

SINKRONISASI DAN PENGAMANAN MODUL GENERATOR LAB-TST BERBASIS PLC (HARDWARE)

Tri Prasetya F.¹ Ir. Yahya C A, MT.² Suhariningsih, S.ST MT.³
Mahasiswa Jurusan Elektro Industri¹, Dosen Pembimbing² Dosen Pembimbing³
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya(PENS)
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, Indonesia
Email: Praztha@yahoo.Com

ABSTRAK

Sinkronisasi generator dalam pendistribusian energi listrik saat ini diperlukan untuk mendapatkan daya listrik lebih besar. Beberapa permasalahan timbul saat kita menginginkan generator yang kita bangun untuk disinkronkan terhadap generator yang lain, yaitu kesamaan tegangan, frekuensi, tidak ada selisih sudut pada fasa dan urutan fasa. Salah satu solusi permasalahan tersebut adalah penggunaan *synchronizer* yang dapat secara otomatis menyingkronkan generator ke dalam generator yang lain khususnya pada lab-TST. Pada proyek akhir ini digunakan PLC (Zelio) sebagai kendali utama dan pendeteksi parameter-parameter yang dibutuhkan, yaitu frekuensi, tegangan dan beda fasa. Penggunaan sensor-sensor yang dapat mendeteksi parameter-parameter sinkron serta tambahan kontroler dapat disusun menjadi suatu sistem yang handal dan membantu proses sinkronisasi yang sebelumnya masih manual. Pada pengujian tiap-tiap bagian tidak ditemukan permasalahan yang besar. Sensor tegangan memberikan nilai yang linear saat pengukuran tegangan 0-400 v. Pembacaan sensor frekuensi juga memiliki nilai yang linear mulai 41-59 Hz. Hasil dari sinkronisasi ini kontaktor rele 1 nyala terlebih dahulu, kontaktor rele 2 nyala saat parameter tegangan 380 v, frekuensi 50 Hz, urutan fasa yang sama, dan tidak ada selisih sudut fasa antara kedua generator.

Kata Kunci: parameter sinkronisasi, kontroler, sensor

1. PENDAHULUAN

Generator merupakan sumber utama dari semua energi listrik yang dipakai sekarang ini dan merupakan converter energi terbesar di dunia. Pada generator secara prinsip, tegangan yang dihasilkan bersifat bolak-balik, sedangkan generator yang menghasilkan tegangan searah karena telah mengalami proses penyearahan. Kerja paralel generator diperlukan untuk memperbesar kapasitas daya yang dibangkitkan serta menjaga kontinuitas pelayanan beban. Dalam kerja paralel generator ada beberapa syarat yang harus dipenuhi antara lain tegangan terminal (efektif) harus sinkron, frekuensi kedua generator harus sinkron, fasa kedua generator harus sinkron, urutan fasa kedua generator harus sama.

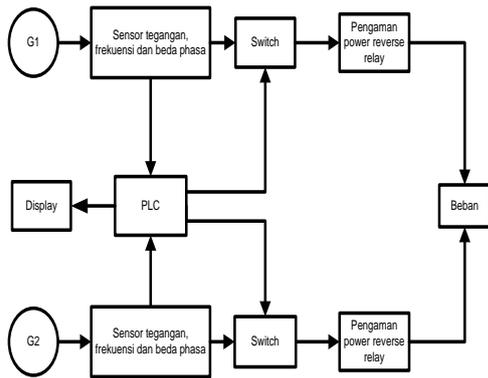
PLC (*Programmable Logic Control*) digunakan sebagai pengontrol sistem. Dalam tugas akhir ini akan dibuat sebuah sistem sinkronisasi dan pengamanan modul generator lab TST berbasis PLC. Pembacaan sensor tegangan, frekuensi, beda fasa akan dibaca oleh PLC dan membandingkan tegangan, frekuensi, beda fasa

dari kedua generator. PLC akan menampilkan hasil pembacaan sensor ke display. Apabila parameter dari kedua generator sudah sama, PLC akan mengontrol kontaktor untuk ON. Apabila terdapat perbedaan parameter dari kedua generator, PLC akan mengontrol kontaktor untuk OFF

