

**SOFTSTARTING PADA MOTOR INDUKSI 3 PHASA
MENGUNAKAN IC TCA 785
Wahyu Adi Bianto (L2F001649)
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro**

Abstrak – Keandalan dan kemudahan penggunaan motor induksi tiga fasa merupakan alasan bagi dunia industri untuk menggunakannya. Namun demikian terdapat kelemahan motor induksi tiga fasa yaitu dalam hal pengaturan kecepatan. Dalam proses produksi sekarang ini di sebuah industri adakalanya dibutuhkan kecepatan putar yang dapat diatur sesuai keperluan. Pengendalian motor induksi tiga fasa ini dapat dilakukan dengan mengatur kecepatan putar motor secara bertahap (*soft starting*) sampai mencapai kecepatan nominalnya dengan memberikan sudut pemunculan yang berbeda-beda.

Salah satu cara pengaturan *soft starting* dapat dilakukan thyristor antiparalel dapat dilakukan pengaturan kecepatan dengan variasi sudut fasanya. Semakin besar sudut fasa yang diberikan maka kecepatan akan semakin kecil dimana sudut fasa antara 0-180°. dalam hal ini pada sudut 0° gelombang tegangan akan berupa sinusoidal murni dan dengan memutar potensiometer dihasilkan sudut fasa yang bervariasi.

Pada pengujian yang dihasilkan dengan *soft starting* nilai arus pengasutannya lebih kecil apabila dibandingkan dengan *starting* yang dilakukan dengan menggunakan sistem delta bintang dan DOL (*direct on line*). Hal ini membuktikan bahwa dengan menggunakan metode *soft starting* arus pengasutan dapat dikendalikan

I. PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Motor dalam dunia industri merupakan alat yang sangat diperlukan untuk menggerakkan berbagai peralatan baik yang sifatnya ringan maupun berat, dengan kecepatan tinggi atau rendah sesuai dengan dikehendaki, Keandalan dan kemudahan penggunaan motor induksi tiga fasa merupakan alasan bagi dunia industri untuk menggunakannya. Namun demikian terdapat kelemahan motor induksi tiga fasa yaitu dalam hal pengaturan kecepatan. Dalam proses produksi sekarang ini di sebuah industri adakalanya dibutuhkan kecepatan putar yang dapat diatur sesuai keperluan. Pengendalian motor induksi tiga fasa ini dapat dilakukan dengan mengatur kecepatan putar secara bertahap (*soft starting*) sampai mencapai kecepatan nominalnya dengan memberikan sudut pemunculan yang berbeda-beda.

Dengan fenomena tersebut maka digunakanlah TCA 785 untuk mengatur sudut pemunculan dan Thyristor yang di hubung antiparalel guna mendapatkan kecepatan yang nominal.

I.2 TUJUAN

Tujuan yang hendak dicapai dalam tugas akhir ini adalah membuat peralatan untuk mengatur tegangan motor induksi 3 fasa secara bertahap saat dihidupkan (*soft starting*) dengan menggunakan TCA 785 dan Thyristor yang di hubung anti paralel.

I.3 PEMBATAAN MASALAH

Untuk mengatasi permasalahan yang mungkin timbul selama pembuatan dan agar permasalahan yang ada tidak terlalu melebar maka diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Sistem pengaturan yang digunakan adalah sistem 'open loop'.
2. Sistem yang digunakan adalah terkontrol penuh anti-paralel menggunakan rangkaian daya yang terdiri atas 6 thyristor.
3. Menggunakan motor induksi 3 fasa.

4. Rangkaian pemunculan menggunakan TCA 785.
5. Tidak membahas harmonisa arus maupun harmonisa tegangan yang ditimbulkan dari alat ini.
6. Pada beban di hubung Bintang dan tidak membahas hubung delta pada beban karena pada alat kontrol membutuhkan netral.

II. DASAR TEORI

2.1 Motor Induksi

Motor induksi memiliki dua komponen dasar yaitu *stator* dan *rotor* bagian *rotor* dipisahkan dengan bagian *stator*-nya oleh celah udara yang sempit dengan jarak antara 0,4 mm sampai 4 mm tergantung pada kekuatan pada motor. Tipe dari motor induksi berdasarkan lilitan pada rotornya dibagi menjadi dua macam yaitu *squirrel-cage rotor* dan *wound rotor*. Kecepatan motor induksi dipengaruhi oleh banyaknya kutub pada statornya dan frekuensi sumber tegangan yang dirumuskan sebagai berikut :

$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana : n_s = kecepatan sinkron
 f = frekuensi
 p = jumlah kutub

Pada kenyataannya perputaran *rotor* tidak sama dengan kecepatan sinkronnya. Perbedaan antara kecepatan sinkron dengan kecepatan rotornya disebut dengan Slip (s).

