

KONTROL FASA SCR DENGAN IC TCA 785

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



disusun oleh:

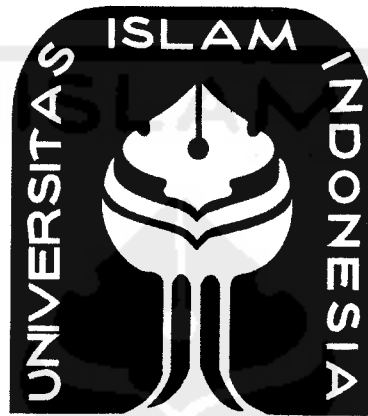
Nama : Yoga Urip Ciptadi

No.Mhs : 02 524 066

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2007**

KONTROL FASA SCR DENGAN IC TCA 785

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



disusun oleh:

Nama : Yoga Urip Ciptadi

No.Mhs : 02 524 066

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA**

2007

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
KONTROL FASA SCR DENGAN IC TCA 785
TUGAS AKHIR



Disusun Oleh:

Nama : Yoga Urip Ciptadi

No.Mhs : 02 524 066

Yogyakarta, Agustus 2007

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I,

(Ir. Hj. Budi Astuti MT)

Pembimbing II,

(Wahyudi Budi Pramono, ST)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

KONTROL FASA SCR DENGAN IC TCA 785

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Yoga Urip Ciptadi

No.Mhs : 02 524 066

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji, sebagai
Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Agustus 2007

Tim Penguji,

Ir. Hj. Budi Astuti, MT

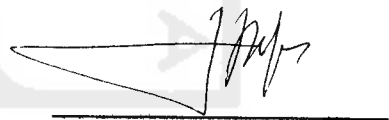
Ketua

Wahyudi Budi P, ST

Anggota I

Hendra Setiawan, ST, MT

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Pius Yuwono., ST., M.Sc)

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT
yang telah memberikan rahmat dan hidayah-NYA,
sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.*

**Skripsi ini didedikasikan dan dipersembahkan sebagai ungkapan
terima kasih dengan tulus kepada mereka yang sangat berarti
dalam hidupku:**

Ayahanda dan ibunda tercinta

*Terimakasih atas do'a serta kasih sayang dan kepercayaanya yang telah
diberikan kepadaku.*

*Semoga menjadi kenangan yang indah dan tak terlupakan
Amien Ya Rabbal 'Aalamien.....*

MOTTO

- “Jadikanlah Sabar dan Sholat sebagai penolongmu, dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi yang khusuk”

(QS. AL Baqarah 45)

- “Allah meninggikan orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan, beberapa derajat.”

(QS. Almujaadalah 11)

- Mulailah dari yang kecil, mulailah dari diri sendiri dan mulailah dari sekarang.

(AA Gym)

- Pandanglah kegagalan sebagai suatu peluang untuk belajar, sebagai suatu lompatan kreativitas sebagai suatu kesempatan untuk menguji gagasan baru.

(Art Martell)

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji Syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, karena ridho-Nya lah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Kontrol Fasa SCR Dengan IC TCA 785**”. Sholawat dan salam pun tak lupa penulis haturkan kepada Nabi besar Rasulullah Muhammad SAW beserta para keluarga dan sahabatnya.

Adapun maksud dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi kurikulum S-1 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Di samping itu untuk menambah pengalaman dan pengetahuan dan juga sebagai perbandingan ilmu-ilmu yang telah diperoleh dibangku kuliah secara teoritis dengan keadaan yang sebenarnya yang ada di dunia industri.

Dalam menyusun tugas akhir, penulis mengucapkan terima kasih berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Fathul Wahid, ST.,M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Tito Yuwono, ST.,M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

3. Ibu Ir. Hj. Budi Astuti, MT, selaku Dosen Pembimbing I. Terima kasih atas kesabaran dan bimbingannya dan juga saran serta kritiknya yang telah banyak membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Wahyudi Budi Pramono, ST, selaku dosen pembimbing II. Yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Segenap dosen di lingkungan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas ilmu dan nilai yang diberikan sewaktu masih kuliah.
6. Ayah dan Ibundaku, yang telah memberikan segala-galanya, terima kasih untuk cinta dan kasih sayang serta do'a selama ini.
7. Kakak dan adikku, Tyas dan Juwita yang banyak memperhatikanku dan tak lupa terus meneriakkan kata semangat.
8. Buat Astri Arindriasari terima kasih atas dukungannya selama ini. Semoga dukunganmu selama ini akan selalu bermanfaat di masa yang akan datang. Amin.
9. Teman-temanku khususnya Guntur Sinorowedi, Rusdani, Danang, Fikhi, Ega, Ari, Fendi dan semua rekan-rekan elektro UII pada umumnya yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Buat Koro, Aldi, Iskandar, Farid, Eko, Wira, Iqbal, Andre, Bintoro, Anton, Agung dan semua teman-temanku yang telah membantu, namun tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan bantuannya. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan

dalam penulisan ataupun bentuk lainnya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun akan diterima dengan senang hati.

Akhir kata, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua yang membacanya, dan bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada umumnya dan Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia pada khususnya. Sekian dan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb



Yogyakarta, Agustus 2007

Penulis

Yoga Urip Ciptadi

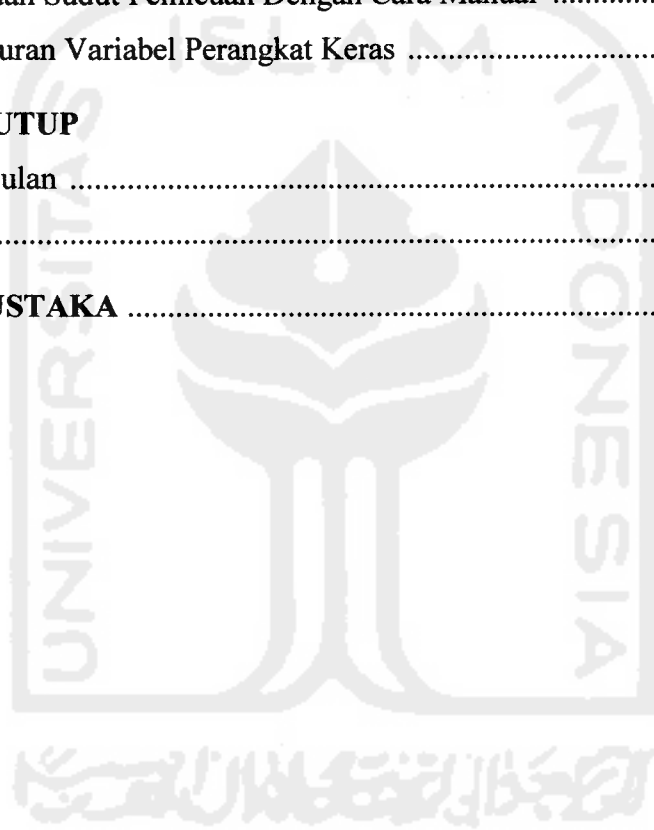
ABSTRAK

Dalam elektronika daya, *thyristor* dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. *Thyristor* dapat dimanfaatkan dalam pembuatan konverter. Jika sebuah saklar *thyristor* dihubungkan antara sumber ac dan beban, aliran energi dapat dikontrol oleh variasi nilai rms dari tegangan ac yang dipakai oleh beban. Pada tugas akhir ini, akan dibuat suatu rangkaian pengontrol *thyristor* dengan menggunakan IC TCA 785 yang difungsikan untuk mengatur sudut pemicuan pada *thyristor* yang di hubung antiparalel guna mendapatkan tegangan keluaran ac yang variabel. Untuk pengambilan data pada model ini digunakan lampu pijar sebagai beban. Pengujian terhadap *thyristor* digunakan sebagai pengontrol fasa dari konverter tegangan AC. Dengan mengontrol sudut picunya maka didapatkan tegangan keluaran ac yang variabel. Sehingga menjadi suatu hubungan antara tegangan keluaran dengan sudut fasa dimana semakin besar sudut fasa akan semakin kecil tegangan keluaran yang dihasilkan. Dengan menggunakan beban yang sama pada pengujian rangkaian kontrol fasa didapatkan bahwa arus akan semakin kecil dengan bertambahnya sudut fasa. Perubahan yang terjadi berlangsung secara perlahan dan teratur (*soft*). Hal ini membuktikan bahwa pengujian ini dapat mengontrol sudut fasa *thyristor* sehingga mempengaruhi besaran tegangan yang dihasilkan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa rangkaian TCA 785 ini dapat mengontrol *thyristor* yang digunakan sebagai pengontrol fasa.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. IC TCA 785	6
2.2. <i>Thyristor</i>	10
2.3. Rangkaian <i>Snubber</i>	17
2.4. Rangkaian Penyearahan Tegangan Bolak-Balik	20
2.5. Kontrol Fasa Tegangan AC 1 ϕ	22
BAB III PERANCANGAN SISTEM	
3.1. Perancangan Alat	25
3.1.1. Rangkaian catu daya	26
3.1.2. Rangkaian pemicuan.....	27

3.1.3. Rangkaian daya	30
3.2. Pembuatan Alat	32
BAB IV PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1. Pengujian Pada Terminal Pemicuan	35
4.2. Pengambilan Data Bentuk Gelombang	37
4.2.1. Sisi masukan	37
4.2.2. Sisi keluaran	38
4.3. Penentuan Sudut Pemicuan Dengan Cara Manual	42
4.4. Pengukuran Variabel Perangkat Keras	44
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Bentuk fisik IC TCA 785.....	6
Gambar 2.2.	Konfigurasi pin IC TCA 785	7
Gambar 2.3.	Diagram pulsa.....	9
Gambar 2.4.	Blok Diagram kerja IC TCA 785	10
Gambar 2.5.	Simbol dan struktur dasar <i>thyristor</i>	11
Gambar 2.6.	Karakteristik <i>thyristor</i>	13
Gambar 2.7.	(a) Rangkaian sederhana <i>thyristor</i>	17
	(b) Bentuk gelombang pada <i>thyristor</i>	17
Gambar 2.8.	Rangkaian <i>snubber</i>	18
Gambar 2.9.	Rangkaian dasar penyearahan gelombang penuh	20
Gambar 2.10.	Proses penyearahan gelombang penuh	21
Gambar 2.11.	Rangkaian sederhana kontrol fasa	22
Gambar 2.12.	Bentuk gelombang <i>thyristor</i> antiparalel	23
Gambar 3.1.	Diagram blok perancangan	25
Gambar 3.2.	Rangkaian catu daya	26
Gambar 3.3.	Rangkaian pemuncian <i>thyristor</i>	28
Gambar 3.4.	Konfigurasi SCR BT 151-500 R.....	30
Gambar 3.5.	Rangkaian kontrol fasa SCR dengan IC TCA 785	33
Gambar 4.1.	Bentuk gelombang tegangan antara pin 10 (ramp) dan 11	35
Gambar 4.2.	Bentuk gelombang tegangan antara pin 5 dan <i>Gate</i> (14)	35
Gambar 4.3.	Bentuk gelombang tegangan antara pin 5 dan <i>Gate</i> (15)	36
Gambar 4.4.	Bentuk gelombang tegangan pin 14	36
Gambar 4.5.	Bentuk gelombang tegangan pin 15	37
Gambar 4.6.	Gelombang sumber tegangan rangkaian daya (220 Vac)	37
Gambar 4.7.	Gelombang sumber tegangan pemuncian (15 Vdc)	38
Gambar 4.8.	Bentuk gelombang hasil kontrol fasa pada sudut (a) 15°, (b) 30°, (c) 45°, (d) 60°, (e) 75°, (f) 90°, (g) 105°, (h) 120°, (i) 135°, (j) 150°, (k) 165° dan (l) 180°	40

Gambar 4.9. Bentuk gelombang dengan menggunakan beban induktif
(a) 150°, (b) 120°, (c) 90°, (d) 60°, (e) 30°, (f) 15° 42

Gambar 4.10. Hubungan sudut fasa dengan tegangan keluaran 47

Gambar 4.11. Hubungan sudut fasa dengan arus keluaran 48



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam elektronika daya, *thyristor* dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. *Thyristor* dapat dimanfaatkan dalam pembuatan konverter. Konverter dapat dikategorikan menjadi beberapa tipe yaitu:

1. konverter ac-ac (pengontrol tegangan ac)
2. konverter ac-dc (penyearah)
3. konverter dc-ac (*inverter*)
4. konverter dc-dc (*dc chopper*)

Apabila sebuah saklar *thyristor* dihubungkan antara sumber ac dan beban, aliran energi dapat dikontrol oleh variasi nilai rms dari tegangan ac yang dipakai oleh beban. Dalam transfer energi, ada dua jenis pengontrol yang biasanya digunakan yaitu:

1. kontrol on-off
2. kontrol sudut fasa

Pada kontrol on-off, saklar menghubungkan beban dengan sumber ac selama beberapa siklus tegangan masukan dan diputus selama beberapa siklus yang lain. Kontrol on-off menggunakan saklar dengan *self-commutated* seperti *Gate Turn-off Thyristors* (GTOs), transistor daya, *Insulated Gate Bipolar Transistor* (IGBTs) dan

MOS-controlled Thyristors (MCTs). Pada kontrol fasa, saklar menghubungkan beban dengan sumber AC untuk setiap bagian dari putaran tegangan masukan. Kontrol fasa menggunakan *Silicon Controlled Rectifier* (SCR) atau *TRIAC* karena piranti ini mempunyai sifat komutasi secara natural (*natural comutation*).

Dalam tugas akhir ini akan dibuat suatu rangkaian pengontrol fasa *thyristor* dengan menggunakan IC TCA 785 yang difungsikan untuk mengatur sudut pemicuan pada *thyristor* yang di hubung antiparalel guna mendapatkan tegangan keluaran ac yang variabel. IC TCA 785 digunakan sebagai penghasil pulsa pemicuan pada *thyristor*. Untuk pengambilan data pada model ini digunakan beban lampu pijar.

1.2 Rumusan Masalah

Pada tugas akhir ini, akan memaparkan bagaimana IC TCA 785 mengontrol *thyristor* dengan metode kontrol fasa. Dimana IC TCA 785 bertindak sebagai rangkaian kontrol penghasil pulsa pemicuan *thyristor*. Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan diatas, maka bisa diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apakah IC TCA 785 yang bertindak sebagai rangkaian kontrol bisa mengatur sudut fasa pada *thyristor*.
2. Dengan mengontrol fasa *thyristor*, apakah tegangan keluaran ac variabel bisa diperoleh sesuai dengan variasi sudut fasa yang diinginkan.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan permasalahan dalam perancangan alat ini diperlukan adanya batasan-batasan, yaitu :

1. Pengontrol yang digunakan berupa IC TCA 785 sebagai penghasil pulsa pemicuan.
2. *Thyristor* yang digunakan berupa SCR BT 151-500R.
3. Beban yang digunakan hanya berupa beban resistif.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dari tugas akhir ini adalah membuat rangkaian pengontrol fasa SCR secara manual dengan menggunakan IC TCA 785.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Pustaka

Yaitu dengan cara mengumpulkan bahan-bahan yang diperlukan sesuai dengan materi bahasan pada tugas akhir ini, dimana data-data tersebut didapatkan dari buku-buku referensi yang ada.

2. Perancangan

Perancangan yang dilakukan berhubungan dengan kerja alat yang diinginkan dan komponen yang diinginkan. Selanjutnya dilakukan penggabungan masing-masing blok sehingga terbentuk suatu sistem kerja yang sesuai dengan alat yang direncanakan.

3. Perakitan dan Pembuatan Alat

Pada tahap ini akan dibuat rangkaian-rangkaian setiap blok kemudian menggabungkannya menjadi satu, sebagai sistem yang sesuai dengan yang direncanakan.

4. Pengujian Alat

Yaitu menguji alat yang telah dirancang atau dibuat.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II Landasan Teori

Berisi tentang penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai landasan untuk pemecahan masalah, dan

digunakan sebagai metoda untuk merancang sistem yang akan direncanakan.

BAB III Perancangan Sistem

Bagian ini menjelaskan metode-metode perancangan yang digunakan, cara mengimplementasikan rancangan yang telah dibuat, serta batasan dan hambatan yang ditemui selama proses perancangan dan implementasi sistem.

BAB IV Pengujian Dan Pembahasan

Menjelaskan tentang hasil pengujian yang dilakukan dari sistem yang dibuat.

BAB V Penutup

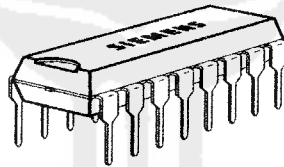
Berisi tentang kesimpulan-kesimpulan dan saran dari proses perancangan yang telah dilakukan, implementasi sistem, analisis kerja dari hasil pengujian yang diperoleh dari rancangan sistem, dan keterbatasan serta asumsi yang ditemukan selama melakukan tugas akhir.

BAB II

LANDASAN TEORI

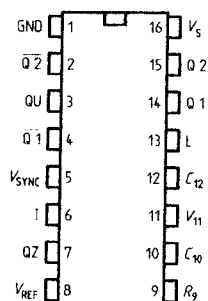
2.1 IC TCA 785

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 yang akan dibahas pada bahasan *thyristor*.