2. KONFIGURASI SISTEM

Pada perancangan dan pembuatan proyek akhir *Sinkronisasi dan Pengamanan Modul Generator Lab-TST* ini, dimana PLC sebagai kontrol dari sensor-sensor. Sensor tegangan berfungsi sebagai pembaca tegangan dari generator. Sensor frekuensi berfungsi sebagai pembaca frekuensi pada generator. Dan sensor beda fase berfungsi membandingkan sudut fase diantara dua generator.

Gambaran sistem yang akan kami rancang pada proyek akhir ini dijelaskan oleh blok diagram yang ditunjukkan Gambar 2.1.



Gambar2.1 Blok Diagram

Rangkaian Sensor Tegangan

Pada sensor tegangan digunakan sebuah transformator step-down hubungan Δ/Y dan resistor pembagi tegangan dipasang secara paralel antara fasa dengan netral dan dihubungkan ke sebuah rectifier dan dihubungkan ke filter C. Sensor ini mendeteksi level tegangan pada Line Generator dan akan dibaca oleh PLC (Zelio).

Pada rangkaian ini digunakan $R_1 = 22$ Kohm dan $V_r = 5$ Kohm.

Dengan V_{in} Sebesar:

Dengan tegangan keluaran yang diinginkan sebesar 6 volt. Jadi nilai R_2 (V_r):

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

$$6 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

$$6 = \frac{5000}{R_1 + 5000} \times 40$$

$$30000 + 6R_1 = 200000$$

$$6R_1 = 200000 - 30000$$

$$6R_1 = 170000$$

$$R_1 = 28333.33\Omega$$

Untuk perhitungan daya resistor pembagi tegangan adalah sebagai berikut:

$$R_{tot} = R_1 + R_2$$

$$= 28333.33 + 5000$$

$$= 33333.33\Omega$$

$$I = \frac{V_{in}}{R_{tot}}$$

$$I = \frac{40}{33333.33}$$

$$= 0.00120A$$

$$P = I^2 \times R$$

$$P = (0.00120)^2 \times 33333.33 = 0.048Watt$$

Daya resistor yang digunakan $\frac{1}{4}$ Watt

Jadi dengan nilai V_R atau R_2 sebesar 5 kohm maka output tegangan dari sensor akan maksimal sebesar 6 volt. Dengan begitu output sensor dapat dibaca oleh analog input dan selanjutnya akan diproses pada PLC (Zelio).

Rangkaian Sensor Frekuensi

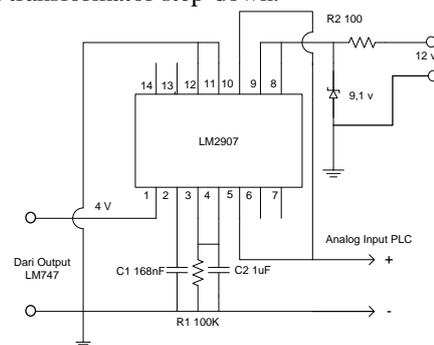
Sensor frekuensi ini menggunakan typical application dari IC LM2907. Sensor ini akan mendeteksi setiap perubahan frekuensi pada generator. Frekuensi yang masuk ke sensor akan dikonversikan ke dalam bentuk tegangan dc, yang kemudian akan masuk ke ADC.

Tegangan output ditentukan oleh persamaan sebagai berikut

$$V_{out} = f_{in} \times V_{cc} \times R1 \times C1$$

Pada aplikasi ini digunakan V_{cc} sebesar 9 Volt, $R1 = 100$ Kohm, $C1 = 168$ nF rangkaian ini dapat mendeteksi frekuensi samapai dengan kurang lebih 60 Hz.

V_{in} maksimum adalah kurang lebih 4 Volt sehingga untuk mendeteksi frekuensi generator, tegangan generator diturunkan lebih dahulu dengan transformator step-down.