Slip dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana : s = slip
 n_s = kecepatan sinkron (putaran/menit)
 n = kecepatan rotor

2.2 Pengasutan motor induksi

Motor induksi saat dihubungkan dengan tegangan sumber secara langsung akan menarik arus 500% sampai 800% dari arus beban penuh. Arus mula yang besar dapat

mengakibatkan pengurangan tegangan pada saluran sehingga akan mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran yang sama. Untuk motor yang berdaya besar tentu arus pengasutan juga akan semakin besar, apabila arus yang besar tersebut mengalir dalam waktu yang lama dapat mengakibatkan motor dan saluran penghantar menjadi panas dan merusakkan isolasi. Sehingga untuk motor yang berdaya diatas 10HP tidak dianjurkan menghidupkan motor dengan pengasutan secara langsung.

2.2.1 Pengasutan Motor Induksi Metode *Direct on Line (DOL)*

Apabila motor induksi dihidupkan dengan menghubungkan tegangan normal dari jala-jala secara langsung, arus pengasutan sama dengan arus hubung singkat. Maka :

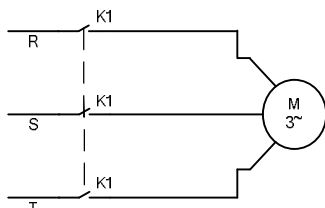
$$\frac{T_{st}}{T_f} = \left[\frac{I_{st}}{I_f} \right]^2 s_f \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana : T_{st}, I_{st} = torsi dengan arus pengasutan
 T_f, I_f = torsi dengan arus beban penuh
 s_f = slip beban penuh

Arus pengasutan biasanya 5-7 kali, misalkan arus pengasutan adalah 7 kali arus normal, dan slip saat beban penuh adalah sebesar 0,04 maka persamaan (2.7) diperoleh :

$$\frac{T_{st}}{T_f} = \left[\frac{7 \cdot I_f}{I_f} \right]^2 0,04 = 1,96$$

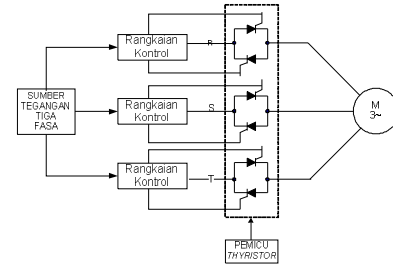
dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa dengan arus pengasutan dengan nilai sebesar 7 kali arus beban penuh motor hanya menghasilkan torsi pengasutan sebesar 1,96 kali torsi saat beban penuh.



Gambar 2.1 Pengasutan metode *DOL*.

2.2.2 Soft Starting

Soft starting adalah suatu cara lain penurunan tegangan pengasutan dari Motor Induksi AC. *Soft starting* merupakan metode pengasutan yang prinsip kerja dari pengasutan yang hampir sama dengan pengasutan motor menggunakan *primary resistance* atau *primary reactance* yang disertai dengan suplai tegangan ke motor. *Soft starting* terdiri dari komponen *solid state thyristor* untuk mengontrol tegangan yang masuk ke motor secara bertahap sampai tegangan penuh. Tujuannya untuk mendapatkan pengasutan yang terkendali, sehalus mungkin serta terproteksi dan tercapai kecepatan nominal yang konstan. Berikut adalah gambar rangkaian dasar *soft starting* :



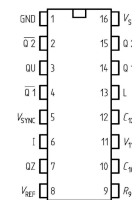
Gambar 2.2 Rangkaian dasar *Soft Starting*.

Komponen SCR memblokir aliran arus dalam satu arah dan meneruskan arus setelah menerima sinyal *trigger* atau “penyulut” yang disebut pulsa gerbang. Enam buah SCR disusun dalam converter AC-AC anti paralel seperti yang ditunjukkan Gambar 2.2 yang dapat pula disebut sebagai rangkaian pengontrol dua arah AC tiga fasa.

2.3 TCA 785

IC TCA 785 merupakan produk dari *Siemens Semiconductor Group* yang dibuat untuk menghasilkan pulsa pemicuan (*trigger pulse*) untuk mengontrol fasa pada *thyristor*, *triac*, dan *transistor*, antara 0° hingga 180° pada sumber tenaga ac, sedangkan bila sumber tegangannya dc maka diperlukan komutasi (*commutation*) khusus

IC ini dapat diaplikasikan pada kontrol tegangan ac terkontrol (*converter*) satu fasa dan tiga fasa, penyearah terkontrol (*controlled rectifier*) satu fasa maupun tiga fasa, dan kontrol tegangan dc terkontrol (*dc chopper*). IC ini memiliki kaki (*pin*) sejumlah 16, Gambar 2.3 adalah konfigurasi pin IC TCA 785.