Gambar 2.1. Bentuk fisik IC TCA 785

Gambar 2.1 adalah bentuk fisik IC TCA 785. IC ini dapat diaplikasikan pada kontrol tegangan ac terkontrol (*ac-ac 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, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Konfigurasi pin IC TCA 785

Deskripsi dari konfigurasi IC TCA 785 adalah :

PIN	Simbol	Fungsi
1	GND	Netral (<i>Ground</i>)
2	$\bar{Q}2$	Keluaran 2 terbalik (<i>Output 2 inverted</i>)
3	QU	Keluaran U
4	$\bar{Q}1$	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 temperature 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. Perab nol (*zero 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*) C_{10} dan R_9 akan menentukan kemiringan dari bentuk gelombang gigi gergaji yang dihasilkan. Untuk nilai kapasitansinya adalah antara 500 pF hingga 1 μF , dan R_9 yang dapat dipakai adalah 100 Ω hingga 3 $\text{K}\Omega$. Gelombang ini kemudian dibandingkan dengan tegangan referensi V_{11} oleh *comparator* (pembeding). Sinyal ouput 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* yang terhubung pada kaki 11 (kontrol tegangan), persamaan yang dapat digunakan untuk mendapatkan sudut pemicuan adalah:

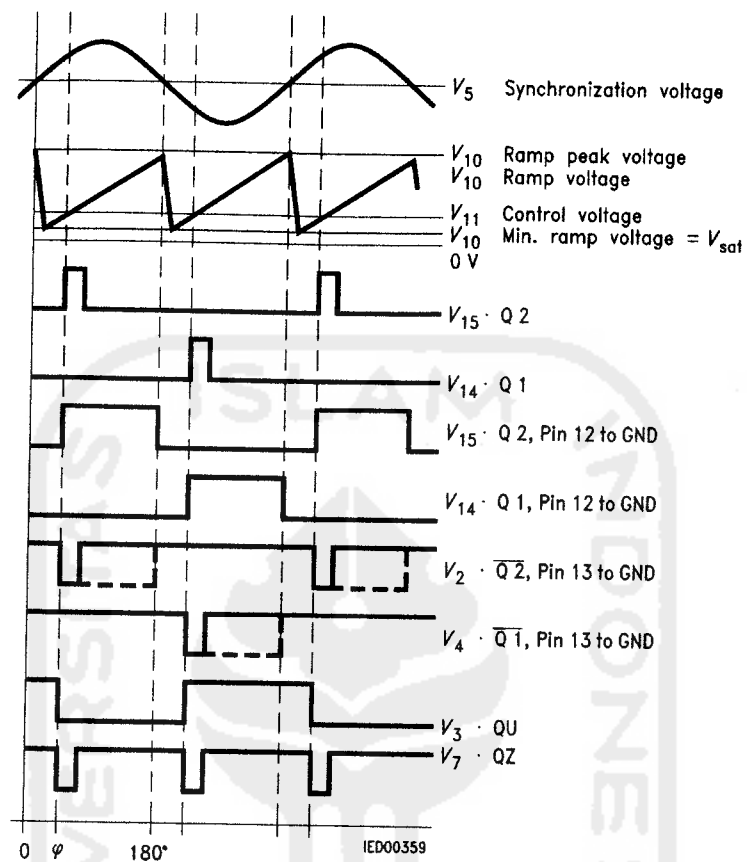
$$\alpha = 180^{\circ} \times \frac{V_{\text{CONTROL}}}{V_{st}} \quad (2.1)$$

Dimana:

α = Sudut pemicuan ($^{\circ}$)

V_{control} = Kontrol tegangan (volt)

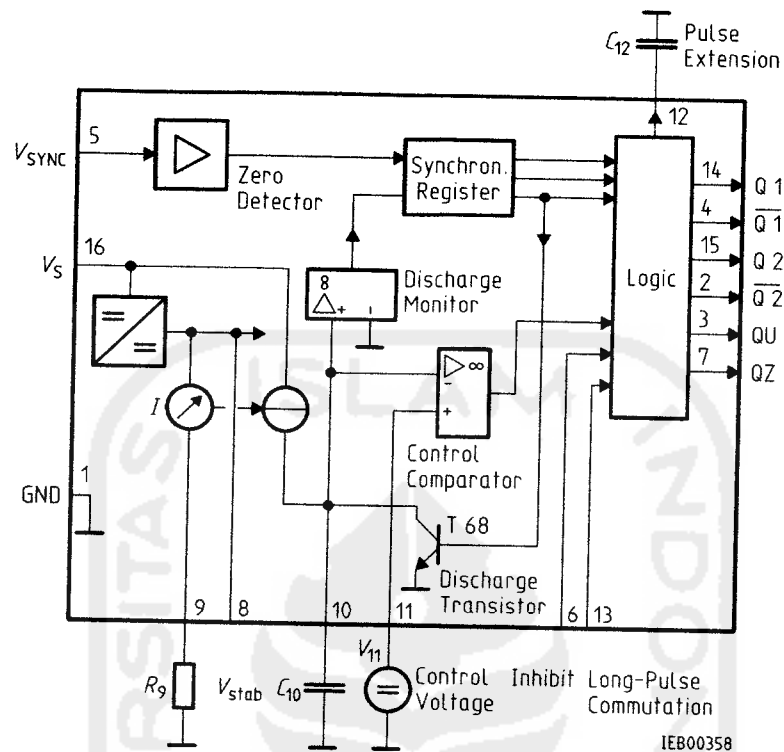
V_{st} = Tegangan stabil (volt)



Gambar 2.3. Diagram pulsa

V_{st} (V_{10}) biasanya bernilai 10 Volt, namun lebih tepatnya pengaturan sudut pemuncian dapat dilakukan dengan menggunakan *oscilloscope*, sehingga dapat diperoleh hasil pengukuran yang lebih baik. Gambar 2.3 adalah diagram pulsa keluaran yang dihasilkan oleh setiap kaki pada IC TCA 785.

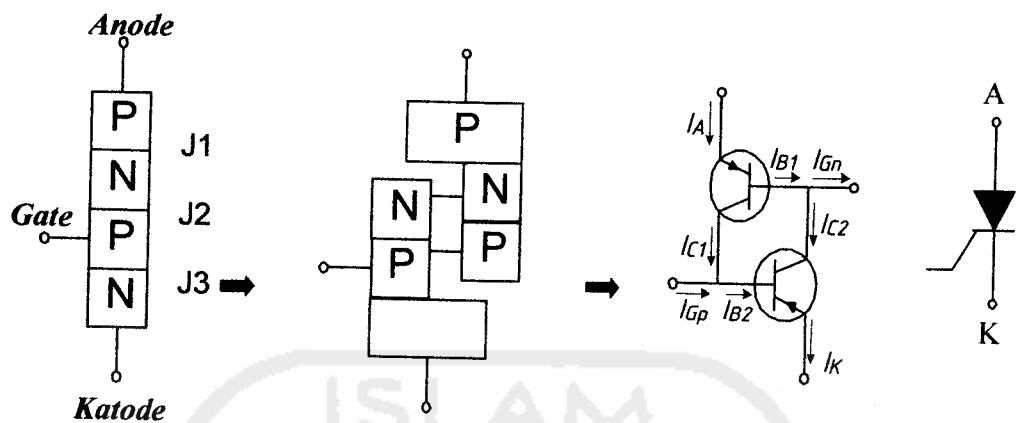
Setiap kaki pada IC TCA 785 akan berhubungan satu sama lainnya yang membentuk suatu alur kerja yang dinamis. Sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.4 yang merupakan blok diagram kerja dari IC TCA 785.



Gambar 2.4. Blok diagram kerja IC TCA 785

2.2 Thyristor

Thyristor adalah komponen yang prinsip kerjanya mirip dengan dioda namun dilengkapi dengan *gate* untuk mengatur besarnya fasa yang dialirkan. Simbol *thyristor* dan struktur dasar *thyristor* terdapat pada Gambar 2.5. *Thyristor* (SCR) adalah komponen semikonduktor yang terbentuk dengan struktur empat lapis, yaitu P-N-P-N, dengan tiga lapis sambungan P-N dengan cara penggabungan difusi (*diffusion*).



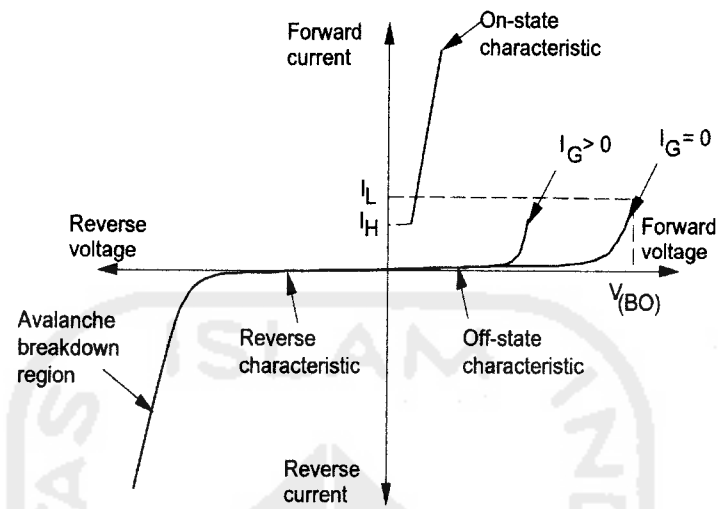
Gambar 2.5. Simbol dan struktur dasar *thyristor*

Thyristor memiliki tiga terminal yaitu : anoda (*anode*), katoda (*cathode*), dan *gate*. Dimana arah arus tetap dari anoda ke katoda bila telah tersulut (*triggering*). Berdasarkan Gambar 2.5 dapat dipelajari sistem operasi *thyristor*. Apabila sambungan P-N (*P-N junction*) berturut-turut dari anoda ke katoda diberi notasi J_1 , J_2 , dan J_3 . Ketika tegangan anoda dibuat lebih positif dibandingkan dengan tegangan katoda, sambungan J_1 dan J_3 berada pada kondisi bias maju. Sambungan J_2 berada pada kondisi bias mundur dan akan mengalir arus bocor yang kecil antara anoda dan katoda. Dalam kondisi seperti ini, *thyristor* dikatakan pada kondisi *forward blocking* atau kondisi *off-state* dan arus bocor dikenal sebagai arus *off-state* I_D .

Ketika tegangan anoda ke katoda ditingkatkan hingga suatu tegangan tertentu, sambungan J_2 akan bocor. Hal ini dikenal dengan *avalanche breakdown* dan tegangan tersebut dikenal sebagai *forward breakdown voltage*. Karena sambungan J_1

dan J_3 sudah berada pada kondisi bias maju, maka akan terdapat lintasan pembawa muatan bebas melewati tiga sambungan, yang akan menghasilkan arus anoda yang besar. *Thyristor* pada kondisi ini disebut berada pada keadaan konduksi atau keadaan hidup. Tegangan jatuh yang terjadi dikarenakan oleh tegangan *ohmic* antara empat lapisan dan biasanya cukup kecil sekitar 1 V. Arus anoda harus lebih besar dari suatu nilai yang disebut *latching current* I_L , agar diperoleh cukup banyak aliran pembawa muatan bebas yang melewati sambungan. *Latching current* adalah arus anoda minimum yang diperlukan agar dapat membuat *thyristor* tetap pada kondisi hidup begitu suatu *thyristor* telah dihidupkan dan sinyal gerbang dihilangkan. Gambar 2.6 menunjukkan karakteristik umum sebuah *thyristor*.

Ketika berada pada kondisi menghantar, *thyristor* akan bertindak seperti dioda yang tidak dapat dikontrol. *Thyristor* akan berada pada kondisi menghantar, karena tidak adanya lapisan deplesi pada sambungan J_2 karena pembawa-pembawa muatan yang bergerak bebas. Akan tetapi, jika arus maju anoda berada di bawah suatu tingkatan yang disebut *holding current* I_H , daerah deplesi akan terbentuk di sekitar J_2 karena adanya pengurangan pembawa muatan bebas dan *thyristor* akan berada pada keadaan *blocking*. *Holding current* terjadi pada orde miliamper dan lebih kecil dari *latching current* I_L , $I_H > I_L$. *Holding current* adalah arus anoda minimum untuk mempertahankan *thyristor* pada kondisi menghantar.



Gambar 2.6. Karakteristik *thyristor*

Ketika tegangan katoda lebih positif dibanding dengan anode, sambungan J_2 akan terbias maju, akan tetapi sambungan J_1 dan J_2 akan terbias mundur. Hal ini seperti dioda-dioda yang terhubung secara seri dengan tegangan balik bagi keduanya. *Thyristor* akan berada pada kondisi *reverse blocking* dan arus bocor *reverse* dikenal sebagai *reverse current* I_R akan mengalir melalui devais.

Thyristor akan dapat dihidupkan dengan meningkatkan tegangan maju diatas tegangan *breakdown*nya, akan tetapi kondisi ini bersifat merusak. Dalam prakteknya, tegangan maju harus dipertahankan dibawah tegangan *breakdown*nya dan *thyristor* dihidupkan dengan memberikan tegangan positif antara gerbang terhadap katoda. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.6 dengan garis putus-putus. Begitu *thyristor*

dihidupkan dengan sinyal penggerbangan itu dan anodanya lebih besar dari *holding current*, *thyristor* akan terus berada pada kondisi tersambung, bahkan bila sinyal penggerbangan dihilangkan. *Thyristor* dapat dikategorikan sebagai *latching device*.

Dalam penggunaannya harus mengetahui cara-cara mengoperasikan *thyristor*, yaitu metoda membuat *thyristor* dalam kondisi menghantar (*trigger methods*) atau penyulutan dan metoda membuat *thyristor* dalam kondisi tidak menghantar (*commutation methods*) atau komutasi.

Terdapat beberapa metoda membuat *thyristor* dalam kondisi menghantar, yaitu :

a. Radiasi

Thyristor ditembaki dengan *foton* sedemikian rupa sehingga pasangan *hole-electron* semakin banyak dan menurunkan nilai hambatan, sehingga arus dapat mengalir.

b. Tegangan

Tegangan maju *thyristor* diperbesar diatas tegangan tembusnya, sehingga arus dapat mengalir.

c. *Temperature* atau suhu

Setiap *thyristor* dibuat dengan batas suhu kerja dalam beberapa puluh bahkan ratus derajat *Celcius*, bila *thyristor* dikenakan pada suhu diatas batas tersebut maka resistansi pada sambungannya (*junction*) akan mengecil sehingga dapat dilalui arus.

d. *Gate*

Pemicuan atau penyulutan melalui *gate* adalah yang umum digunakan, dengan tegangan kecil saja pada *gate-cathode* (tergantung spesifikasi produk) arus *gate* dapat mengalir. Pada saat arus *gate* mengalir blok tegangan pada J_2 menurun dikarenakan J_3 potensial tegangannya menjadi lebih rendah dibandingkan J_1 . Sehingga arus dapat mengalir dari anoda ke katoda.

Gambar 2.7.a adalah rangkaian sederhana untuk pemicuan *thyristor*. Pemicuan atau penyulutan melalui *gate* yaitu hanya dengan memberikan tegangan kecil saja pada *gate-cathode*, arus *gate* dapat mengalir dan membuat kondisi *thyristor* dalam keadaan menghantar. Karena daerah kerja *thyristor* adalah 0° hingga 180° (sifat umum dioda) maka hanya pada daerah tersebut pengontrolan fasa dapat dilakukan. Proses ini dapat diperhatikan pada Gambar 2.7.b. Gambar 2.7.b menunjukkan bahwa *thyristor* dipicu pada sudut 0° arus akan melalui *thyristor* secara penuh dari perioda 0° hingga 180° . Pada perioda 180° hingga 360° *thyristor* akan mengalami bias mundur sehingga arus akan ditahan, pada perioda ini pemicuan tidak berguna karena fenomena bias mundur merupakan fenomena dasar *thyristor* (dioda) dimana hanya akan melakukan bias maju. Jadi pada *thyristor* bila ingin dalam keadaan menghantar maka pemicuan lewat *gate* harus dilakukan setiap perioda 0° hingga 180° .

Setelah *thyristor* dalam kondisi terpicu, maka *thyristor* dalam kondisi menghantarkan arus listrik. Untuk pengaturan fasa atau menghentikan arus listrik maka diperlukan metoda komutasi. Pada intinya metoda komutasi pada *thyristor* adalah mengusahakan tegangan pada *thyristor* adalah nol, sehingga arus tidak mengalir. Pada saat itu dapat dipastikan *thyristor* akan dalam kondisi tidak dapat menghantarkan arus listrik dari anoda ke katoda hingga pemicuan dimasukkan kembali. Dan beberapa metoda membuat *thyristor* tidak menghantar atau komutasi, yaitu :

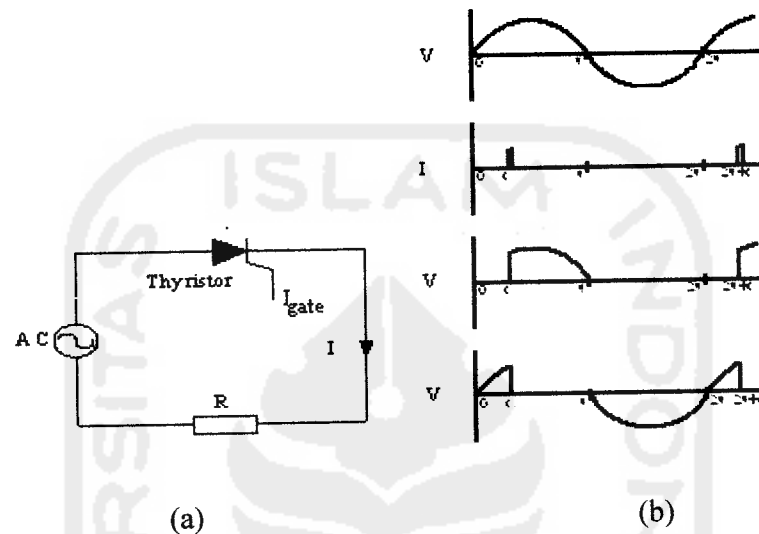
a. Komutasi alami (*natural commutation*)

Dalam pembuatan modul ini, teknik alami yang digunakan, karena tegangan kerja yang digunakan adalah AC. Pada tegangan arus bolak balik setiap satu periode akan melewati dua kali titik nol volt yaitu 0° dan 180° . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.7.b. Setelah tegangan melewati titik-titik tersebut maka *thyristor* secara otomatis akan mengalami komutasi. Inilah salah satu keuntungan bila menggunakan *thyristor* pada tegangan kerja arus bolak balik.

b. Komutasi yang dipaksakan (*Forced commutation*)

Komutasi jenis ini tidak dibahas secara mendetail, karena tidak digunakan dalam pembuatan modul.

Gambar 2.7.a adalah rangkaian sederhana *thyristor* dan bentuk gelombang yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 2.7.b. Ketika *thyristor* dinyalakan pada $\omega t = \alpha$, *thyristor* akan tersambung dan arus akan mengalir ke beban.

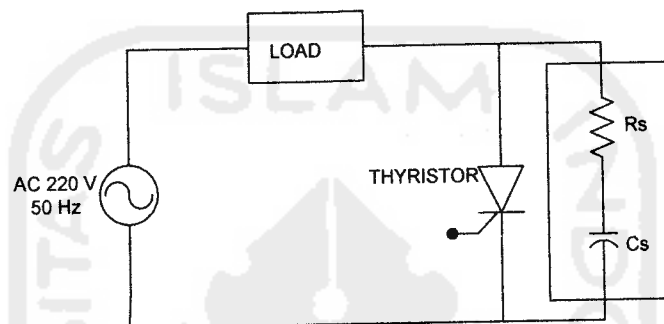


Gambar 2.7. (a) Rangkaian sederhana *thyristor*
(b) Bentuk gelombang pada *thyristor*

2.3 Rangkaian *Snubber*

Suatu *thyristor* memerlukan waktu minimum untuk menyebarkan kondisi tersambung ke semua sambungannya secara merata. Jika peningkatan arus anoda lebih cepat dibandingkan kecepatan penyebaran dari proses *turn-on*, titik-titik pemanasan akan terjadi pada devais karena adanya daerah-daerah dengan kepadatan arus yang tinggi dan devais akan rusak sebagai hasil dari suhu yang berlebihan. Pada saat $t = 0$, suatu tegangan step akan diberikan sepanjang *thyristor* dan dv/dt akan cukup tinggi untuk membuat devais dalam kondisi on. Nilai dv/dt dapat dibatasi

dengan rangkaian RC yang dikenal sebagai rangkaian *snubber*. Rangkaian *snubber* digunakan untuk melindungi divais dari perubahan tegangan yang berlebihan pada saat kondisi transien. Rangkaian RC ini dihubungkan secara paralel seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Rangkaian *snubber*

Parameter yang mempengaruhi pemilihan komponen *snubber* adalah nilai beban induktif, frekuensi dari tegangan ac, dan rms arus beban. Nilai resistor *snubber* perlu cukup besar guna meredam saluran dan menghindari tegangan *overshoot*. Kapasitor *snubber* seharusnya memiliki nilai rating yang sesuai dengan sistem tegangan ac yang digunakan.

Snubber yang dipasang paralel terhadap piranti dapat menambah performa *turn-on thyristor* dengan menggunakan arus pengosongan kapasitor *snubber* sebagai penambahan arus beban untuk memastikan *thyristor* sudah tertahan pada kondisi *turn-on*. Nilai resistor *snubber* harus cukup besar untuk membatasi puncak dari arus pengosongan kapasitor yang melewati *thyristor*. Persamaan 2.2 dan 2.3 dapat

digunakan untuk menghitung komponen *snubber* untuk menjaga dv/dt suatu *thyristor* dengan $dv_{(com)}/dt$ rating dari piranti.

