan dengan mengatur besarnya nilai kapasitor yang terhubung ke belitan generator yang dilakukan secara otomatis dengan menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535, dengan kecepatan awal generator 1.533 Rpm. Nilai Kapasitor awal 47,62  $\mu\text{F}$ , selanjutnya nilai kapasitor dapat diubah ke dalam tiga tahap, yaitu 59,62  $\mu\text{F}$ , 71,62  $\mu\text{F}$ , dan terakhir 83,62  $\mu\text{F}$ . Besarnya nilai kapasitor yang terhubung tergantung pada besarnya beban yang terhubung pada generator. Berdasarkan hasil pengujian dengan perubahan beban dari 0 Watt s.d 300 Watt, frekuensi generator bervariasi antara 46 Hz s.d 50 Hz, sedangkan tegangannya bervariasi antara 205 Volt s.d 220 Volt.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Terimakasih kami sampaikan kepada Sdri Linda Amaliyah dan Qori Hastuti yang telah membantu dalam pembuatan alat dan melakukan pengujian di Laboratorium Mesin Listrik-Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung (Polban).

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] B.S, M. Isnaeni. 2005: Motor Induksi Sebagai Generator (MISG), *Seminar Nasional Teknik Ketenagalistrikan*, Teknik Elektro Fak Teknik-Universitas Diponegoro.
- [2] Ion, Catalin Petra. Serban, Ioan. 2006: *A Single-Phase Dump Load For Stand-Alone Generating Units with Induction Generator*, *Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series*, No 30. [http://www.elth.ucv.ro/fisiere/anale/2006/4\\_8.pdf](http://www.elth.ucv.ro/fisiere/anale/2006/4_8.pdf)
- [3] Kavasseri, Rajesh G., *Steady State Analysis of Induction Generator Infinite Bus System*, Department of Electrical and Computer Engineering, North Dakota State University, Fargo, ND 58105 - 5285, USA. <http://www.ndsu.nodak.edu>
- [4] Rahim, Y.H.A. Al-Mudaiheem, R.I. 1993: *Perfomance of Single Phase Induction Generator*, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol 8, No 3 <http://docs.ksu.edu.sa/PDF/Articles26/Article260071.pdf>
- [5] Robinson. L. Holmes, D.G. *A Single Phase Self-Excited Induction Generator with Voltage and Frequency Regulation for use in a Remote Area Power Supply*. <http://www.itee.uq.edu.au/~aupec/aupec06/htdocs/content/pdf/207.pdf>
- [6] Singh, B., Shilpkar, LB.1999: *Steady-state analysis of single-phase self-excited induction generator*, *IEE Proc.-Gener. Transm. Dislrib.*, Vol. 146, No. 5.421-427. <http://www.eprint.iitd.ac.in/dspace/bitstream/2074/1961/1/singhste1999.pdf>