Gambar 2.3 Konfigurasi pin IC TCA 785

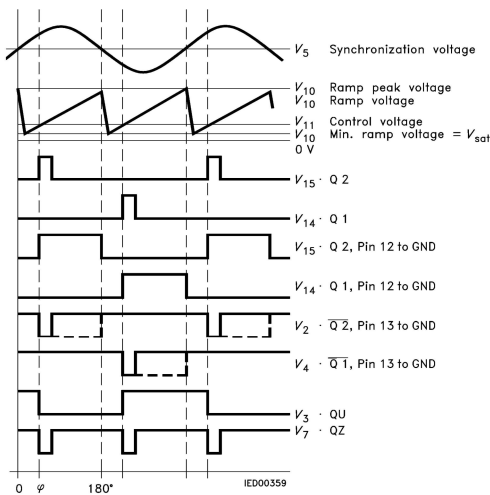
Diskripsi dari konfigurasi IC TCA 785 adalah :

PIN	Simbol	Fungsi
1	GND	Netral (<i>Ground</i>)
2	Q2	Keluaran 2 terbalik (<i>Output 2 inverted</i>)
3	QU	Keluaran U
4	Q1	Keluaran 1 terbalik (<i>Output 1 inverted</i>)
5	V _{SYNC}	Sinkronasi tegangan (<i>Synchronous voltage</i>)
6	I	Penghalang (<i>Inhibit</i>)
7	QZ	keluaran Z (<i>Output Z</i>)
8	V _{REF}	Tegangan terstabilkan (<i>Stabilized voltage</i>)
9	R ₉	Ramp resistor (<i>Ramp resistance</i>)
10	C ₁₀	Ramp kapasitor (<i>Ramp capacitance</i>)
11	V ₁₁	Kontrol tegangan
12	C ₁₂	Perpanjangan pulsa (<i>Pulse extension</i>)
13	L	Pulsa panjang (<i>Long pulse</i>)
14	Q1	Keluaran 1 (<i>Output 1</i>)
15	Q2	Keluaran 2 (<i>Output 2</i>)
16	V _S	Sumber tegangan (<i>Supply voltage</i>)

IC TCA 785 memerlukan sumber tegangan antara 8 Volt hingga 18 Volt, frekuensi kerja 10 Hz hingga 500 Hz, serta temperatur kerja dari -25°C hingga 85°C. Prinsip kerja IC TCA 785 adalah sinyal sinkronasi dari tegangan sumber dihubungkan pada kaki nomor 5 (V_{SYNC}) melalui *resistor*

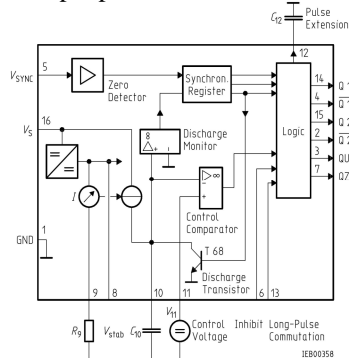
berhambatan tinggi. Peraba nol (*zero crossing detector*) akan menentukan letak titik nol dan disimpan kedalam memori sinkron. *Detector* ini kemudian akan mengendalikan generator gelombang tegangan gigi gergaji yang sesuai dengan frekuensi sumber tegangan. Kapasitor (*Capacitor*) *C10* dan *R9* akan menentukan kemiringan dari bentuk gelombang gigi gergaji yang dihasilkan. Untuk nilai kapasitansinya adalah antara 500 pF hingga 1 μ F, dan *R9* yang dapat dipakai adalah 100 K Ω hingga 3 K Ω . Gelombang ini kemudian dibandingkan dengan tegangan referensi V_{11} oleh *comparator* (pembanding). Sinyal output dari *comparator* ini kemudian akan diteruskan ke rangkaian logika. Bila tegangan referensi pada kaki 11 (V_{11}) pada posisi terendah maka sudut penyulutan akan menunjukkan $\alpha = 0^\circ$. Sehingga untuk mengatur sudut pemicuan dapat dilakukan dengan menggeser *variable resistor* V_{11} (kontrol tegangan), persamaan yang dapat digunakan untuk mendapatkan sudut pemicuan adalah : $\alpha = 180^\circ \times \frac{V_{KONTROL}}{V_{st}}$ dimana : $V_{KONTROL} = \text{variable resistor } (V_{11})$

$V_{st} = (V_{10})$ yang biasanya bernilai 10 Volt, namun lebih tepatnya pengaturan sudut pemicuan dapat dilakukan dengan menggunakan *oscilloscope*, sehingga dapat diperoleh hasil pengukuran yang lebih baik.



Gambar 2.4 Diagram pulsa.

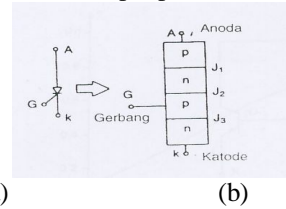
Dapat dilihat pada Gambar 2.9 adalah data gelombang yang terdapat pada IC TCA 785.



Gambar 2.5 Blok diagram pada IC TCA 785

2.4 Thyristor

Thyristor adalah komponen yang prinsip kerjanya mirip dengan dioda namun dilengkapi dengan *gate* untuk mengatur besarnya fasa yang dilakukan. Simbol thyristor dan struktur dasar thyristor terdapat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 (a) Simbol thyristor.