Parameter-parameter yang dibutuhkan dalam persamaannya adalah :

$$R_S = \frac{V_S}{I_{TD}} \quad (2.2)$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{0,632.V_S}{\tau} = \frac{0.632.V_S}{C_S.R_S} \quad (2.3)$$

Dimana:

I_{TD} = arus pengosongan oleh *thyristor* atau *triac* (ampere)

V_S = tegangan *input* (volt)

R_S = *resistor snubber* (ohm)

$\frac{dv}{dt}$ = kondisi komutasi (volt/ μ s)

C_S = kapasitansi, *capacitor snubber* (farad)

τ = konstantan waktu rangkaian *snubber*

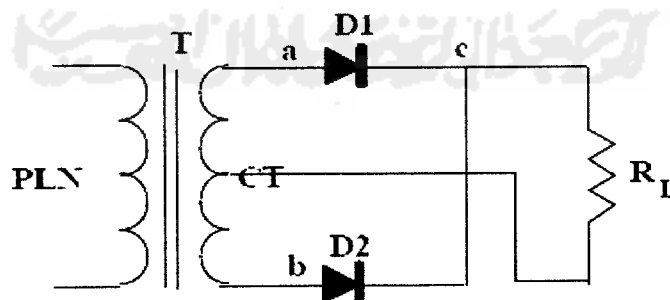
Nilai R_S diperoleh dari nilai arus pengosongan I_{TD} . Untuk membatasi tegangan puncak *overshoot* yang terjadi sepanjang *thyristor*, rasio damping (nilai dv/dt) yang digunakan harus berada pada daerah 0,5 sampai dengan 1. Jika induktansi beban tinggi, R_S dapat dibuat tinggi dan C_S dapat dibuat kecil untuk membuat kecil untuk membuat rasio damping berada pada daerah yang diinginkan.

Nilai R_s yang tinggi akan mengurangi arus pengosongan, dan nilai C_s yang rendah akan mengurangi daya hilang pada rangkaian *snubber*.

2.4 Rangkaian Penyearahan Tegangan Bolak-Balik

Bagian utama atau boleh dikatakan jantung suatu catudaya adalah rangkaian penyearah yang mengubah gelombang sinus AC menjadi deretan pulsa DC. Ini merupakan dasar atau langkah awal untuk memperoleh arus DC halus yang dibutuhkan oleh suatu peralatan elektronik. Dan perlu diperhatikan bahwa dalam rangkaian penyearah gelombang arus listrik mengalir sepanjang satu periode.

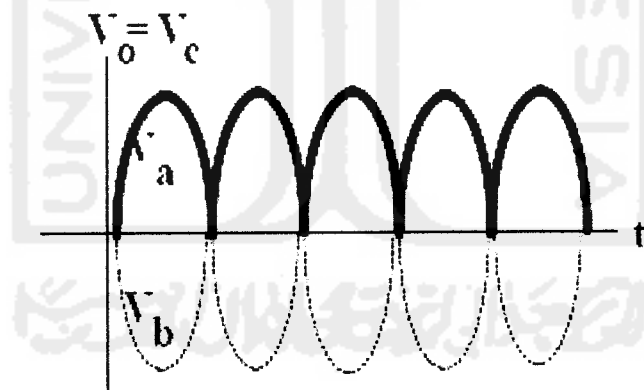
Rangkaian dasar penyearah gelombang penuh seperti terlihat pada Gambar 2.9. Menggunakan dua dioda dan satu *center tape transformer*. Jika titik tengah transformer ditemukan maka tegangan di kedua ujung lilitan sekunder berlawanan fasa 180 derajat. Misalnya, apabila tegangan dititik A mengayun ke arah positif diukur dari titik tengah lilitan sekunder maka tegangan dititik B mengayun ke arah negatif diukur dari titik yang sama.



Gambar 2.9. Rangkaian dasar penyearahan gelombang penuh

Ketika anoda D1 mendapat tegangan positif, Anoda D2 mendapat tegangan negatif. Pada kedudukan ini hanya D1 saja yang terionduksi atau terhubung singkat. Arus listrik mengalir dari titik tengah sekunder melalui beban, kemudian melalui D1 dan kembali ke titik tengah melalui lilitan atas sekunder. Dalam hal ini D1 berfungsi seperti saklar atau *switch* yang menutup, sehingga arus listrik mengalir melalui beban disaat positif dari gelombang sinus AC.

Ketika polaritas berganti. Anoda D1 mengayun ke arah negatif sementara anoda D2 mengayun ke arah positif. Akibatnya D1 menyumbat, sebaliknya D2 konduksi atau terhubung singkat. Pada keadaan ini arus listrik mengalir dari titik setengah sekunder melalui beban dan D2 kembali ke titik tengah setelah melalui lilitan bawah sekunder.



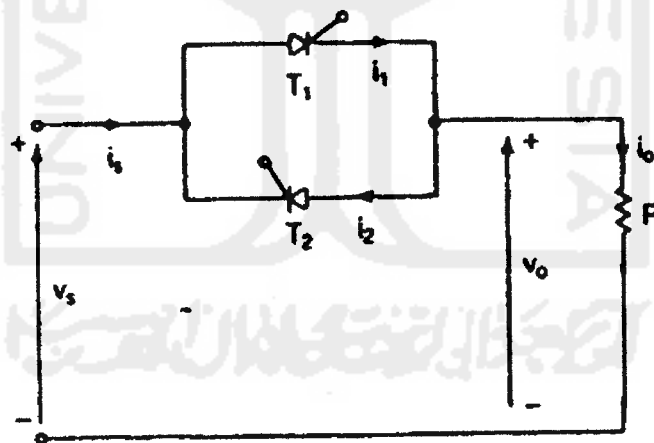
Gambar 2.10. Proses penyearahan gelombang penuh

Ketika diode D1 dan D2 bekerja secara bergantian masing-masing untuk setengah periode, sehingga sepanjang waktu tahanan R_L selalu dilewati arus

(Gambar 2.10) berbentuk pulsa-pulsa positif. Nampak bahwa arus yang mengalir melalui R_L sudah searah walaupun belum rata. Karena satu gelombang penuh tegangan bolak-balik telah dimanfaatkan maka, rangkaian ini dinamakan penyerah gelombang penuh.

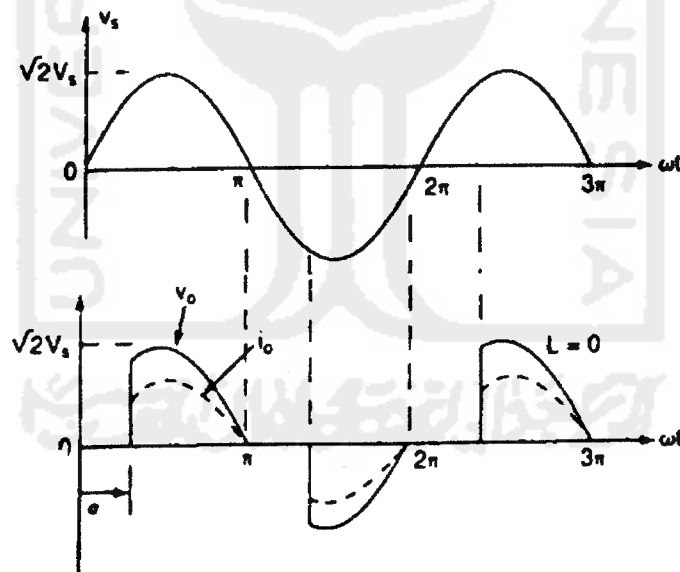
2.5 Kontrol Fasa Tegangan AC 1 ϕ

Thyristor antiparalel yang terpasang pada rangkaian dengan tegangan masukan ac 1 ϕ dengan menggunakan beban resistif dapat dilihat seperti pada Gambar 2.11. Pada setengah siklus tegangan (siklus positif) akan dilalukan pada *thyristor* T_1 dan setengah siklus yang lain (siklus negatif) akan dilalukan pada *thyristor* T_2 .



Gambar 2.11. Rangkaian sederhana kontrol fasa

Pada Gambar 2.11 terlihat bahwa selama setengah siklus positif dari tegangan masukan, anoda *thyristor* T_1 relatif positif terhadap katoda sehingga *thyristor* disebut terbias maju. Ketika *thyristor* T_1 dinyalakan pada $\omega t = \alpha$, *thyristor* T_1 akan tersambung dan tegangan masukan akan muncul pada beban. Sedangkan pada saat itu *thyristor* T_2 terbias mundur sehingga tidak terdapat aliran arus pada T_2 menuju beban. Sedangkan ketika semi terkontrol siklus negatif akan berlaku sebaliknya dimana T_2 terbias maju dengan α sebagai sudut penyalaannya dan T_1 akan terbias mundur. T_2 akan tersambung dan tegangan akan muncul pada beban. Berikut ini diberikan bentuk gelombang keluarannya.



Gambar 2.12. Bentuk gelombang *thyristor* anti paralel

Pada Gambar 2.12 menunjukkan bahwa bentuk gelombang keluaran (*output*) tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian kontrol fasa tegangan ac 1ϕ dengan beban resistif murni. α adalah sudut pemicuan *thyristor*.

Jika $v_s = \sqrt{2} V_s \sin \omega t$ adalah tegangan masukan, dan sudut tunda *thyristor* T_1 dan T_2 sama ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$), tegangan keluaran rms dapat ditentukan melalui

$$\begin{aligned}
 V_O &= \left[\frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} 2 V_s^2 \sin^2 \omega t d(\omega t) \right]^{1/2} \\
 &= \left[\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_s^2 (1 - \cos 2\omega t) d(\omega t) \right]^{1/2} \\
 &= V_s \left[\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (1 - \cos 2\omega t) d(\omega t) \right]^{1/2} \\
 &= V_s \left[\frac{1}{\pi} \left(\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \right]^{1/2} \\
 &= V_s \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right]^{1/2} \tag{2.4}
 \end{aligned}$$

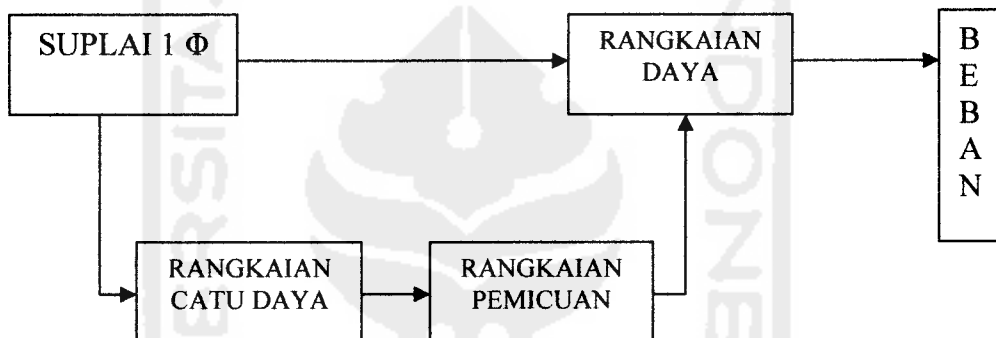
Dengan variasi sudut α dari 0 sampai α , V_O dapat divariasikan dari V_S sampai 0.

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan Alat

Perancangan rangkaian kontrol fasa SCR ini terdiri dari rangkaian catu daya, rangkaian pemecuan dan rangkaian daya. Berikut ini diberikan diagram blok perancangan rangkaian kontrol fasa.



Gambar 3.1. Diagram blok perancangan

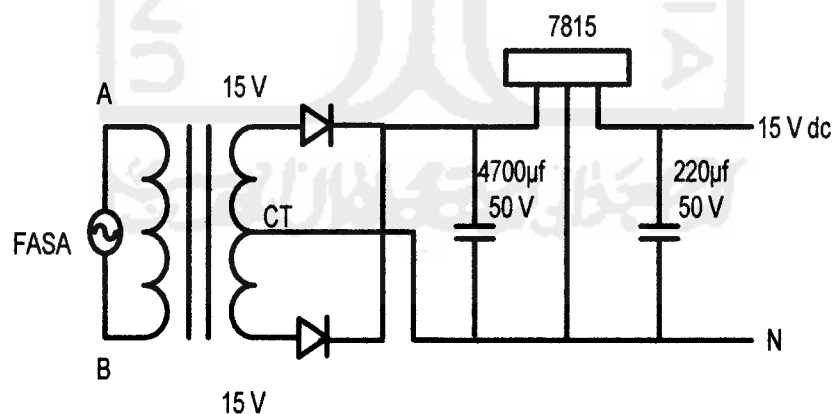
Adapun perancangan modul perangkat keras ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1. Sumber tegangan untuk rangkaian daya adalah tegangan jala-jala PLN 220 V satu fasa. Sumber tegangan AC 15 Volt, frekuensi 50 Hertz, diperoleh dari tegangan jala-jala PLN yang dilewatkan pada sebuah trafo daya (*center tap*) 220/15 volt, untuk menyuplai rangkaian TCA yang berfungsi sebagai kontrol. Suplai untuk rangkaian pemecuan menggunakan sumber tegangan DC 15 Volt.

2. Penggunaan *thyristor*/SCR (*Silicon-Controlled Rectifier*) tipe BT 151-500R yang berfungsi sebagai saklar yang dapat diatur dalam rangkaian elektronika daya.
3. Rangkaian pemecuan (*phase control*) IC TCA 785 yang dapat digunakan untuk memicu *thyristor* dengan sudut picu (*phase angle*) antara $0^\circ - 180^\circ$ dan frekuensi pensaklaran 50 Hz.
4. Beban yang digunakan dapat berupa beban resistif digunakan beban lampu pijar 45 W.

3.1.1 Rangkaian Catu Daya

Suplai ac yang digunakan berasal dari jala-jala PLN satu fasa dengan tegangan 220 V dan frekuensi 50 Hz. Sebelum masuk ke rangkaian kontrol ac satu fasa, suplai ac ini akan diturunkan tegangannya melalui transformator *step down center tap*.

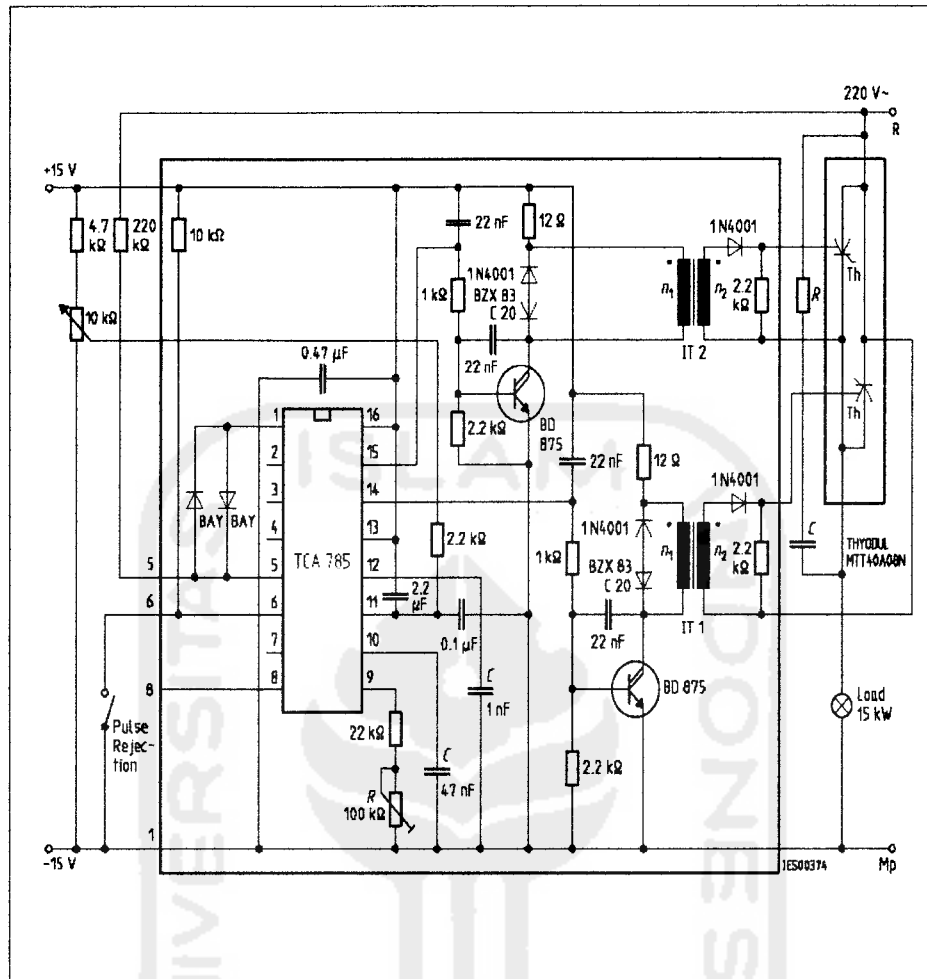


Gambar 3.2. Rangkaian catu daya

Rangkaian catu daya menggunakan transformator CT (*Center Tap*) dengan tegangan fasa ke netral 15 volt sebesar 2 ampere seperti yang tersedia di pasaran, serta menggunakan IC 7815 untuk menghasilkan tegangan keluaran yang hampir linier. Suplai tegangan yang digunakan yaitu tegangan 15 Volt dc untuk suplai IC TCA 785 yang akan dihubungkan pada pin 16 IC TCA 785. Sedang sebuah tegangan 15 volt ac dari sumber tegangan rangkaian daya yang akan dihubungkan pada pin 5 IC TCA 785 digunakan untuk sinkronisasi antara frekuensi tegangan sumber rangkaian daya dan frekuensi picuan dengan cara mendeteksi titik nol dari sumber tegangan rangkaian daya.

3.1.2 Rangkaian Pemicuan

Pada IC TCA ini terdapat dua keluaran yaitu Q1 dan Q2 yang berada pada pin 14 dan 15. pada pin 14 dihubungkan dengan *thyristor* pertama dan pin 15 dihubungkan pada *thyristor* kedua. *Thyristor* pertama (siklus positif) melewati gelombang masukan sinusoida pada sudut $0 - 180^\circ$ dan *thyristor* kedua (siklus negatif) melewati gelombang masukan sinusoida pada sudut $180 - 360^\circ$. Dalam aplikasinya sebagai rangkaian pemicuan yang akan dibuat pada tugas akhir ini, pin 14 akan mengontrol selama siklus negatif dan pin 15 akan mengontrol selama siklus positif. Berikut ini ditunjukkan rangkaian pemicuan *thyristor*.



Gambar 3.3. Rangkaian pemucuan *thyristor*

Berdasarkan Gambar 3.3 keluaran Q1 dan Q2 dihubungkan langsung pada *gate* dan katoda *thyristor* yang dihubungkan antiparalel. Keluaran Q1 dan Q2 yang berada pada pin 14 dan 15 akan mengontrol setiap putaran dari tegangan masukan. Pada pin 14 dihubungkan dengan *thyristor* pertama dan pin 15 dihubungkan pada *thyristor* kedua. *Thyristor* pertama (siklus negatif) melewati gelombang masukan sinusoida pada sudut $180 - 360^\circ$ dan *thyristor* kedua (siklus positif) melewati gelombang masukan sinusoida pada sudut $0 - 180^\circ$.