Gambar 2.2 Rangkaian sensor frekuensi

3. PENGUJIAN DAN ANALISA

Dalam bab ini akan dibahas tentang pengujian berdasarkan perencanaan dari sistem yang dibuat. Program pengujian disimulasikan di suatu sistem yang sesuai. Pengujian ini dilaksanakan untuk mengetahui kehandalan dari sistem dan untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan perencanaan atau belum. Pengujian pertama-tama dilakukan secara terpisah, dan

kemudian dilakukan ke dalam sistem yang telah terintegrasi.

Rangkaian Sensor Tegangan

Pengujian yang ke-1 adalah pengujian sensor tegangan. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kelinieran sensor tegangan yang menggunakan trafo3fasa penurun tegangan hubungan Δ/Y . pada pengujian ini digunakan Variac 3 fasa yang dapat menghasilkan tegangan variable 3 fasa dari 0 hingga 400 V .

Tabel 3.1 Data Pengukuran Sensor Tegangan

Vin			Vout			Vout DC		
R-S	S-T	T-R	R-N	S-N	T-N	R-N	S-N	T-N
20.13	20.21	20.21	1.84	1.87	1.85	0.19	0.19	0.19
40.6	39.9	40.4	3.69	3.68	3.74	0.49	0.48	0.48
60.7	60.4	61	5.58	5.58	5.59	0.8	0.79	0.78
80.7	79.6	79.6	7.3	7.34	7.43	1.08	1.07	1.08
100.2	99.1	99.3	9.11	9.14	9.22	1.38	1.37	1.37
120.2	119.5	119.8	11.04	11.08	11.09	1.69	1.67	1.68
140.4	139.5	139.6	12.83	12.95	12.98	2.01	2	2
160.4	159.5	159.8	14.71	14.78	14.87	2.32	2.3	2.31
180.6	179.2	179.1	16.52	16.6	16.73	2.62	2.6	2.61
200.7	199.8	199.5	18.42	18.52	18.63	2.94	2.92	2.93
220.4	219.2	218.9	20.2	20.36	20.46	3.24	3.22	3.23
240.6	239.8	239	22.1	22.24	22.33	3.55	3.54	3.54
260.6	260.8	260.1	24.02	24.18	24.22	3.88	3.87	3.87
280.3	279.6	278.3	25.68	25.88	25.89	4.16	4.14	4.14
300.6	299.8	299.1	27.6	27.79	27.84	4.5	4.49	4.49
320.5	320.5	319.9	29.56	29.78	29.79	4.82	4.81	4.8
340.7	340.7	339.4	31.41	31.62	31.67	5.13	5.11	5.11
360.7	360.6	359.4	33.23	33.44	33.51	5.44	5.43	5.42
380.6	380	380	35.27	35.25	34.98	5.73	5.72	5.72
402	402	402	38	37	38	6.01	6.01	6.01

Tabel 3.2 Data Pengukuran Sensor Tegangan

Vin			Vout			Vout DC		
R-S	S-T	T-R	R-N	S-N	T-N	R-N	S-N	T-N
20.13	20.21	20.21	1.84	1.87	1.85	0.19	0.19	0.19
40.6	39.9	40.4	3.69	3.68	3.74	0.48	0.48	0.49
60.7	60.4	61	5.58	5.58	5.59	0.79	0.78	0.8
80.7	79.6	79.6	7.3	7.34	7.43	1.07	1.08	1.08
100.2	99.1	99.3	9.11	9.14	9.22	1.37	1.37	1.38
120.2	119.5	119.8	11.04	11.08	11.09	1.67	1.68	1.69
140.4	139.5	139.6	12.83	12.95	12.98	2	2	2.01
160.4	159.5	159.8	14.71	14.78	14.87	2.3	2.31	2.32