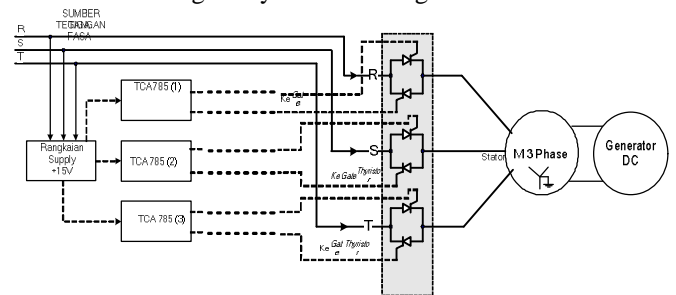
(b) Struktur dasar thyristor.

setelah thyristor tersulut maka thyristor selalu akan dalam kondisi *on* atau menghantar, dan setelah menerima komutasi (*commutation*) thyristor akan *off* atau dalam keadaan tidak menghantar.

III. PERANCANGAN ALAT

3.1 Perancangan Alat Keras

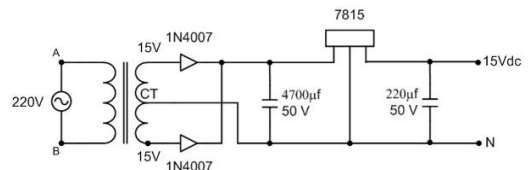
Blok diagramnya adalah sebagai berikut :



3.1 Blok diagram alat.

3.2 Rangkaian Sumber Tenaga

Rangkaian sumber tenaga berfungsi sebagai suplai pada rangkaian kontrol dengan masing-masing TCA 785. Sumber tenaga ini berjumlah tiga berjumlah tiga buah yang akan terhubung pada setiap fasa R,S dan T suplai jala-jala PLN.



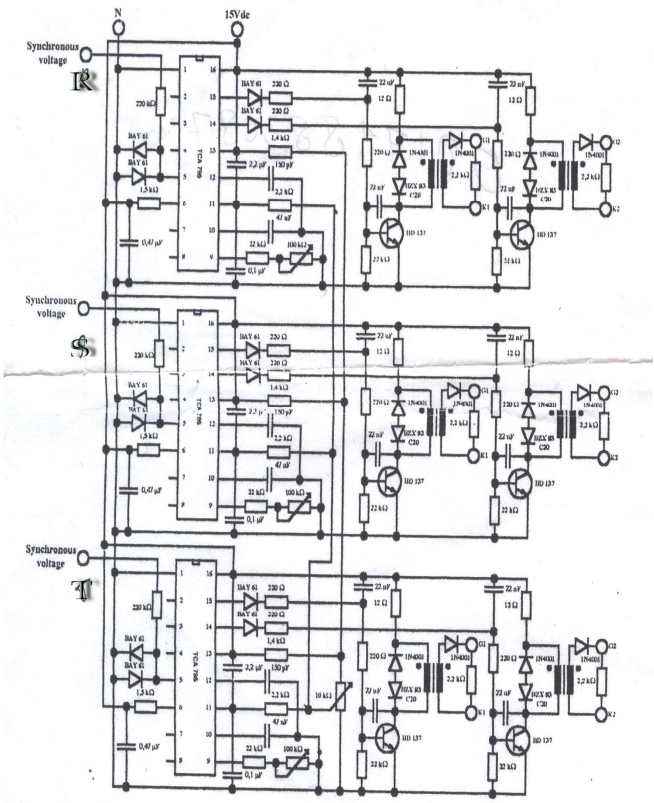
3.2 Sumber tenaga untuk IC TCA 785.

3.3 Rangkaian Pemicuan kontrol Tegangan AC 3 fasa

Untuk rangkaian pemicuan kontrol tegangan ac 3 fasa ini disusun dengan menggunakan 3 buah rangkaian kontrol tegangan ac 1 fasa yang masing-masing akan dihubungkan dengan sumber tenaga. Pada titik G dan K akan dihubungkan langsung pada gate dan katoda thyristor Berikut ini diberikan rangkaian kontrol tegangan ac tiga fasa.

Pada IC TCA ini terdapat dua keluaran yaitu pada pin 14 dan 15. Dimana output pada pin 15 yaitu G_1 dan K_1 dihubungkan dengan thyristor yang melewati gelombang masukan sinusoida pada sudut $0 - 180^\circ$ (siklus positif) dan output pada pin 14 yaitu G_2 dan K_2 dihubungkan dengan

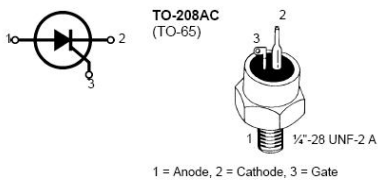
thyristor yang melewati gelombang masukan sinusoidal pada sudut $180 - 360^\circ$ (siklus negatif).