Sinyal sinkronasi dari tegangan sumber dihubungkan pada kaki nomor 5 (V_{SYNC}) melalui *resistor* berhambatan tinggi. Pin 5 ini diberikan resistor 220 k Ω , sehingga arus yang mengalir menjadi sangat kecil yaitu:

$$I_{SYNC} = \frac{V_{SYNC}}{R} \quad (3.1)$$

$$I_{SYNC} = \frac{15}{220} = 68,1 \mu A$$

Dimana:

V_{SYNC} = Tegangan sinkronisasi dari sumber (volt)

I_{SYNC} = Arus sinkronisasi (ampere)

R = Hambatan (ohm)

Pada IC TCA 785 terdapat peraba nol (*zero detector*) yang akan menentukan letak titik nol dan disimpan kedalam memori sinkron. Memori sinkron ini mengontrol sebuah generator ramp, kapasitor C_{10} yang diisi dengan arus konstan (ditentukan oleh R_9) dimana :

$$I_{10} = \frac{V_{REF} \times K}{R_9} \quad (3.2)$$

Dimana :

I_{10} = *Charge current* (ampere)

V_{REF} = Tegangan referensi (volt)

K = Konstanta yang memiliki nilai 1,10 x 20%

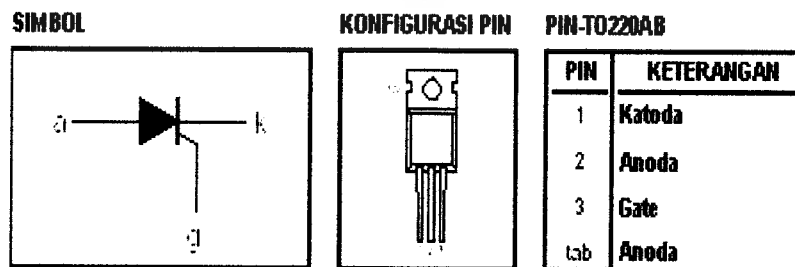
R_9 = *Ramp resistance* (ohm)

Tegangan referensi sesuai dengan datasheet adalah 3,1 V dengan toleransi minimal 2,8 V dan maksimal 3,4 V. Sedangkan K adalah konstanta yang memiliki nilai $1,10 \pm 20\%$. R_9 tersusun dari resistor 22 k Ω dan trimpot (kapasitor variabel) dengan nilai 100 k Ω yang tersusun seri.

Jika tegangan ramp V_{10} melebihi tegangan kontrol V_{11} (sudut pemicuan ϕ), sebuah sinyal diproses dalam logic. Berdasarkan pada besarnya tegangan kontrol V_{11} , pemicuan dapat diatur pada sudut $0 - 180^\circ$. Pin 11 ini kemudian dihubungkan dengan potensiometer. Potensiometer adalah resistor yang dapat disetel, apabila dihubungkan dengan benar maka potensiometer dapat digunakan untuk mengatur batasan tegangan tersebut.

3.1.3 Rangkaian Daya

Thyristor yang digunakan pada rangkaian daya adalah SCR BT 151-500R produksi *Phillips Semiconductor*. Untuk pembuatan rangkaian pengontrol tegangan ac ini dibutuhkan 2 buah *thyristor* yang dihubung antiparalel. Bentuk dan konfigurasi pin dari SCR BT 151-500R ini dapat dilihat dari Gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.4. Konfigurasi SCR BT 151-500R

Adapun spesifikasinya secara umum sebagai berikut (untuk selengkapnya dapat dilihat pada *data sheet* yang dilampirkan) :

Tabel 3.1. Spesifikasi SCR BT 151-500R

SIMBOL	PARAMETER	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DRM}	Tegangan <i>off</i> max.		500	V
V_{RRM}	Tegangan <i>reverse</i> max.		500	V
$I_{T(AV)}$	Arus <i>on</i> rata-rata		7,5	A
$I_{T(RMS)}$	Arus <i>on</i> RMS		12	A
I_{TSM}	Arus <i>on</i> max.		100	A
I_{GT}	Arus pemicuan <i>gate</i>	2	15	mA
V_{GT}	Tegangan pemicuan <i>gate</i>	0.5	1.6	V
V_{GM}	Tegangan <i>gate</i> max.		5	V
I_{GM}	Arus <i>gate</i> max.		2	A

Dengan melihat nilai dv/dt dan I_{TD} dari datasheet SCR BT 151-500R (lampiran 2), maka dapat ditentukan nilai *snubber* sebagai rangkaian proteksi yang digunakan untuk SCR BT 151 adalah berupa resistor dan kapasitor yang besarnya dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R_s = \frac{V_s}{I_{TD}}$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{220}{7,5} \\ &= 29,33\Omega \end{aligned}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{0,632 \cdot V_s}{\tau} = \frac{0,632 \cdot V_s}{C_s \cdot R_s}$$

$$130 \text{ V}/\mu\text{s} = \frac{0,632 \cdot 220 \text{ V}}{C_s \cdot 29,33\Omega}$$

$$130 \cdot 10^6 \text{ V/s} = \frac{0,632 \cdot 220 \text{ V}}{C_s \cdot 29,33\Omega}$$

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{0,632 \cdot 220 \text{ V}}{130 \cdot 10^6 \text{ V/s} \cdot 29,33\Omega} \\ &= 0,036 \mu\text{F} \end{aligned}$$

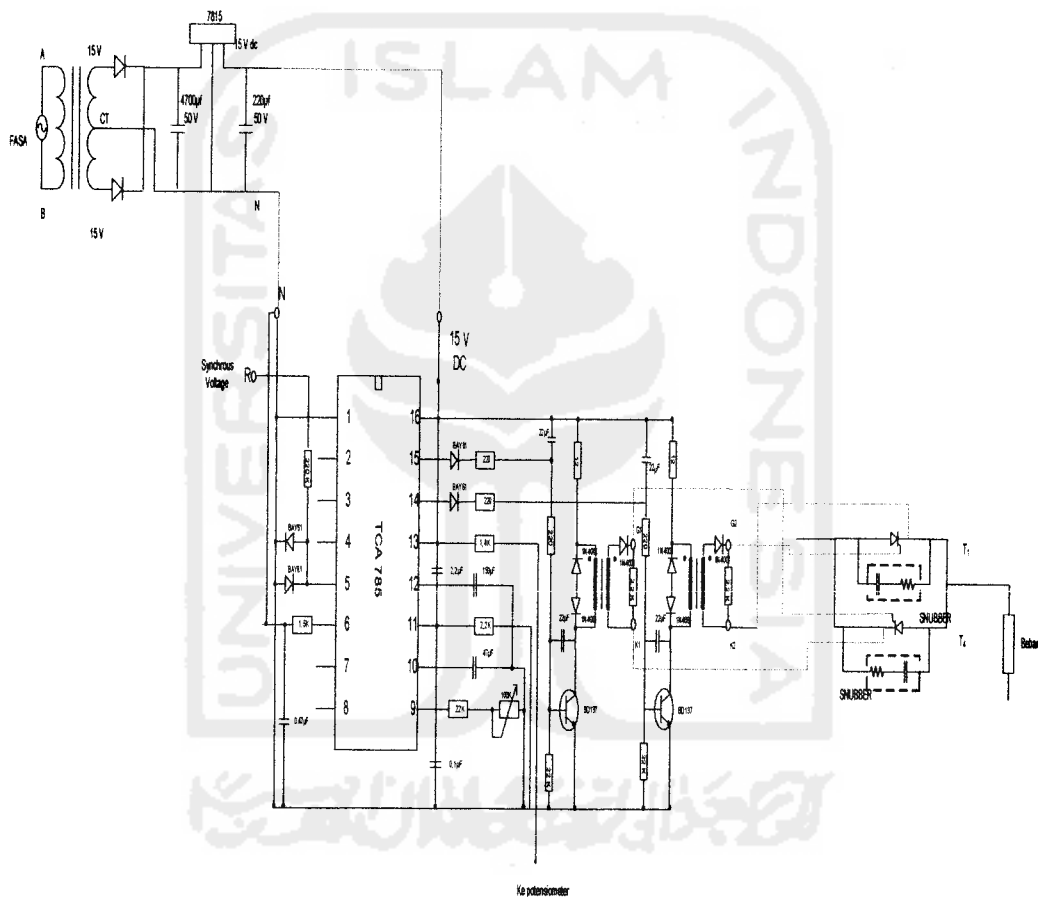
Dengan demikian besarnya parameter yang akan digunakan sebagai rangkaian proteksi untuk membatasi nilai dv/dt yang cukup tinggi untuk membuat rangkaian daya pada kondisi on telah ditentukan ke nilai yang diinginkan.

3.2 Pembuatan Alat

Pembuatan perangkat keras dilakukan sesuai dengan perancangan alat yang telah dipaparkan diatas. Terdapat beberapa penggantian komponen, hal ini disesuaikan dengan keberadaan komponen yang ada di pasaran. Seperti, penggantian IC TCA 785 yang digunakan untuk rangkaian ini bukan merupakan produk dari *Siemens Semiconductor*. Akan tetapi penggantian ini tentunya

dengan mempertimbangkan fungsi dan spesifikasi komponen sesuai dengan komponen aslinya.

Berikut ini dapat dilihat perangkat keras yang telah dibuat dari rangkaian catu daya, rangkaian kontrol dan rangkaian dayanya dalam bentuk *wiring* diagram peralatan fasa.



Gambar 3.5. Rangkaian kontrol fasa SCR dengan IC TCA 785

BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

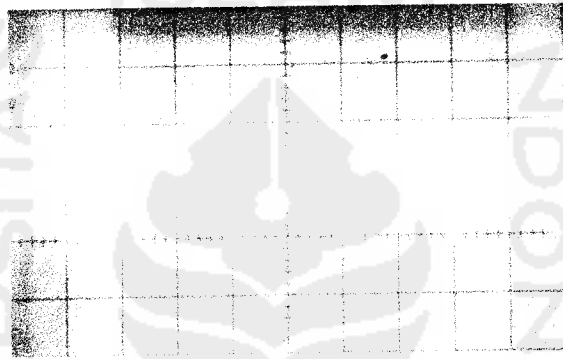
Dalam bab ini akan diperlihatkan hasil pengujian dan analisis tentang perangkat keras yang telah dirancang dengan menggunakan *thyristor* yang dihubungkan antiparalel untuk membuktikan bahwa perancangan sistem yang dilakukan telah memberikan tanggapan dan hasil yang telah sesuai dengan teori yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan variasi sudut fasa pada *thyristor*. Beban yang digunakan adalah beban lampu pijar sebagai beban resistif. Pengambilan data dilakukan dengan pengukuran tegangan dan arus pada sisi keluaran dengan menggunakan peralatan sebagai berikut:

1. *Oscilloscope GOS-622B* untuk mengetahui bentuk gelombang keluaran.
2. *Oscilloscope protection scale 1:100*, untuk mencuplik gambar pada *Oscilloscope*.
3. *Digital Camera* untuk pengambilan gambar bentuk gelombang dari *oscilloscope*.
4. *Digital Multimeter SANWA PC100* dan *Clamp DC/AC Current KYORITSU MODEL 2203 CE*. untuk mengukur besarnya tegangan dan arus.

4.1 Pengukuran Pada Terminal Pemicuan.

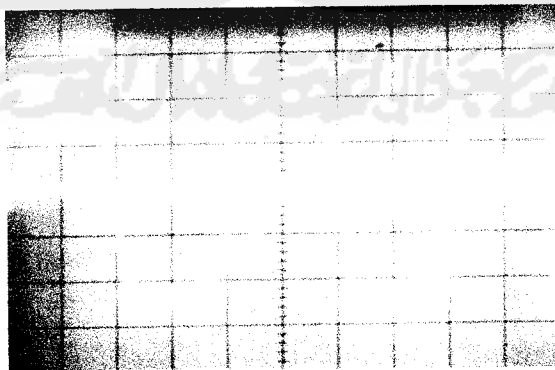
Dalam pengujian pada rangkaian kontrol fasa dengan menggunakan *antiparallel thyristor* diperoleh dengan *oscilloscope* V_{GT} terbaca 13 volt, I_{GT} terukur kurang lebih 5,5 mA.

Gambar berikut merupakan pengujian data gelombang keluaran yang terdapat pada IC CA 785.



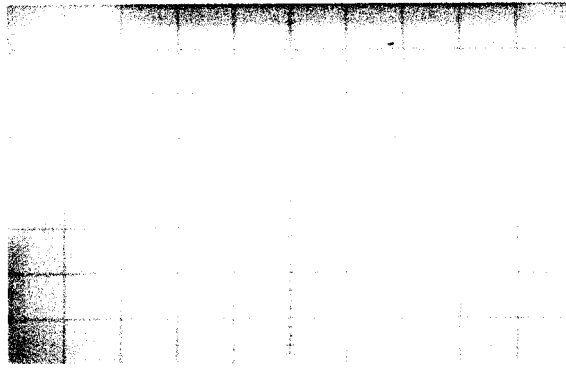
Gambar 4.1. Bentuk gelombang tegangan antara pin 10 (ramp) dan 11, $T/d = 5$

$$\text{ms, } V/d = 5 \text{ Volt, } \alpha = 90^{\circ}$$



Gambar 4.2. Bentuk gelombang tegangan antara pin 5 $V/d = 0,2$ Volt dan Gate

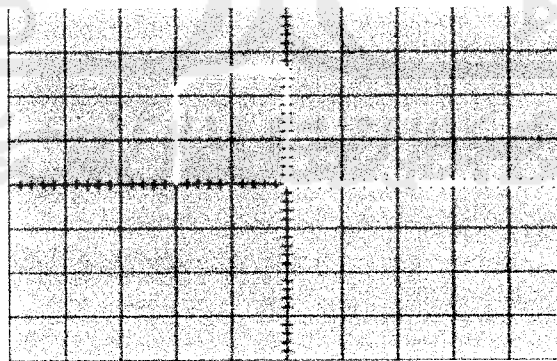
$$(14) V/d = 5 \text{ Volt, } T/d = 5 \text{ ms, } \alpha = 90^{\circ}$$



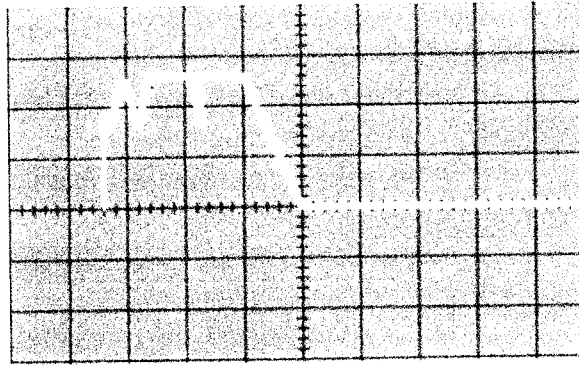
Gambar 4.3. Bentuk gelombang tegangan antara pin 5 $V/d = 0,2$ Volt dan *Gate*

$$(15) V/d = 5 \text{ Volt}, T/d = 5 \text{ ms}, \alpha = 90^\circ$$

Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 merupakan bentuk gelombang pada pin nomor 5 yang merupakan sinyal sinkronisasi dari tegangan sumber. Kemudian akan menentukan letak titik nol dimana *gate* pada pin nomor 14 dan 15 akan memicu. Pin 15 akan memicu selama siklus positif dan pin 14 akan memicu selama siklus negatif dari setiap putaran tegangan masukan.



Gambar 4.4. Bentuk gelombang tegangan pin 14 $V/d = 5$ Volt $T/d = 50 \mu\text{s}$



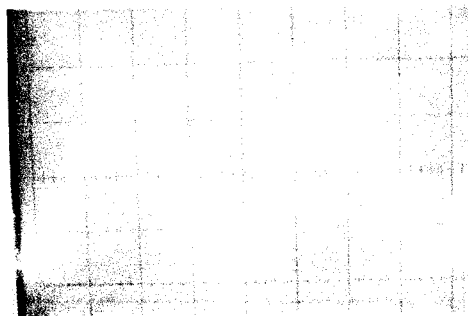
Gambar 4.5. Bentuk gelombang tegangan pin 15 V/d = 5 Volt T/d = 0,2 ms

4.2 Pengambilan Data Bentuk Gelombang

Data yang diambil pada subbab ini hanya berupa bentuk gelombang masukan dan keluaran pada rangkaian yang diuji.

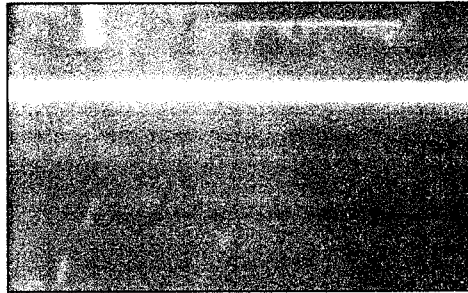
4.2.1 Sisi Masukan

Pengujian sumber tegangan meliputi sumber tegangan untuk rangkaian daya (220 Vac line-netral) dan sumber tegangan untuk rangkaian kontrol fasa (15 Vdc). Pengujian sumber tegangan dengan menggunakan osiloskop menghasilkan gambar-gambar sebagai berikut :



Skala = 1:100
 V/D = 2 V/div
 T/D = 5 mS/div

Gambar 4.6. Gelombang sumber tegangan rangkaian daya (220 Vac)



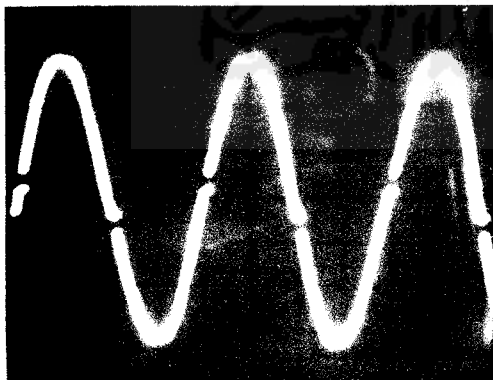
Skala = 1:1
 V/D = 5 V/div
 T/D = 5 ms/div

Gambar 4.7. Gelombang sumber tegangan pemucuan (15 Vdc)

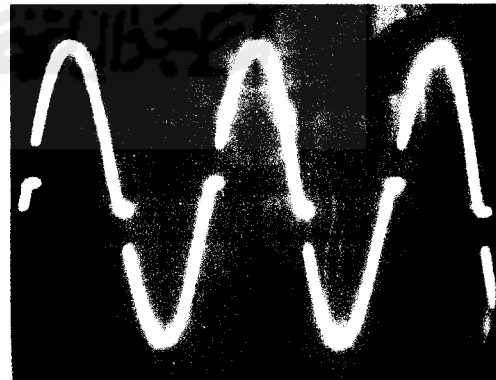
4.2.2 Sisi Keluaran

Data yang diambil dalam pengujian rangkaian daya ini adalah data gelombang hasil pengontrolan sudut fasa *thyristor* dengan beban resistif. Variasi sudut yang dilakukan adalah 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90° , 105° , 120° , 135° , 150° , 165° dan 180° . Gambar gelombang diambil dengan skala 1:100, time/div 5ms, volt/div (Ch1 2V).