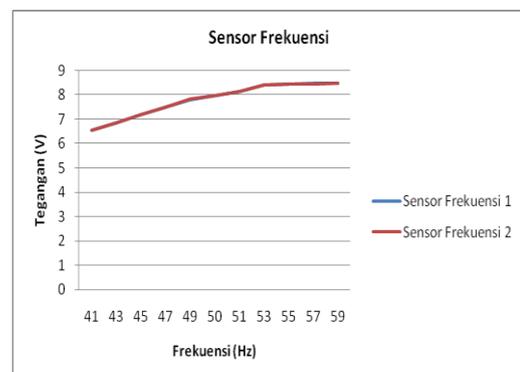
180.6	179.2	179.1	16.52	16.6	16.73	2.6	2.61	2.62
200.7	199.8	199.5	18.42	18.52	18.63	2.92	2.93	2.94
220.4	219.2	218.9	20.2	20.36	20.46	3.22	3.23	3.24
240.6	239.8	239	22.1	22.24	22.33	3.54	3.54	3.55
260.6	260.8	260.1	24.02	24.18	24.22	3.87	3.87	3.88
280.3	279.6	278.3	25.68	25.88	25.89	4.14	4.14	4.16
300.6	299.8	299.1	27.6	27.79	27.84	4.49	4.49	4.5
320.4	320.4	319.9	29.56	29.78	29.79	4.76	4.74	4.78
340.7	340.1	339	31.38	31.58	31.61	5.07	5.07	5.09
360.6	360.3	359.4	33.3	33.48	33.46	5.38	5.39	5.39
380	380.7	380.2	35.16	35.36	35.31	5.69	5.7	5.7
400	400	399.6	36.94	37.12	37.18	6.01	6.01	6.01

Rangkaian Sensor Frekuensi

Pengujian pengukuran sensor frekuensi ditujukan untuk mengetahui hasil pembacaan frekuensi tegangan dan perbedaan hasil antara dua sensor frekuensi. Pembacaan frekuensi ini dilakukan dengan pengukurna tegangan output dari rangkaian sensor frekuensi pada Gambar 3.1. Hasil pengujian terlihat seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Pengujian sensor frekuensi

f (Hz)	Sensor 1	Sensor 2
	Output	Output
41	6.54	6.54
43	6.58	6.86
45	7.18	7.18
47	7.49	7.5
49	7.8	7.82
50	7.96	7.98
51	8.12	8.14
53	8.39	8.39
55	8.44	8.43
57	8.46	8.45
59	8.47	8.46



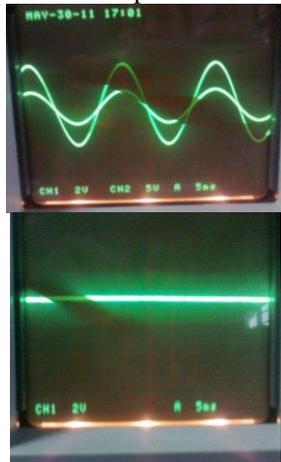
Gambar 3.1 Grafik Sensor Frekuensi 1 dan 2

Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa perbedaan antara sensor frekuensi 1 dengan sensor frekuensi 2 bernilai kecil.

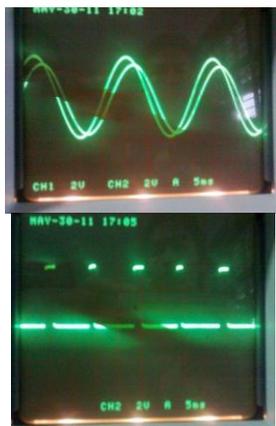
Rangkaian Sensor Beda Fase

Pengujian yang ketiga adalah pengujian sensor beda fasa. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui respon dari sensor terhadap beda fasa dari sensor tegangan. Pada pengujian beda fasa ini digunakan transformator sebagai suplai tegangan dan untuk menghasilkan perbedaan fasa, maka pada transformator dibebani rangkaian seri resistor-kapasitor seperti pada Gambar 4.12.