3.3 Rangkaian kontrol tegangan dengan IC TCA 785

3.4 Rangkaian Daya

Thyristor yang digunakan adalah SCR IXYS CS35 – 08104. dibutuhkan 6 buah thyristor untuk membuat rangkaian daya. Bentuk dan konfigurasi SCR IXYS CS35 – 08104 dapat dilihat dari Gambar 3.5 dibawah ini :



3.4 Konfigurasi SCR IXYS CS35 – 08104

IV. PENGUKURAN, PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengukuran dan pengujian peralatan *soft starting* untuk motor induksi tiga fasa dengan menggunakan konverter ac-ac ini meliputi:

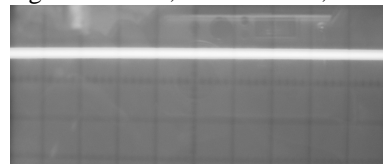
1. Pengambilan data bentuk gelombang input dan output.
2. Pengukuran dan pengujian peralatan.

4.1 Pengambilan Data Bentuk Gelombang

Data yang diambil berupa bentuk gelombang masukan dan keluaran pada rangkaian – rangkaian yang akan diuji. Letak titik probe osiloskop untuk pengambilan bentuk gelombang akan di gambarkan dalam lampiran gambar pengambilan bentuk gelombang.

4.1.1 Tegangan Rangkaian Catu Daya

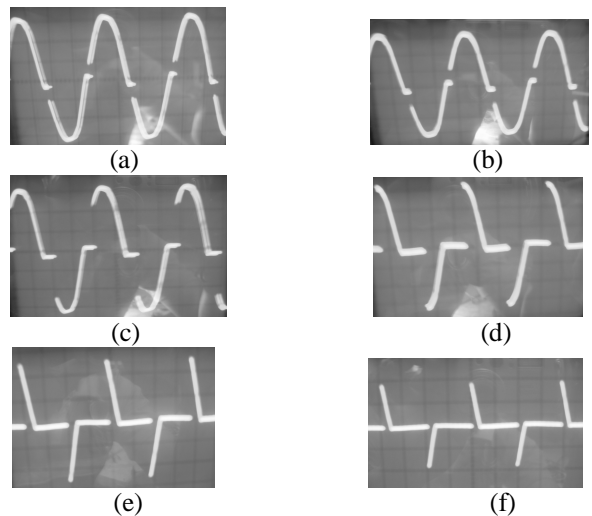
Pengambilan data pada rangkaian catu daya diambil pada keluaran catu daya tegangan +15V DC, yang dilihat pada gambar 4.1 dengan skala 1:1, time/div 5ms, volt/div 5V.



Gambar 4.1 Tegangan daya +15V DC.

4.1.2 Sinyal pemucan TCA 785

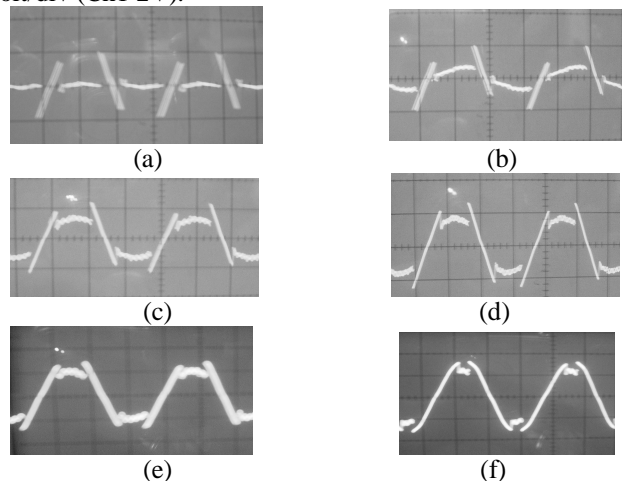
Fungsi dari TCA 785 yang digunakan adalah untuk menghasilkan sinyal kontrol yang berupa sinyal pemucan yang akan mengontrol thyristor. Pulsa yang dihasilkan sesuai dengan sudut pemucan yang diinginkan. Dengan adanya pengaturan pemucan pada thyristor, sehingga di dapat tegangan pada beban. Gambar 4.2 merupakan Hasil sinyal pemucan dari sudut $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ$.



Gambar 4.2 Sinyal pemucan (a) 0° (b) 30° (c) 60° (d) 90° (e) 120° (f) 150°

4.1.3 Tegangan keluaran soft starting motor induksi

Gambar di bawah ini merupakan hasil tegangan keluaran dari proses pemucan pada output thyristor *line-neutral* pada motor induksi tiga fasa dengan skala 1:100, time/div 5ms, volt/div (Ch1 2V).