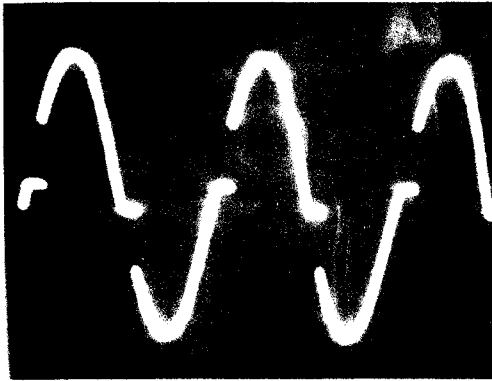
Keterangan skala 1:100 menunjukkan pengukuran dilakukan dengan rangkaian proteksi osiloskop (berupa rangkaian resistor seri pembagi tegangan) dan yang terukur di osiloskop merupakan 100x dari nilai Volt/div (V/D)



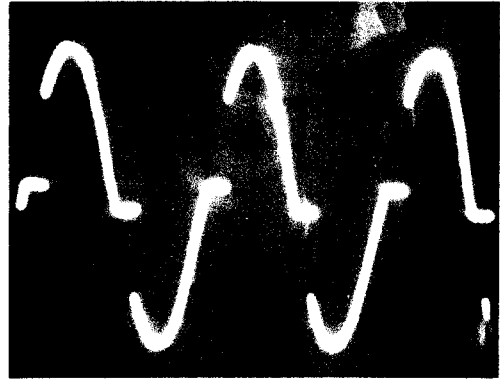
(a) 15°



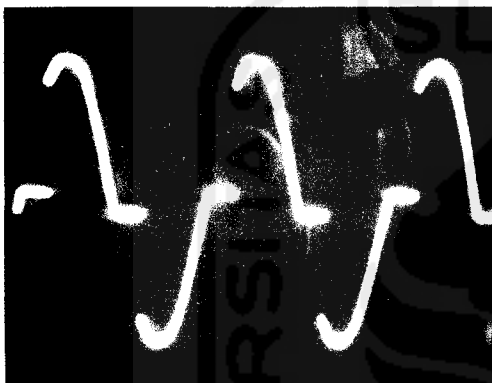
(b) 30°



(c) 45°



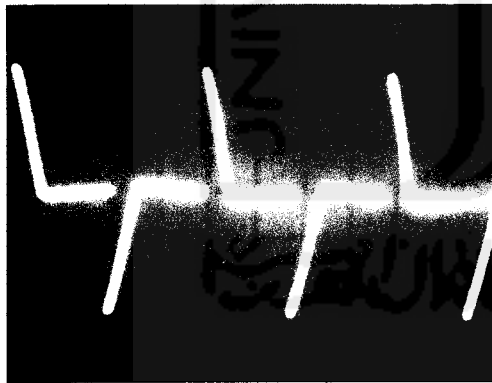
(d) 60°



(e) 75°



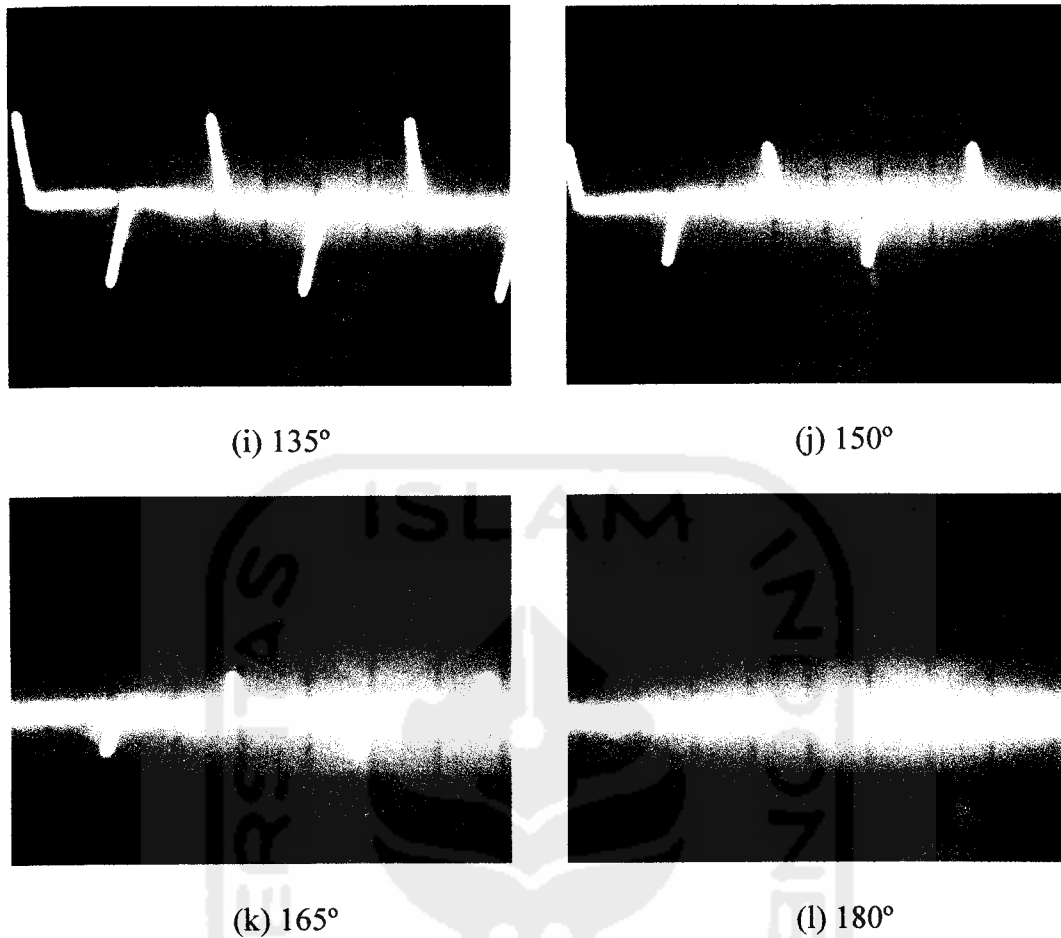
(f) 90°



(g) 105°



(h) 120°

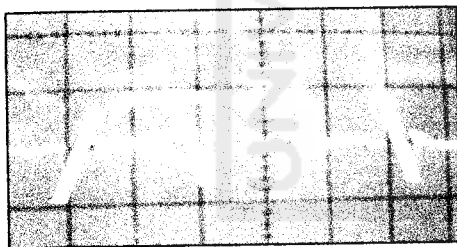
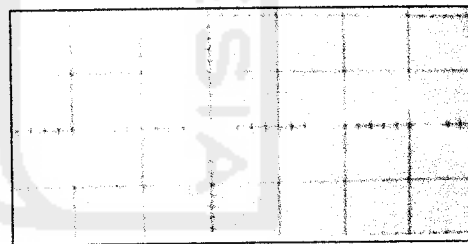
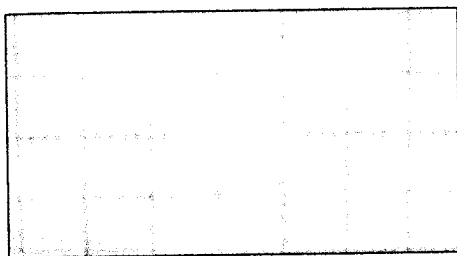
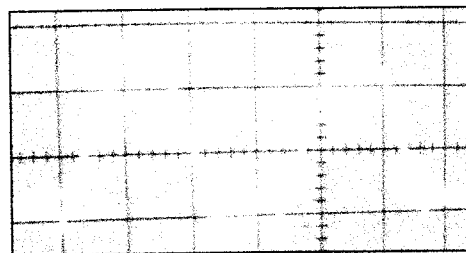


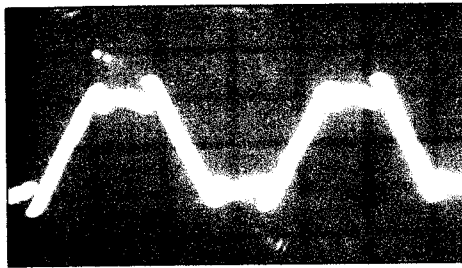
Gambar 4.8. Bentuk gelombang hasil kontrol fasa pada sudut (a) 15° , (b) 30° , (c) 45° , (d) 60° , (e) 75° , (f) 90° , (g) 105° , (h) 120° , (i) 135° , (j) 150° , (k) 165° dan (l) 180°

Gambar 4.8 memperlihatkan bentuk-bentuk gelombang yang terjadi apabila potensiometer diputar dengan variasi sudut setiap 15° . Gelombang tegangan masukan yang semula berupa gelombang sinusoida murni akan menjadi gelombang dengan yang tidak sinusoida lagi, karena dipotong sesuai dengan derajat sudut pemicuannya sehingga menghasilkan gelombang seperti diatas. Dengan adanya pemotongan gelombang atau disebut sebagai pengaturan sudut

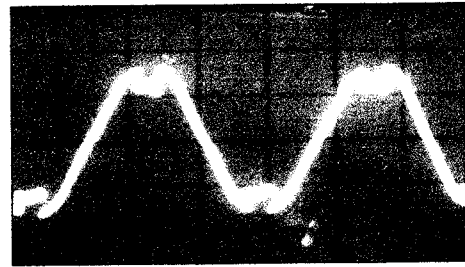
fasa gelombang, maka tegangan yang dihasilkan akan menjadi bervariasi dimana semakin besar pemotongannya maka tegangan yang dihasilkan akan semakin kecil.

Karena dalam batasan masalah, beban yang digunakan hanya berupa beban resistif. Maka, beban induktif disini hanya digunakan sebagai pembanding antara bentuk sinyal yang dihasilkan dari beban resistif dengan bentuk sinyal yang dihasilkan dari beban induktif. Perbedaan yang terjadi antara menggunakan beban resistif dengan beban induktif terletak pada bentuk sinyal keluarannya yang mempunyai *ripple*. Beban induktif yang digunakan berupa motor induksi 1 fasa. Gambar di bawah ini merupakan hasil tegangan keluaran dari proses pemicuan dari sudut 15° , 30° , 60° , 90° , 120° , 150° di ambil pada output *thyristor* pada motor induksi satu fasa dengan skala 1:100, time/div 5ms, volt/div (Ch1 2V).

(a) 150° (b) 120° (c) 90° (d) 60°



(e) 30°



(f) 15°

Gambar 4.9. Bentuk gelombang dengan menggunakan beban induktif (a) 150°, (b) 120°, (c) 90°, (d) 60°, (e) 30°, (f) 15°

Dari pengujian ini dapat dilihat bahwa peralatan ini bekerja dengan baik dalam mengontrol fasa, karena dapat menaik-turunkan tegangan secara perlahan sesuai dengan putaran potensiometer yang terpasang.

4.3 Penentuan Sudut Pemicuan Dengan Cara Manual

Untuk mendapatkan sudut pemicuan dapat dilakukan dengan cara manual, yaitu dengan menggunakan persamaan yang ada. Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan sudut pemicuan adalah :

$$\alpha = 180^\circ \times \frac{V_{control}}{V_{st}}$$

V_{st} (V_{10}) diukur dengan menggunakan Multimeter. Tegangan yang terukur pada pin 10 IC TCA 785 sebesar 5,51 Volt. Untuk mengatur sudut pemicuan di dapat dengan cara mengatur $V_{control}$ (pin 11)..

Variasi sudut yang akan dilakukan adalah 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°, 105°, 120°, 135°, 150°, 165° dan 180°. Dengan menggeser variable resistor yang

terhubung dengan pin 11, maka akan diketahui besarnya $V_{control}$ (pin 11). Kemudian lihat besarnya tegangan V_{11} (diukur dengan menggunakan Multimeter). Masukkan nilai-nilai dengan menggunakan persamaan diatas, maka besarnya akan didapatkan berapa besarnya sudut pemicuan.

Tabel 4.1. Besarnya V_{st} , $V_{control}$ dan besarnya sudut fasa yang dihasilkan

V_{st} (Volt)	$V_{control}$ (Volt)	Sudut fasa ($^{\circ}$)
5,51	0,46	15
5,51	0,92	30
5,51	1,38	45
5,51	1,84	60
5,51	2,30	75
5,51	2,76	90
5,51	3,22	105
5,51	3,67	120
5,51	4,13	135
5,51	4,59	150
5,51	5,05	165
5,51	5,51	180

Harga tersebut diatas bisa berubah karena tergantung dari tegangan masukan, karena tegangan jala-jala PLN bisa berubah dalam sesaat. Kemudian, tegangan sumber tersebut disinkronisasi melalui kaki no 5 (V_{sync}) untuk menentukan letak titik nol dari tegangan masukannya.

4.4 Pengukuran Variabel Perangkat Keras

Pengukuran dilakukan pada sisi sumber dan sisi keluaran. Pada sisi sumber diukur tegangan yang akan dilalukan pada rangkaian/perangkat keras. Tegangan yang terukur pada suplai berupa tegangan bolak balik yaitu berkisar antara 224 - 226 V ac dan tegangan keluaran penyearah berupa tegangan searah sebesar 15,8 V dc. Pengukuran pada sisi keluaran dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus pada variasi sudut fasa.

Tabel 4.2. Tegangan dan arus keluaran pada variasi sudut fasa

Sudut fasa (°)	Tegangan keluaran (V)	Arus keluaran (A)
15	222,1	0,52
30	220,1	0,49
45	210,9	0,47
60	195,1	0,45
75	170,1	0,44
90	145,5	0,4
105	120,1	0,36
120	90,5	0,3
135	61,1	0,25
150	35,5	0,19
165	12,2	0,13
180	0	0

Tabel 4.2 adalah hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur. Terjadi perbedaan antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan. Hal ini mungkin terjadi karena alat yang dibuat belum ideal. Berikut adalah data yang diperoleh dengan perhitungan guna membandingkan data yang telah diukur dengan menggunakan alat ukur.

Jika $v_s = \sqrt{2} V_s \sin \omega t$ adalah tegangan masukan, dan sudut tunda *thyristor* T_1 dan T_2 sama ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$), maka persamaan yang digunakan untuk menghitung tegangan keluaran rms adalah :

$$V_O = V_S \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right]^{1/2}$$

Dengan variasi sudut α , dari 0 sampai α . Kemudian masukan nilai α dan besarnya V_S yang tercatat pada alat ukur kedalam persamaan, maka besarnya V_O adalah

$$\begin{aligned} \text{Saat sudut terpicu } 15^\circ, \quad V_O &= V_S \left[1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right]^{1/2} \\ &= 224 \left[1 - \frac{15^\circ}{\pi} + \frac{\sin 2(15^\circ)}{2\pi} \right]^{1/2} \\ &= 223,538 \text{ volt} \end{aligned}$$

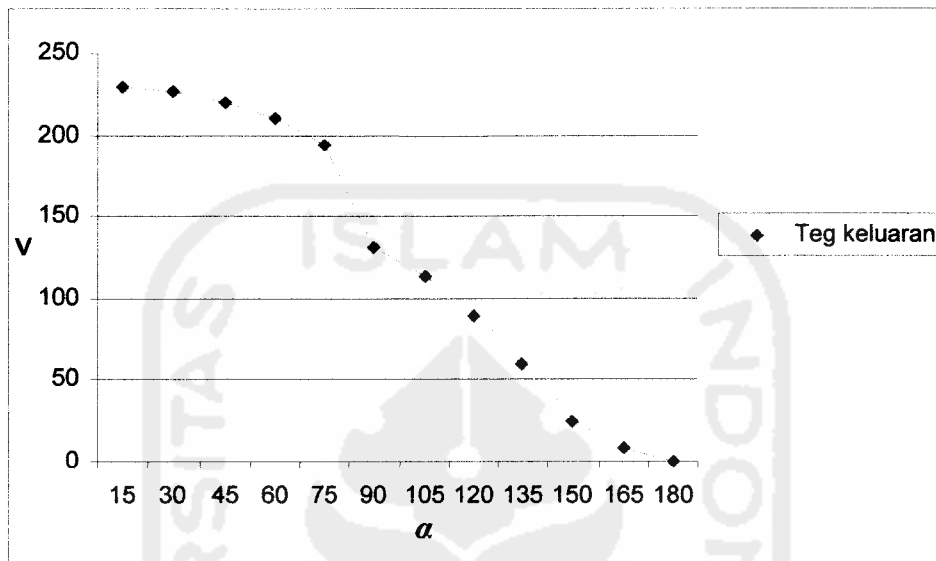
Tabel 4.3 merupakan data yang diambil berdasarkan perhitungan dengan variasi sudut fasa dan variasi tegangan masukan dari tegangan jala-jala PLN berserta variasi tegangan keluaran yang dihasilkan.

Tabel 4.3. Variasi sudut fasa, tegangan masukan dan tegangan keluaran yang dihasilkan

Sudut fasa ($^{\circ}$)	Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran (V)
15	224	223,58
30	226	220,75
45	224	213,59
60	224	200,92
75	226	183,10
90	225	159,09
105	225	130,62
120	226	99,90
135	224	67,48
150	224	37,99
165	225	13,71
180	226	0

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui besarnya selisih tegangan antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan. Hal tersebut bisa terjadi, karena faktor alat yang belum ideal atau kesalahan dalam menggunakan alat ukur, karena setelah diukur dengan multimeter baik berupa digital maupun analog hasilnya berbeda. Karena hal tersebut, maka diambil data yang mendekati dengan hasil perhitungan.

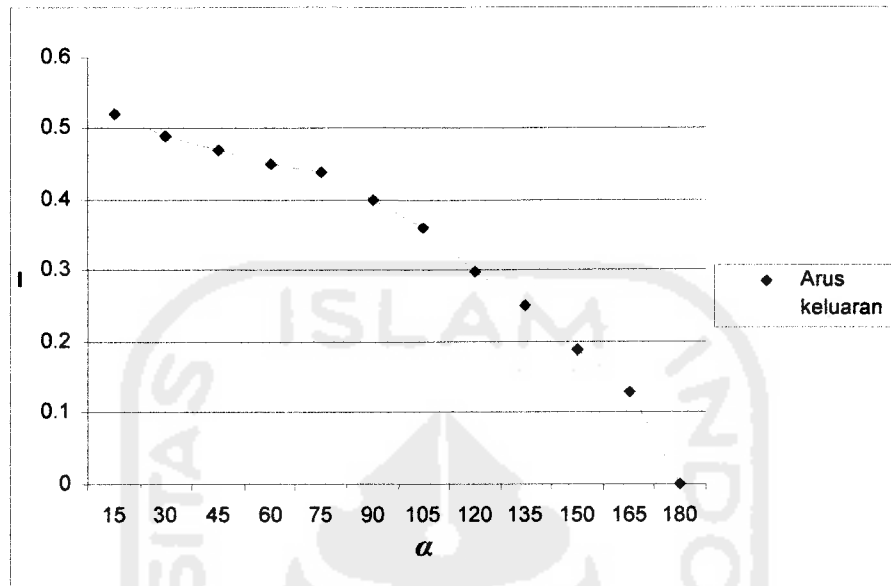
Dari hasil pengukuran dapat dilakukan analisa terhadap perubahan sudut fasa dengan tegangan keluaran yang terjadi dengan menggambarannya sebagai grafik hubungan sudut fasa dengan tegangan keluaran.



Gambar 4.10. Hubungan sudut fasa dengan tegangan keluaran

Dari pengujian yang dilakukan didapatkan kurva hubungan tegangan keluaran dengan sudut fasa dimana semakin besar sudut fasa maka akan semakin kecil tegangan keluaran yang dihasilkan. Perubahan yang terjadi berlangsung secara perlahan dan teratur (*soft*). Hal ini membuktikan bahwa perangkat keras ini dapat mengontrol sudut fasa *thyristor* sehingga mempengaruhi besaran tegangan yang dihasilkan. Dengan kemampuan perangkat keras ini sehingga dapat diaplikasikan untuk banyak kegunaan di dunia industri misalnya sebagai pengontrol kecepatan motor listrik. Dimana kecepatan motor listrik universal

akan bergantung pada tegangan masukan yang diberikan pada motor listrik tersebut.