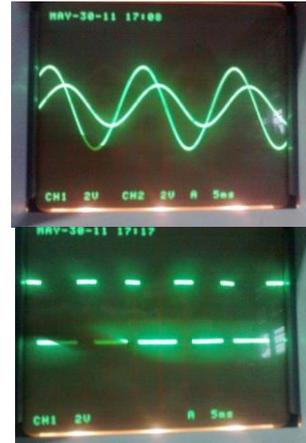
Perbedaan fasa tegangan timbul karena tegangan yang jatuh pada resistor mewakili fasa arus yang melaluinya. Gambar hasil pengujian sensor beda fasa terlihat seperti Gambar 3.2.



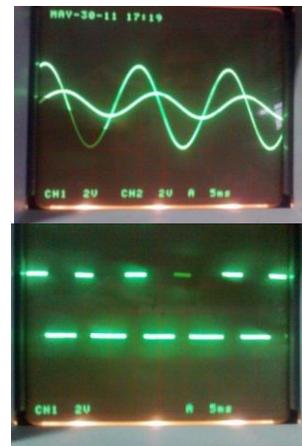
(a).tegangan dan arus tidak memiliki perbedaan fasa



(b).tegangan dan arus memiliki perbedaan fasa 14 derajat



(c).tegangan dan arus memiliki perbedaan fasa 32 derajat



(d).tegangan dan arus memiliki perbedaan fasa 64 derajat

V/div: Ch1: 2V/div Ch2: 2V/div T/div: 5ms/div

Gambar 3.2. Gambar sinyal masukan dan keluaran sensor beda fasa

Dari gambar 3.2. terlihat bahwa besar duty cycle dari sinyal keluaran semakin besar saat perbedaan fasa antara sinyal arus dan tegangan semakin besar.

4. Kesimpulan

Dari Perencanaan, pembuatan, hingga pengujian alat pada proyek akhir ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengukuran frekuensi melalui rangkaian frekuensi (frekuensi yang terdapat dalam tegangan AC) ke tegangan DC dengan IC LM2907 dapat menghasilkan tegangan DC yang dapat dimasukkan ke Analog Input PLC sebagai pembacaan parameter frekuensi pada generator.
2. Penggunaan IC LM2907 sebagai sensor frekuensi merupakan pengganti rangkaian

sensor frekuensi yang terpisah. Data hasil sensor frekuensi memiliki persen kesalahan antara 2% - 4.5 %.

3. Tegangan dan frekuensi generator 1 sebagai referensi tegangan dan frekuensi 2. Kontaktor rele 2 nyala ketika parameter tegangan, frekuensi, urutan fasa yang sama, dan tidak ada selisih sudut fasa dengan generator 1.

5. Saran

Dari pengerjaan dan penyelesaian proyek akhir ini tentu tidak lepas dari kekurangan dan kelemahan. Untuk pengembangan proyek akhir selanjutnya perlu dikembangkan peralatan dan sistem sinkronisasi generator yang lebih efisien dan perbaikan pada sensor-sensornya.

Daftar Pustaka

1. Stephen J. Chapman, "Electric Machinery and Power System Fundamentals", Buku, 2001.
2. Aditya Candra H, "Rancang Bangun Sistem Sinkronisasi Otomatis untuk Kerja Paralel 2 Generator Sinkron 3 Fasa", Proyek Akhir PENS-ITS, 2001.
3. Rety Silvana, Florentina, "Perbaikan Kualitas Daya menggunakan Soft Switch Static Var Kompensator untuk beban dinamik pada industri", PENS-ITS, Surabaya, 2006.
4. National Semiconductor, "LM2907/LM2917 Frequency to Voltage Converter", Datasheet, 2000.
5. National Semiconductor, "LM747 Dual Operational Amplifier", Datasheet, 1994.
6. Philips Semiconductor, "74HC/HCT86 Quad 2-input EXCLUSIVE-OR gate", Datasheet, 1990.
7. Zainal Arifin, "Simulasi Jaringan Interkoneksi Tenaga Listrik (Sinkronisasi 2 Buah Generator)", Proyek Akhir PENS-ITS, 2011.