Gambar 4.3 Tegangan Keluaran (a) 150° (b) 120° (c) 90° (d) 60° (e) 30° (f) 0°

4.2 Pengukuran dan pengujian peralatan yang dimaksudkan yaitu pengukuran terhadap setiap blok rangkaian alat yang berupa nilai tegangan dan arus keluaran. Pengukuran pertama yang dilakukan yaitu mengukur nilai sumber tegangan tiga fasa yang digunakan sebagai suplai daya masukan.

suplai 3 fasa					
line-netral			line-line		
R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	R-T
229 V	234 V	230 V	405 V	406 V	400 V

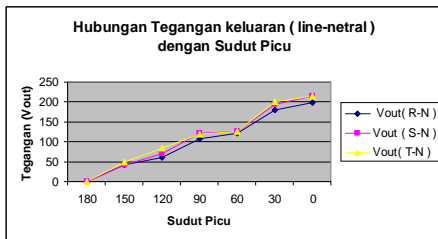
4.2.1 Pengujian dan pengukuran pada motor induksi

Data yang diambil adalah tegangan keluaran pemecuan thyristor pada beban induktif motor induksi 3 fasa. Selain itu Arus yang mengalir pada motor induksi yang merupakan beban induktif dengan variasi tegangan tersebut.

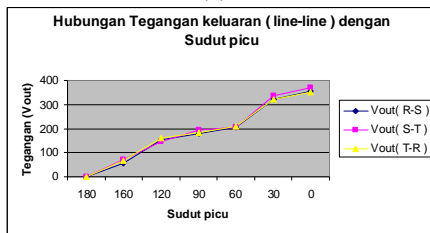
Tabel 4.1 Tegangan keluaran pada beban induktif

Sudut picu	V (beban)					
	R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R
180°	0	0	0	0	0	0
150°	41	42	50	55	71	66
120°	61	70	84	152	145	162
90°	108	122	120	180	195	185
60°	122	127	126	205	206	209
30°	180	195	201	320	337	321
0°	198	216	215	355	371	351

Dari tabel 4.1 Data tegangan pada beban induktif saat penggerak mula (prime mover) berputar maupun diam dengan sudut picuan : 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150° dan 180° dapat dibuat grafik hubungan sebagaimana Gambar 4.4.



(a)



(b)

Gambar 4.4 (a) Grafik hubungan Tegangan keluaran (line-netral) dengan variasi Sudut picu.

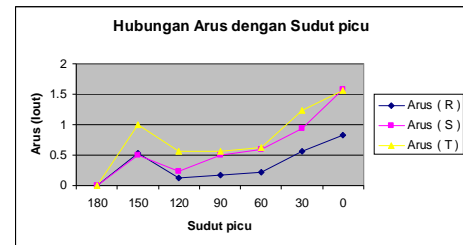
(b) Grafik hubungan Tegangan keluaran (line-netral) dengan variasi Sudut picu.

Dari tabel 4.1 dan Gambar 4.4 tegangan keluaran dari variasi sudut picu pada beban induktif, dapat dilihat bahwa semakin kecil sudut picu maka tegangan keluaran yang dihasilkan dari konverter ac-ac terkontrol penuh akan semakin besar, demikian sebaliknya.

Tabel 4.2 Arus pada beban induktif

sudut picu	I (beban)		
	R	S	T
180°	0	0	0
150°	0,53	0,50	1,00
120°	0,12	0,23	0,56
90°	0,17	0,50	0,57
60°	0,22	0,60	0,63
30°	0,56	0,94	1,23
0°	0,83	1,58	1,56

Dari Tabel 4.2 data arus pada beban induktif saat penggerak mula (prime mover) berputar maupun diam dengan sudut picuan : 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150° dan 180° dapat dibuat grafik hubungan sebagaimana gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik hubungan Arus dengan sudut picu

Dari Tabel 4.4 dan Gambar 4.5 arus keluaran (Iout) dari variasi sudut picu pada beban induktif, dapat dilihat bahwa semakin kecil sudut picu maka arus keluaran yang dihasilkan dari konverter ac-ac terkontrol penuh akan semakin besar, demikian sebaliknya.

Soft starting diketahui adalah salah satu metode untuk mengatasi masalah arus awal yang besar pada saat starting. Terdapat beberapa teknis lainnya seperti penggunaan saklar bintang delta, transformator start dan hambatan dalam rangkaian rotor. Pada pengujian dilakukan dengan metode soft starting, saklar bintang delta dan DOL (Direct Online). Hal ini dilakukan sebagai perbandingan.