Gambar 4.11. Hubungan sudut fasa dengan arus keluaran

Pada pengukuran arus keluaran dilakukan dengan menggunakan beban yang konstan (tetap). Sehingga perubahan arus keluaran yang terjadi akan sebanding dengan perubahan tegangan dimana semakin besar tegangan maka arusnya akan semakin besar. Apabila dilihat dari kurva hubungan sudut fasa dengan arus keluaran maka dapat dilihat bahwa arus keluaran akan semakin kecil dengan adanya penambahan sudut fasa.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan pengujian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari pengujian rangkaian kontrol fasa thyristor dengan menggunakan TCA 785 dapat mengatur sudut fasa pada thyristor yang mengontrol siklus positif dan negatif dalam setiap bagian dari putaran tegangan masukan.
2. Rangkaian pengontrol *thyristor* dengan menggunakan IC TCA 785 yang difungsikan untuk mengatur sudut pemicuan pada *thyristor* yang di hubung antiparalel mempunyai tegangan keluaran ac yang variabel.
3. Dengan adanya pengaturan sudut fasa maka tegangan yang dihasilkan akan berubah sesuai dengan sudut fasa yang terjadi dimana semakin besar sudut fasa maka semakin kecil tegangan yang dihasilkan.
4. Dengan menggunakan beban yang sama pada pengujian rangkaian kontrol fasa didapatkan bahwa arus akan semakin kecil dengan bertambahnya sudut fasa.

5.2 Saran

1. Untuk melindungi rangkaian kontrol dari kerusakan apabila terjadi kesalahan maka sebaiknya diberikan pengaman berupa fuse.
2. Digunakannya alat berupa *oscilloscope protection* untuk mencuplik gambar pada *oscilloscope* dengan skala 1:100 pada saat pengukuran menggunakan oscilloscope.
3. Rangkaian ini dapat digunakan untuk kepentingan industri.



Daftar Pustaka

- [1] Eugene C. Lister, Ir. Drs. Hanapi Gunawan, *Mesin Dan Rangkaian Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
- [2] M. Rashid, *Elektronika Daya, Rangkaian, Devais Dan Aplikasinya* Jilid 1, PT. Prenhallindo, Jakarta, 1993.
- [3] M. Rashid, *Power Electronics Circuit, Device, and Aplication* 2nd, Prentice-Hall International Inc, 1988.
- [4] P. C. Sen, *Principles Of Electric Machines And Power Electronics, Second Edition*, John Wiley & Sons, USA, 1997.
- [5] Vedam Subrahmanyam, *Electric Drives, Concepts and Applications*, Tata McGraw-Hill, New Delhi, 1994.
- [6] _____, *TCA 785*, Siemens Semiconductor Group. Available at http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/T/C/A/TCA%20785.shtml.

Lampiran 1

SIEMENS

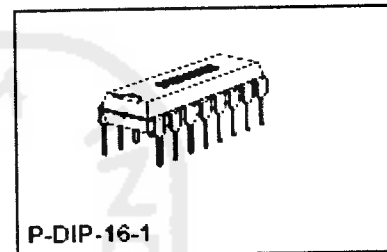
Phase Control IC

TCA 785

Bipolar IC

Features

- Reliable recognition of zero passage
- Large application scope
- May be used as zero point switch
- LSL compatible
- Three-phase operation possible (3 ICs)
- Output current 250 mA
- Large ramp current range
- Wide temperature range

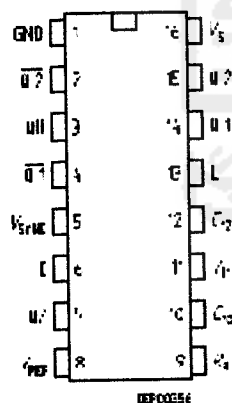


P-DIP-16-1

Type	Ordering Code	Package
TCA 785	Q87000-A2321	P-DIP-16-1

This phase control IC is intended to control thyristors, triacs, and transistors. The trigger pulses can be shifted within a phase angle between 0° and 180°. Typical applications include converter circuits, AC controllers and three-phase current controllers.

This IC replaces the previous types TCA 760 and TCA 760 D.



Pin Configuration
(top view)

Pin Definitions and Functions

Pin	Symbol	Function
1	GND	Ground
2	$\overline{Q2}$	Output 2 inverted
3	Q1	Output 1
4	$\overline{Q2}$	Output 1 inverted
5	V_{sync}	Synchronous voltage
6	Inhibit	Inhibit
7	QZ	Output Z
8	V_{ref}	Stabilized voltage
9	R_c	Ramp resistance
10	C_c	Ramp capacitance
11	V_{in}	Control voltage
12	C_c	Pulse extension
13	L	Long pulse
14	Q1	Output 1
15	Q2	Output 2
16	V_{cc}	Supply voltage

Functional Description

The synchronization signal is obtained via a high-ohmic resistance from the line voltage (voltage U_N). A zero voltage detector evaluates the zero passages and transfers them to the synchronization register.

This synchronization register controls a ramp generator, the capacitor C_1 of which is charged by a constant current (determined by R_1). If the ramp voltage U_1 exceeds the control voltage U_2 (triggering angle φ), a signal is processed to the logic. Dependent on the magnitude of the control voltage U_2 , the triggering angle φ can be shifted within a phase angle of 0° to 180° .

For every half wave, a positive pulse of approx. $30 \mu s$ duration appears at the outputs Q 1 and Q 2. The pulse duration can be prolonged up to 180° via a capacitor C_2 . If pin 12 is connected to ground, pulses with a duration between φ and 180° will result.

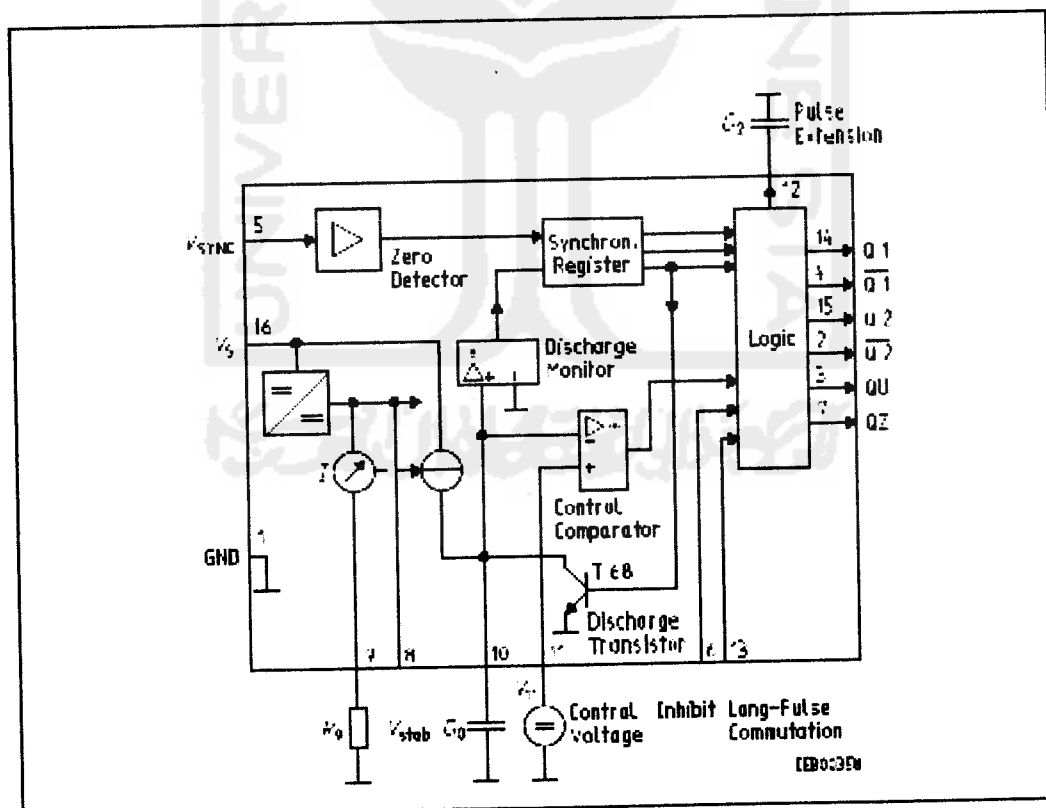
Outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ supply the inverse signals of Q 1 and Q 2.

A signal of $\varphi - 180^\circ$ which can be used for controlling an external logic is available at pin 3.

A signal which corresponds to the NOR link of Q 1 and Q 2 is available at output Q Z (pin 7).

The inhibit input can be used to disable outputs Q 1, Q 2 and $\overline{Q1}$, $\overline{Q2}$.

Pin 13 can be used to extend the outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ to full pulse length ($180^\circ - \varphi$).



Block Diagram

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit
		min.	max.	
Supply voltage	V_{CC}	-0.5	13	V
Output current at pin 14, 15	I_L	-10	400	mA
Input voltage	V_{in}	-0.5	V_{CC}	V
Control voltage	V_{in}	-0.5	V_{CC}	V
Voltage short-pulse circuit	V_{in}	-0.5	V_{CC}	V
Synchronization input current	I_{S1}	-200	±200	μA
Output voltage at pin 14, 15	V_{O1}		V_{CC}	V
Output current at pin 2, 3, 4, 7	I_L		10	mA
Output voltage at pin 2, 3, 4, 7	V_{O1}		V_{CC}	V
Junction temperature	T_{jmax}		150	°C
Storage temperature	T_{stg}	-55	125	°C
Thermal resistance system - air	R_{thsa}		90	K/W

Operating Range

Supply voltage	V_{CC}	9	13	V
Operating frequency	f	10	500	Hz
Ambient temperature	T_a	-25	85	°C

Characteristics

9 ≤ V_{CC} ≤ 13 V; -25 °C ≤ T_a ≤ 85 °C; $f = 50$ Hz

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Supply current: consumption S1 ... S6 open $V_{in} = 0$ V $C_{in} = 47$ nF; $R_{in} = 100$ kΩ	I_{CC}	4.5	8.5	10	mA	1
Synchronization pin 5 Input current: R_L varied	I_{S1max}	30		200	μA	1
Offset voltage	ΔV_{in}		30	75	mV	4
Control input pin 11 Control voltage range	V_{in}	0.2		V_{CCmax}	V	1
Input resistance	R_{in}		15		kΩ	5

Characteristics (cont'd)

$8 \leq V_s \leq 18 \text{ V}; -25^\circ \text{C} \leq T_A \leq 85^\circ \text{C}; f = 50 \text{ Hz}$

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Ramp generator						
Charge current	I_{IC}	10		1000	μA	
Max. ramp voltage	V_{IC}			$V_s - 2$	V	1
Saturat on vo tage at capacitor	V_{IC}	100	225	350	mV	1.6
Ramp resistance	R_s	3		300	k Ω	1
Sawtooth return time	t_r		80		μs	1
Inhibit pin 6						
switch-over of pin 7	V_{IC}		3.3	2.5	V	1
Outputs disabled	V_{IC}	4	3.3		V	1
Outputs enabled	t_r	1		5	μs	1
Signal transition time	I_{IC}		500	800	μA	1
Input current						
$V_s = 8 \text{ V}$	$-I_{IC}$	50	150	200	μA	1
Input current						
$V_s = 1.7 \text{ V}$						
Deviat on of I_{IC}	I_{IC}	-5		5	%	1
$R_s = \text{const.}$						
$V_s = 12 \text{ V}; C_{IC} = 47 \text{ nF}$						
Deviat on of I_{IC}	I_{IC}	-20		20	%	1
$R_s = \text{const.}$						
$V_s = 8 \text{ V to } 18 \text{ V}$						
Deviat on of the ramp voltage						
between 2 following						
half-waves. $V_s = \text{const.}$	ΔV_{ICmax}		± 1		%	
Long pulse switch-over						
pin 13						
switch-over of S8	V_{IC}	3.5	2.5		V	1
Short pulse at output	V_{IC}		2.5	2	V	1
Long pulse at output	I_{IC}			10	μA	1
Input current						
$V_s = 8 \text{ V}$	$-I_{IC}$	45	65	100	μA	1
Input current						
$V_s = 1.7 \text{ V}$						
Outputs pin 2, 3, 4, 7						
Reverse current	I_{IC0}			10	μA	2.6
$V_s = V_s$						
Saturat on vo tage	V_{IC}	0.1	0.4	2	V	2.6
$I_C = 2 \text{ mA}$						

Characteristics (cont'd)

$8 \leq V_S \leq 18 \text{ V}; -25 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85 \text{ }^\circ\text{C}; f = 50 \text{ Hz}$

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Outputs pin 14, 15 H-output voltage $-I_O = 250 \text{ mA}$	V_{OH}	$V_S - 3$	$V_S - 2.5$	$V_S - 1.0$	V	3.6
L-output voltage $I_O = 2 \text{ mA}$	V_{OL}	0.3	0.6	2	V	2.6
Pulse width (short pulse) S9 open	t_r	20	30	40	μs	1
Pulse width (short pulse) with C :	t_r	530	620	760	$\mu\text{s}/\text{nF}$	1
Internal voltage control Reference voltage	V_{REF}	2.8	3.1	3.4	V	1
Parallel connection of 10 ICs possible IC of reference voltage	V_{REF}		$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	1/K	1

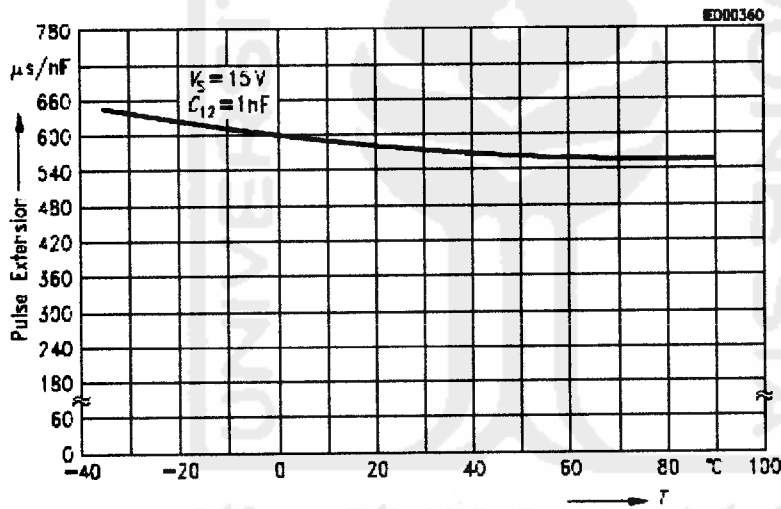
Application Hints for External Components

Ramp capacitance C_c : min 500 pF max 1 μ F: The minimum and maximum values of I_c are to be observed

Triggering point $V_c = \frac{V_s \cdot R_s \cdot C_c}{T_{REF} \cdot K}$

Charge current $I_c = \frac{V_{REF} \cdot K}{R_s}$ Ramp voltage $V_{c,max} = V_s - 2V$ $V_c = \frac{V_{REF} \cdot K \cdot r}{R_s \cdot C_c}$