Dengan menggunakan metode soft starting ini dapat diketahui bahwa nilai arus keluaran dapat diatur dengan mengatur sudut picunya. Hal ini terjadi karena sudut picu mengatur tegangan masukan yang diberikan pada motor induksi sehingga apabila motor induksi dianggap sebagai impedansi Z yang konstan maka apabila tegangan diubah-ubah, arusnya pun ikut berubah. Perubahan arus sebanding dengan perubahan tegangan. Sehingga dengan memberikan tegangan secara bertahap maka arus starting yang terjadi tidak langsung melonjak sebesar 3-5 kali arus nominal seperti pada rangkaian DOL. Pada pengujian dengan menggunakan soft starting pada sudut picu 150° motor induksi sudah mulai berputar perlahan dengan arus pada 0,5 A. perlahan-lahan diberikan pemecuan dengan sudut picu yang semakin kecil dengan maksud memberikan tegangan yang semakin maksimal. Apabila telah mencapai tegangan maksimum yaitu 380/220 V yaitu pada sudut picu 0° maka arus yang mengalir hanya berkisar 1,5 A. Sehingga hal ini membuktikan bahwa

penggunaan metode *soft starting* ini bermanfaat untuk mengurangi besarnya arus starting.

Pada pengujian dengan menggunakan saklar bintang delta dilakukan dengan memberikan masukan pada saat hubung bintang sebesar 250 V pada fasa-netralnya. Pada keadaan ini apabila saklar dihubungkan atau keadaannya dijadikan sedemikian sehingga menjadi hubung delta maka arus starting yang didapatkan adalah sebesar 2,0A.

Pada pengujian yang telah dilakukan sistem DOL pada motor induksi tiga fasa yang dikopel langsung dengan generator dc tanpa menggunakan beban (beban nol) didapatkan arus *starting*nya adalah sebesar 2,6 A.

Dari beberapa pengujian diketahui bahwa besarnya arus starting yang paling kecil adalah pada penggunaan dengan menggunakan *soft starting*. Hal ini membuktikan bahwa pengendalian motor induksi dengan menggunakan metode ini dapat dipertimbangkan sebagai metode *starting* motor induksi yang lebih baik untuk digunakan dalam industri karena arus strating yang dihasilkan dapat dikendalikan.

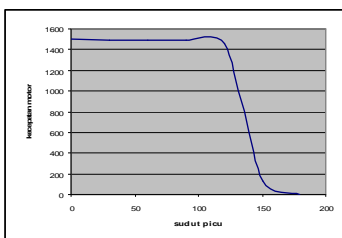
4.2.2 Pengukuran pada kecepatan motor induksi

Pengukuran kecepatan pada motor induksi menggunakan alat ukur *tachometer* dengan sudut picu yang bervariasi.

Tabel 4.3 Kecepatan motor dengan variasi tegangan

Sudut Picu	Kecepatan output (rpm)
180	0
150	133
120	1460
90	1486
60	1488
30	1492
0	1506

Dari Tabel 4.3 didapatkan grafik hubungan antara sudut picu dan kecepatan motor induksi tiga fasa sebagai berikut:



Gambar 4. 6 Grafik hubungan antara sudut picu dan kecepatan motor induksi tiga fasa.

Dari grafik diatas terlihat bahwa semakin besar sudut picu maka motor induksi akan semakin lambat. Hal ini dikarenakan oleh tegangan masukan pada motor induksi akan semakin kecil dengan bertambahnya sudut picu. Dengan semakin kecilnya tegangan masukan maka semakin kecil pula kecepatan putaran motor.

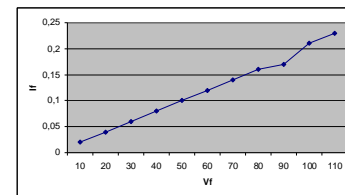
4.2.3 Pengaruh Pembebanan

Motor induksi yang diatur dengan menggunakan thyristor antiparalel ini dikopel dengan generator dc penguatan terpisah dan dihubungkan dengan lampu pijar yang berfungsi sebagai beban resistif yang akan divariasi besarnya. Hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Pengaruh Pembebanan

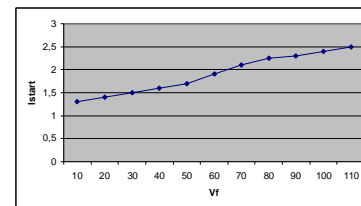
Teg medan (V_f)	Arus medan (I_f)	Arus starting (I_{start})
110	0.23	2.5
100	0.21	2.4
90	0.17	2.3
80	0.16	2.25
70	0.14	2.1
60	0.12	1.9
50	0.1	1.7
40	0.08	1.6
30	0.06	1.5
20	0.04	1.4
10	0.02	1.3

Perubahan tegangan medan maka arus medannya juga akan berpengaruh. Dimana pemberian tegangan yang semakin besar maka arusnya juga akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena reaktansi pada medan stator adalah konstan. Dapat dibuktikan dengan menggunakan persamaan $V_f = I_f R_f$. Berikut ini diberikan grafik hubungan antara keduanya.



Gambar 4.7 Hubungan tegangan medan dengan arus medan.

Dengan adanya beban berupa motor dc penguatan terpisah yang terhubung lampu maka semakin besar tegangan yang diberikan pada stator motor dc tersebut maka semakin besar pula arus starting motor induksi. Hal ini disebabkan karena beban yang dipikul semakin besar. Gambar 4.8 merupakan grafik hubungan antara tegangan medan dengan arus starting.



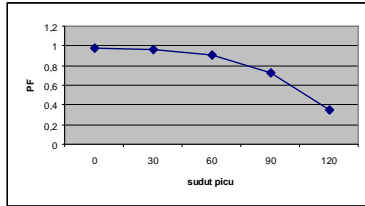
Gambar 4.8 Hubungan tegangan medan dengan arus starting.

Pada pengujian juga dilakukan pengukuran pada $\cos \phi$ pada sisi sumber. Hal ini dilakukan dengan maksud mengetahui besarnya $\cos \phi$ apabila dilakukan perubahan sudut pemucuan. Dari hasil pengujian dihasilkan $\cos \phi$ yang tetap yaitu 0,98 untuk setiap variasi sudut pemucuan. Ini membuktikan bahwa $\cos \phi$ tidak dipengaruhi oleh besarnya sudut pemucuan.

Tabel 4.7 Pengukuran $\cos \phi$ pada sudut istimewa

Sudut picu ($^\circ$)	PF ($\cos \phi$)
0	0,98
30	0,96
60	0,91
90	0,73
120	0,35

Pada Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa semakin besar sudut pemucuan maka faktor daya akan semakin kecil.



Gambar 4.22 Hubungan sudut picu dengan $\cos \phi$.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan pengujian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari pengujian rangkaian kontrol thyristor antiparalel dengan menggunakan TCA 785 dapat dilihat bahwa pengaturan sudut fasa terjadi antara 10-180°
2. Motor induksi dengan pemberian sudut picu yang lebih kecil, tegangan yang dihasilkan akan semakin besar atau mendekati nominalnya, karena dengan sudut picu yang kecil, gelombang tegangan akan semakin sinusoida.
3. Penyalaan motor induksi tiga fasa dengan menggunakan thyristor antiparalel dalam pengujiaannya menghasilkan arus pengasutan yang lebih kecil pada tegangan nominal apabila dibandingkan dengan metode penyalaan dengan menggunakan metode delta bintang dan DOL(Direct on Line)
4. Pada pengujian pembebanan dengan menggunakan generator dc yang dihubungkan dengan lampu pijar maka diketahui bahwa apabila tegangan medan pada generator dc diubah-ubah maka besarnya arus starting juga akan berubah dimana semakin besar tegangan medan maka arus *starting*nya juga semakin besar

5.2 Saran

1. Untuk melindungi rangkaian kontrol dari kerusakan apabila terjadi kesalahan maka sebaiknya diberikan pengaman berupa fuse.
2. Sebaiknya menambahkan rangkaian optocoupler pada output rangkaian kontrol sebagai proteksi.

Daftar Pustaka

- [1] _____, *TCA 785*, Siemens Semiconductor Group.
- [2] <http://www.schneider-electric.ca>
- [3] **Eugene C. Lister, Ir. Drs. Hanapi Gunawan**, *Mesin Dan Rangkaian Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
- [4] **Fizgerald, Kingsley, Umans**, *Mesin - Mesin Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1997.
- [5] **M. Chilikin**, *Electric Drive*, MIR Publisher, Moscow, 1970.

- [6] **M. Rashid**, *Elektronika Daya, Rangkaian, Devais Dan Aplikasinya*. Jilid 1, **PT. Prenhallindo, Jakarta, 1993**.
- [7] **M. Rashid**, *Power Electronics Circuit, Device, and Application 2nd*, Prentice-Hall International Inc, 1988.
- [8] **P. C. Sen**, *Principles Of Electric Machines And Power Electronics, Second Edition*, **John Wiley & Sons, USA, 1997**
- [9] **PROF.Ts.MHD.SOELAIMAN,MABUCHI MAGARISAWA**. *Mesin Tak Serempak dalam praktek*,P.T.Pradya Paramita,Jakarta,1984.
- [10] **Sumanto, MA**. *Motor Listrik Arus Bolak-Balik*. Endi Offset-Yogyakarta,1993.
- [11] **Sulasno, Ir**. *Teknik dan Sistem Diistribusi Tenaga Listrik*.Badan Penerbit Universitas Diponegoro-Semarang,2001.
- [12] **Theodore Wildi**, *Electrical Machines, Drives and Power Systems 3rd*,**Prentice Hall Inc, New Jersey, 1997**.
- [13] **Vedam Subrahmanyam**, *Electric Drives, Concepts and Applications*, **Tata McGraw-Hill, New Delhi, 1994**.

Wahyu Adi Bianto (L2F001649) lahir pada tanggal 3 juli 1982 di Banyumas. Pada saat ini masih menyelesaikan di fakultas Teknik Elektro dengan konsentrasi Tenaga Listrik.

Semarang, 2006

Mengetahui

Pembimbing I

Pembimbing II

Mochammad Facta, ST. MT

Trias Andromeda, ST. MT

132 231 134

132 283 185