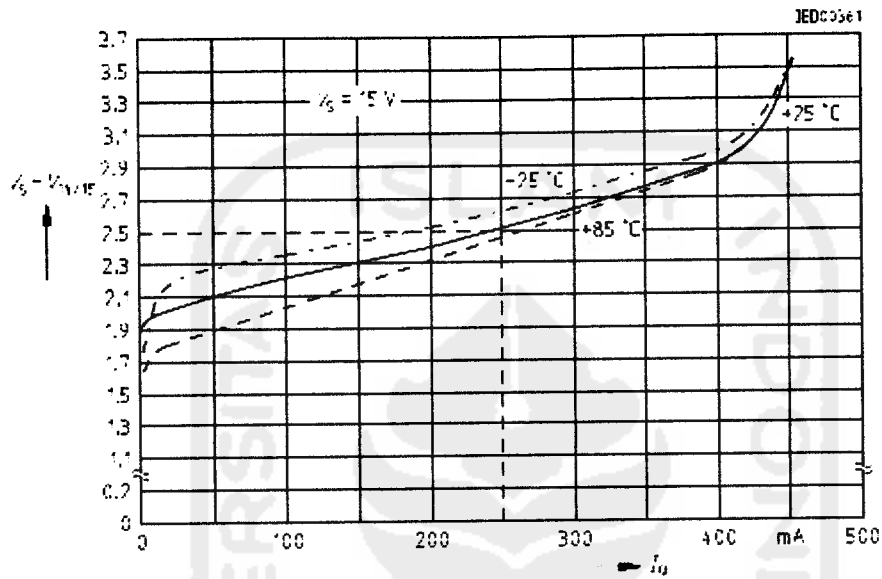
Pulse Extension versus Temperature



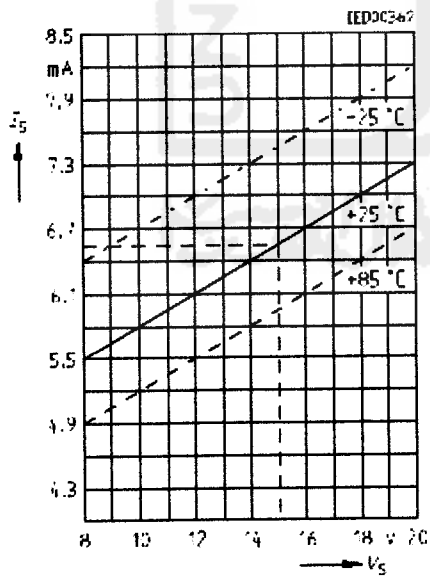
1 Attention to flyback times

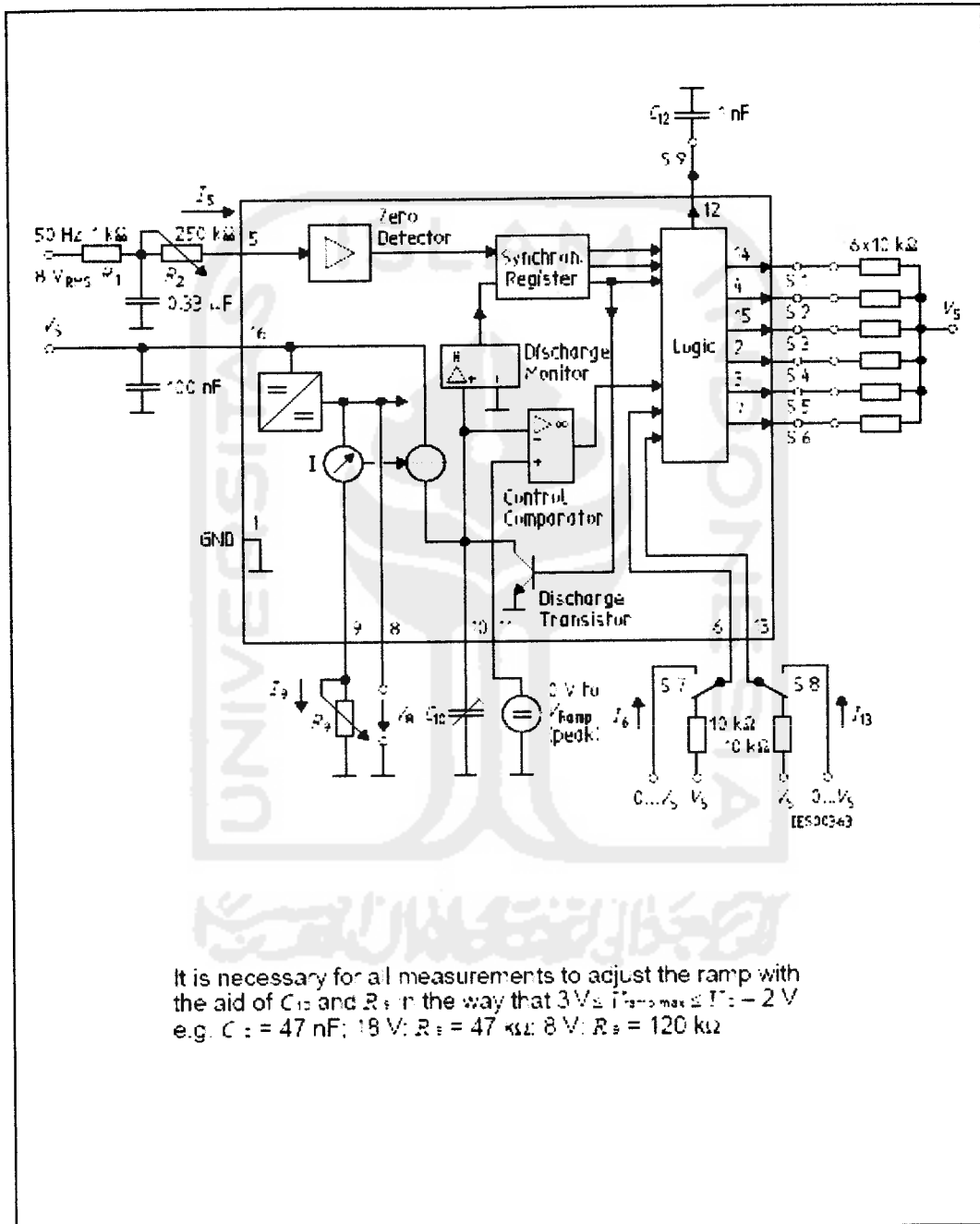
2 $\pm 10 \pm 20\%$

Output Voltage measured to $-T_2$

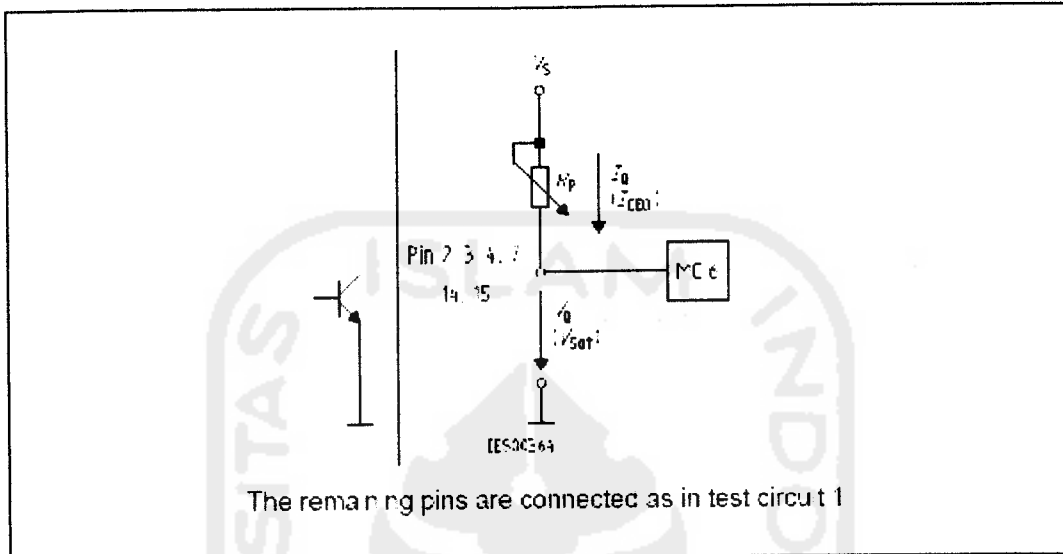


Supply Current versus Supply Voltage

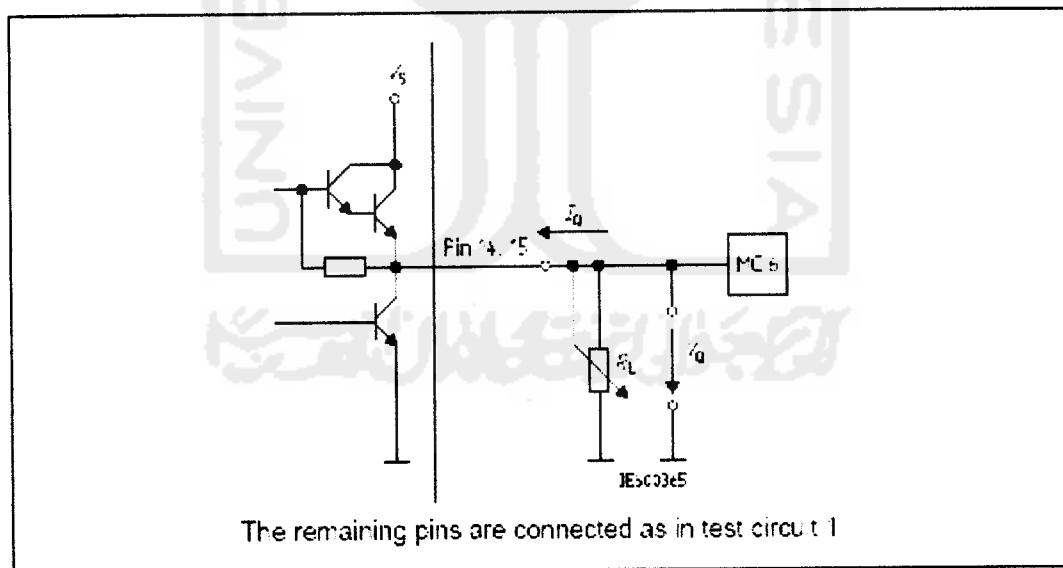




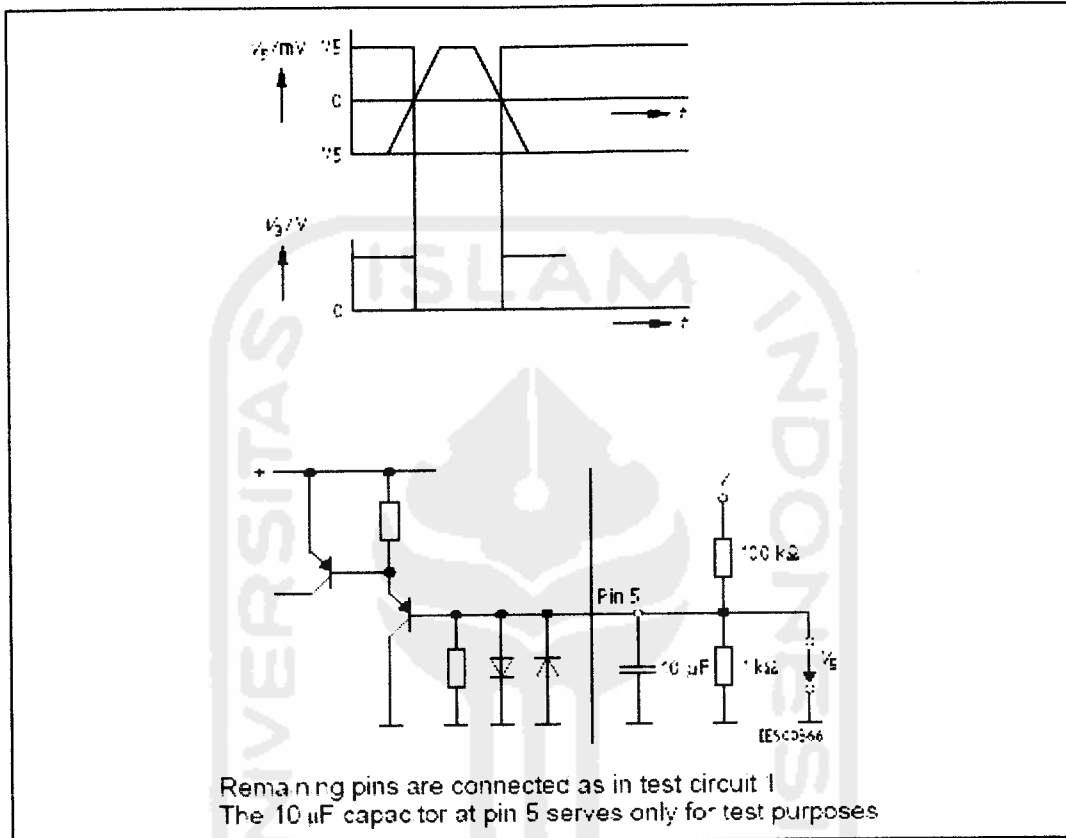
Test Circuit 1



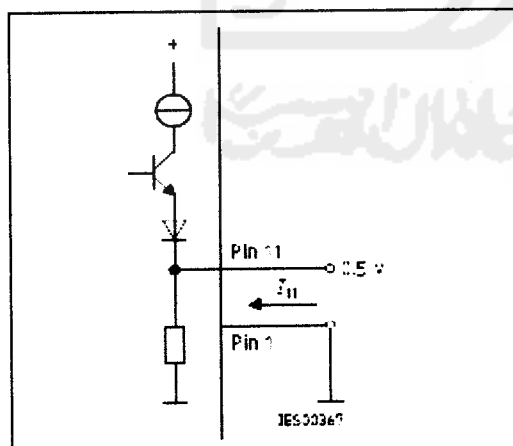
Test Circuit 2



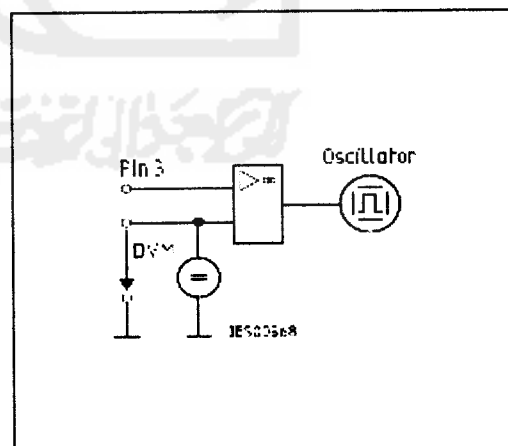
Test Circuit 3



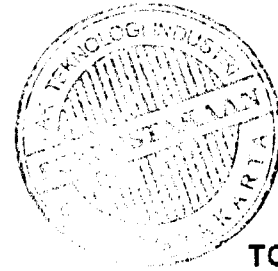
Test Circuit 4



Test Circuit 5

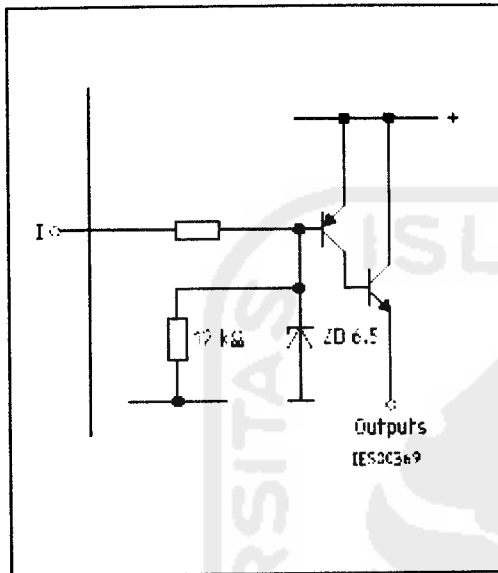


Test Circuit 6

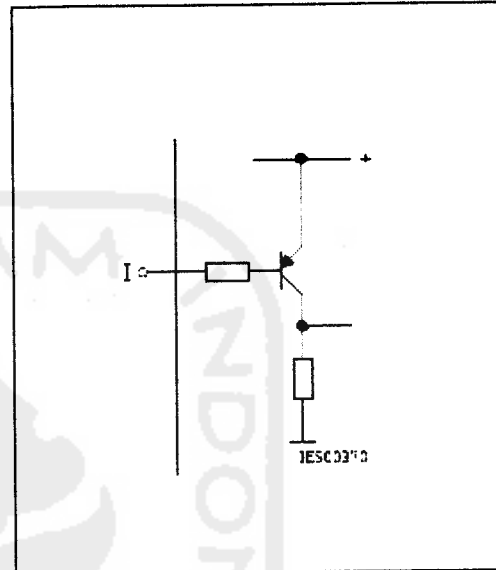


SIEMENS

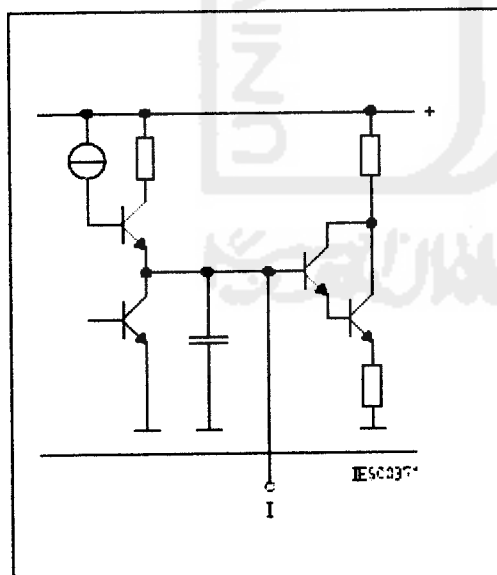
TCA 785



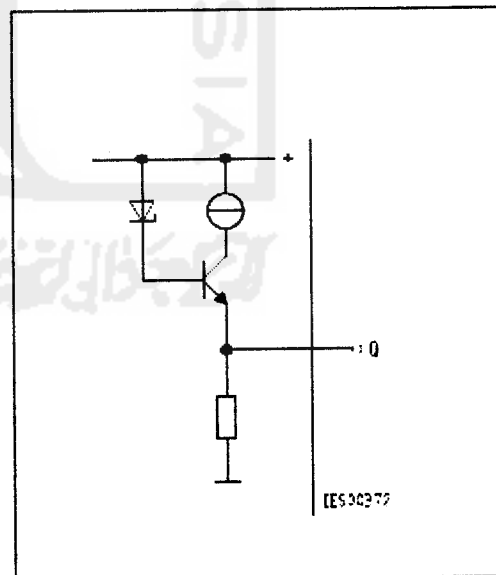
Inhibit 6



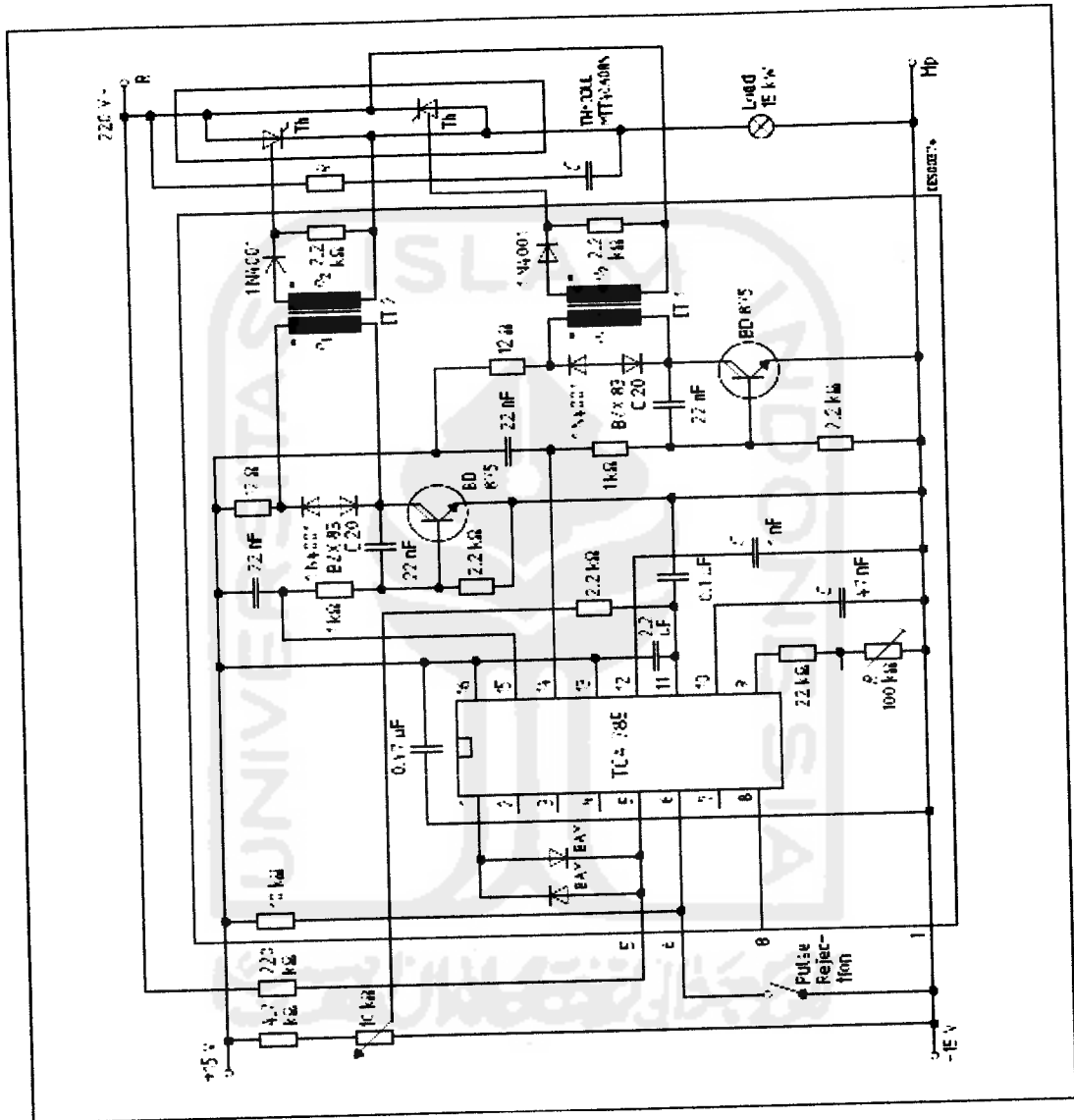
Long Pulse 13



Pulse Extension 12



Reference Voltage 8



**Fully Controlled AC Power Controller
Circuit for Two High-Power Thyristors**

Shown is the possibility to trigger two antiparalleled thyristors with one IC TCA 785. The trigger pulse can be shifted continuously within a phase angle between 0° and 180° by means of a potentiometer. During the negative line half-wave the trigger pulse of pin 14 is fed to the relevant thyristor via a trigger pulse transformer. During the positive line half-wave, the gate of the second thyristor is triggered by a trigger pulse transformer at pin 15.

Lampiran 2

GENERAL DESCRIPTION

Glass passivated thyristors in a plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

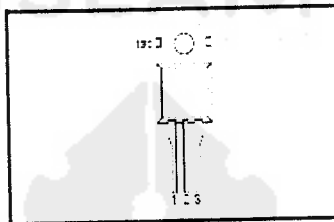
QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	MAX.	MAX.	UNIT
		400R	600R	800R	
V_{DRM}	Repetitive peak off-state voltages	450	850	800	V
V_{RRV}	Average on-state current	13	13	13	A
I_{TAV}	RMS on-state current	20	20	20	A
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	200	200	200	A

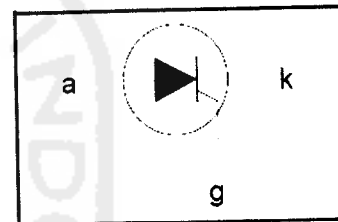
PINNING - TO220AB

PIN	DESCRIPTION
1	cathode
2	anode
3	gate
tab	anode

PIN CONFIGURATION



SYMBOL



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.			UNIT
				-400R	-600R	-800R	
V_{DRM}	Repetitive peak off-state voltages		-	450 ¹	850 ¹	800	V
I_{TAV}	Average on-state current	half sine wave; $T_{jmax} \leq 103^\circ\text{C}$	-		13		A
I_{TRMS}	RMS on-state current	all conduction angles	-		20		A
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	half sine wave; $T_j = 25^\circ\text{C}$ prior to surge	-		200		A
		$t = 10\text{ ms}$	-		220		A
		$t = 8.3\text{ ms}$	-		200		A ² s
I_{ft}	I_{ft} for fusing	$t = 10\text{ ms}$	-		200		A μs
di/dt	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$I_M = 50\text{ A}; I_G = 0.2\text{ A}; di_G/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$	-				
I_{GM}	Peak gate current		-		5		A
V_{GV}	Peak gate voltage		-		5		V
V_{PGR}	Peak reverse gate voltage		-		5		V
P_{GV}	Peak gate power		-		20		W
P_{GAV}	Average gate power	over any 20 ms period	-		0.5		W
T_{STG}	Storage temperature		-40		150		$^\circ\text{C}$
T_j	Operating junction temperature		-		125		$^\circ\text{C}$

¹ Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the thyristor may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 15 A/ μs .

THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{\theta(jc)}$	Thermal resistance junction to mounting base		-	-	1.1	K/W
$R_{\theta(ja)}$	Thermal resistance junction to ambient	in free air	-	60	-	K/W

STATIC CHARACTERISTICS

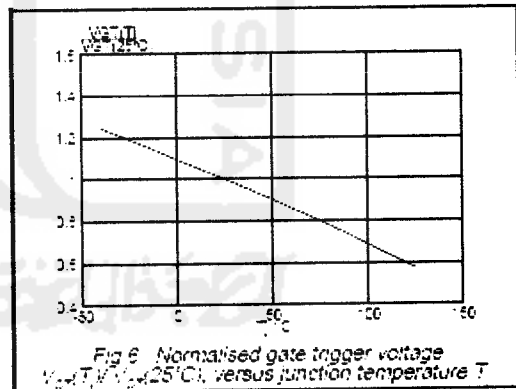
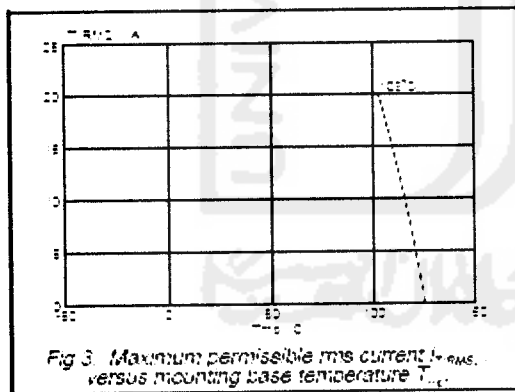
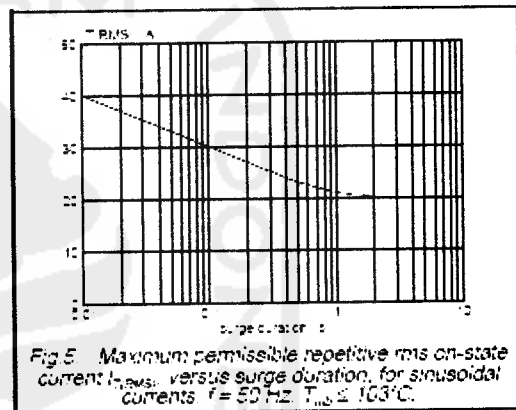
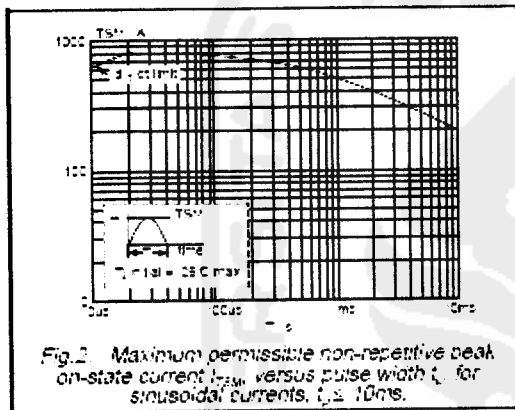
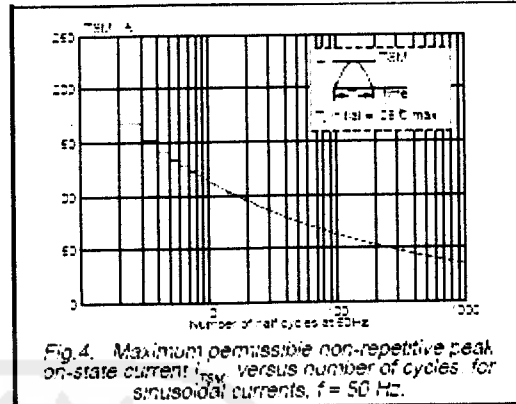
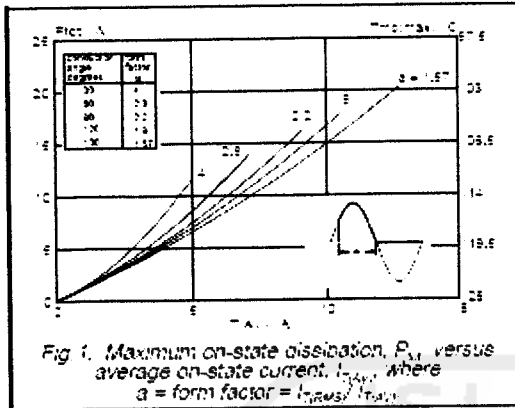
$T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise stated

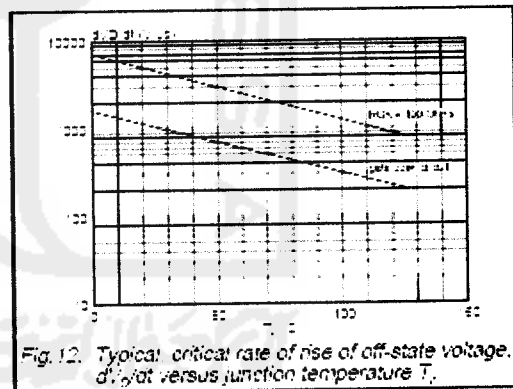
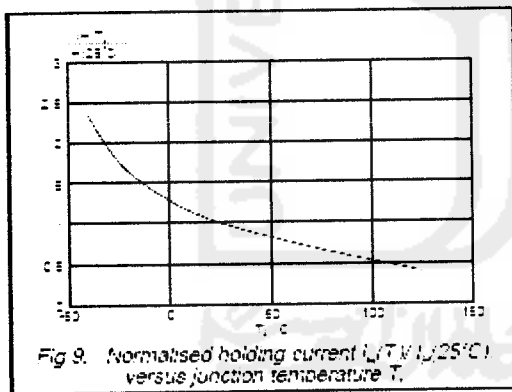
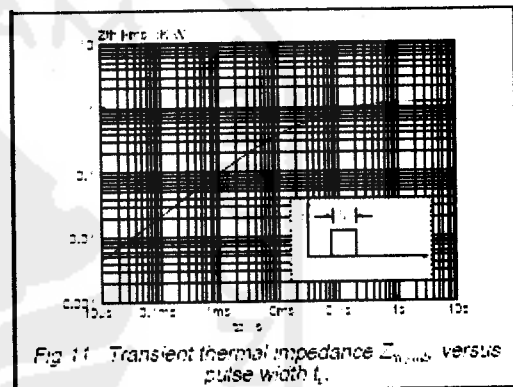
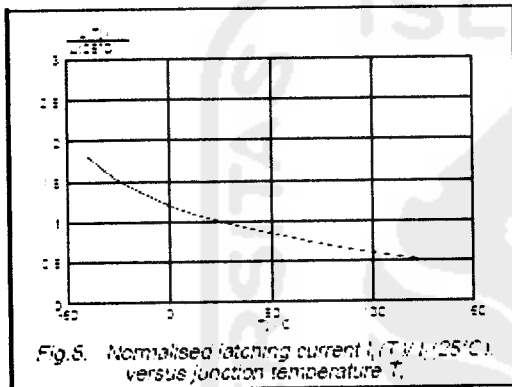
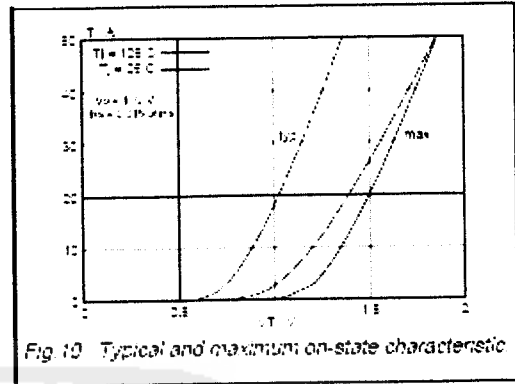
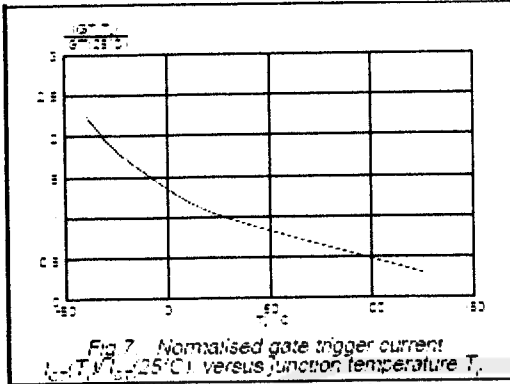
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_{GT}	Gate trigger current	$V_G = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$	-	3	32	mA
I_{LH}	Latching current	$V_G = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	25	60	mA
I_{HT}	Holding current	$V_G = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	15	60	mA
V_{GS}	On-state voltage	$I_T = 40\text{ A}$	-	1.2	1.75	V
V_{GT}	Gate trigger voltage	$V_G = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$	-	0.6	1.5	V
I_{GSM}	Off-state leakage current	$V_G = V_{GS(max)}; I_T = 0.1\text{ A}; T_j = 125^\circ\text{C}$	0.25	0.4	-	mA
I_{GSM}		$V_G = V_{GS(max)}; V_R = V_{R(max)}; T_j = 125^\circ\text{C}$	-	0.2	1.0	mA

DYNAMIC CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
dv/dt	Critical rate of rise of off-state voltage	$V_{GS} = 67\% V_{GS(max)}; T_j = 125^\circ\text{C}$ exponential waveform; gate open circuit	200	300	-	V/ μs
t_{on}	Gate controlled turn-on time	$V_G = V_{GS(max)}; I_C = 0.1\text{ A}; dv/dt = 5\text{ A}/\mu\text{s}$ $I_{TM} = 40\text{ A}$	-	2	-	μs
t_{off}	Circuit commutated turn-off time	$V_G = 67\% V_{GS(max)}; T_j = 125^\circ\text{C}$ $I_{TM} = 50\text{ A}; V_G = 25\text{ V}; dv/dt = 30\text{ A}/\mu\text{s}$ $dv/dt = 50\text{ V}/\mu\text{s}; R_{CK} = 100\ \Omega$	-	70	-	μs





MECHANICAL DATA

Dimensions in mm

Net Mass: 2 g

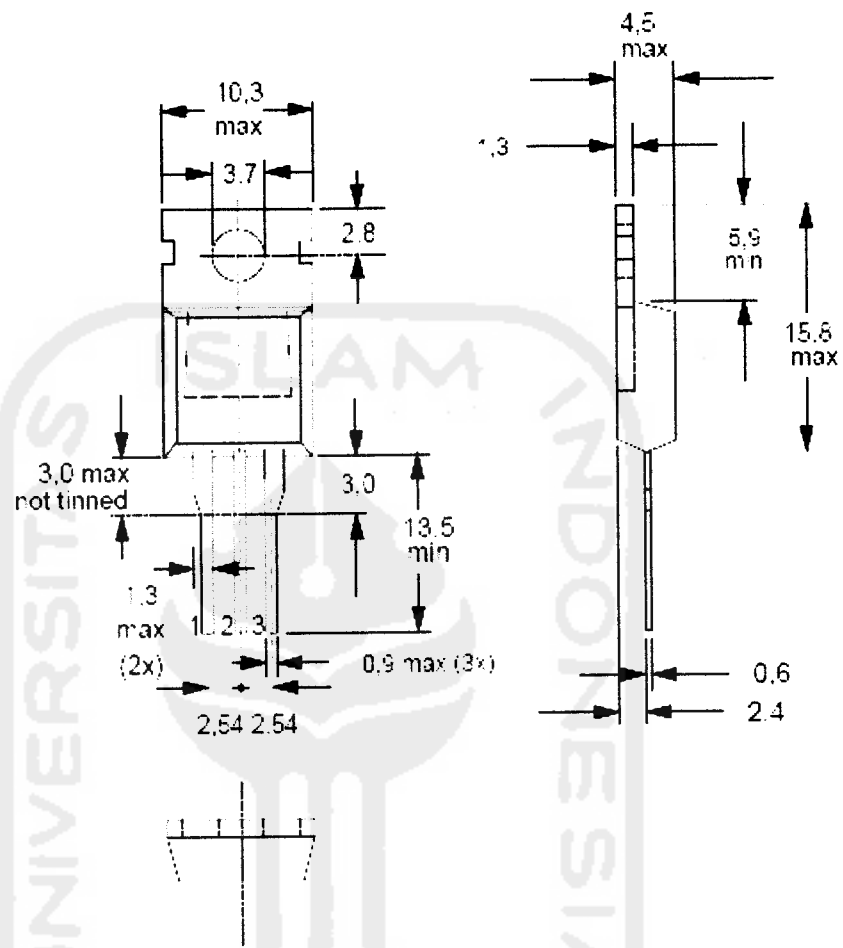


Fig. 13. TO220AB: pin 2 connected to mounting base.

Notes

1. Refer to mounting instructions for TO220 envelopes
2. Epoxy meets UL94 V0 at 1/8"

DEFINITIONS

Data sheet status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data. Supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values are given in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of this specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	
© Philips Electronics N.V. 1997	
All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.	
The information presented in this document does not form part of any quotation or contract. It is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent or other industrial or intellectual property rights.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices or systems where malfunction of these products can be reasonably expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

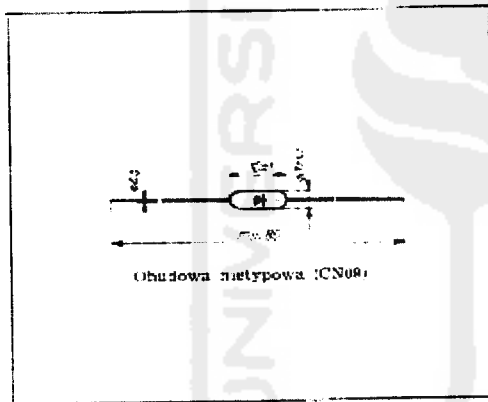


Lampiran 3

9-74/2

DIODY IMPULSOWE BAY54, BAY55, BAP661

Diody krzemowe epiplanarne.
Diody BAY54 i BAY55 są przeznaczone do stosowania w układach przełączających o bardzo dużej szybkości działania.
Diody BAP661 są przeznaczone do stosowania w układach detekcyjnych.



DANE TECHNICZNE

Dopuszczalne wartości parametrów eksploatacyjnych

	BAP661	BAY54 i 55	V
Napięcie wsteczne	25	50	V
Szczytowe napięcie wsteczne	30	50	V
Prąd przewodzenia	100	5	mA
Szczytowy prąd przewodzenia	120	225	mA
Temperatura złącza	425 K (150°C)		
Zakres temperatury składowania	2,5...425 K (-55...+150°C)		

Parametry statyczne: $T_{amb} = 298\text{ K (25°C)}$

	min	typ	max	
Napięcie przewodzenia przy $I_F = 50\text{ mA}$				
dla BAY55	0,8	1	1,2	V
dla BAY54	1,1	1,2	1,3	V
$I_F = 10\text{ mA}$				
dla BAP661	0,8	1	1,2	V
Prąd wsteczny przy $U_R = 30\text{ V}$				
dla BAY54 i 55	1,5	50	50	nA
$U_R = 25\text{ V}$				
dla BAP661	30	500	500	nA
$U_R = 30\text{ V}$				
dla BAY54 i 55	1	50	50	μA
$U_R = 25\text{ V}$				
dla BAP661	5	50	50	μA
$T_{amb} = 312\text{ K (150°C)}$				
Napięcie przebicia przy $I_R = 5\text{ }\mu\text{A}$				
dla BAY54 i 55	50	70	70	V
$I_R = 100\text{ }\mu\text{A}$				
dla BAP661	50	65	65	V

Parametry dynamiczne: $T_{amb} = 298\text{ K (25°C)}$

	min	typ	max	
Czas przełączania dla BAY54 i 55 przy $I_F = 10\text{ mA}$, $t_{tr} = 1\text{ mA}$, $U_R = 5\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$	—	1,8	2	ns
Ladunek magazynowany dla BAY54 i 55 przy $I_F = 10\text{ mA}$, $U_R = 5\text{ V}$	—	35	35	pC
Polarność diody dla BAY54 i 55 przy $f = 1\text{ MHz}$, $U_{in} = 0$	—	1	2	pF
Sprawność detekcji dla BAP661 przy $f = 35\text{ MHz}$, $U_{eff} = 5\text{ V}$, $R_L = 100\text{ k}\Omega$, $C = 150\text{ pF}$	—	85	—	%

SWW 1156-131

**1N4001
THRU
1N4007**

SILICON RECTIFIER

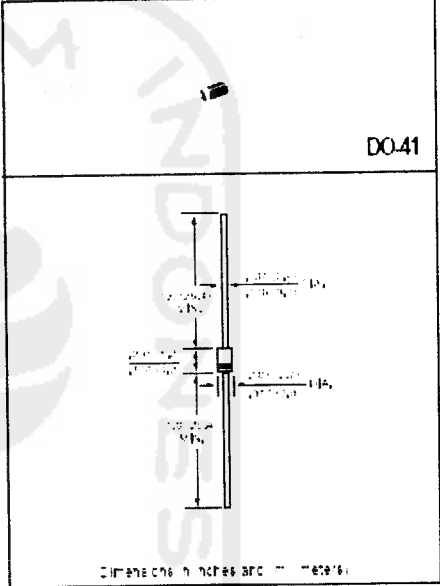
VOLTAGE RANGE 50 to 1000 Volts CURRENT 1.0 Ampere

FEATURES

- Low cost
- Low leakage
- Low forward voltage drop
- High current capability

MECHANICAL DATA

- Case: Molded plastic
- Epoxy: UL 94V-0 rate flame retardant
- Lead: MIL-STD-202B method 205C guaranteed
- Mounting position: Any
- Weight: 0.32 gram



MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.
 • Single phase, 50 Hz wave, 60 Hz resistive or inductive load.
 For capacitive load, derate current by 20%.

MAXIMUM RATINGS (At TA = 25°C unless otherwise noted)

RATING	SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNITS	
Maximum Repetitive Peak Reverse Voltage	V _{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V _{DC}	
Maximum RMS Voltage	V _{RRM}	35	70	140	280	420	560	700	V _{DC}	
Maximum DC Blocking Voltage	V _{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V _{DC}	
Maximum Average Forward Rectified Current (at TA = 75°C)	I _{F(AV)}	1.0								AMPS
Peak Forward Surge Current (8.3 ms single half sine wave pulse limited by rated I _{SM} JEDEC method)	I _{FSM}	50								AMPS
Typical Junction Capacitance (Note)	C _J	15								PF
Typical Thermal Resistance	R _{θJC}	50								°C/W
Operating and Storage Temperature Range	T _{MIN} to T _{MAX}	-55 to +175								°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (At TA = 25°C unless otherwise noted)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNITS	
Maximum Instantaneous Forward Voltage at I _F = 1.0 A	V _F	1.0								V _{DC}
Maximum DC Reverse Current (at TA = 25°C)	I _R	5.0								µAMPS
at Rated DC Blocking Voltage (at TA = 100°C)	I _R	50								µAMPS
Maximum Full Load Reverse Current (Average Full Cycle Steady State) (each lead) (at TA = 75°C)	I _R	10								µAMPS

RATING AND CHARACTERISTIC CURVES (1N4001 THRU 1N4007)

FIG. 1 - TYPICAL FORWARD CURRENT DERATING CURVE

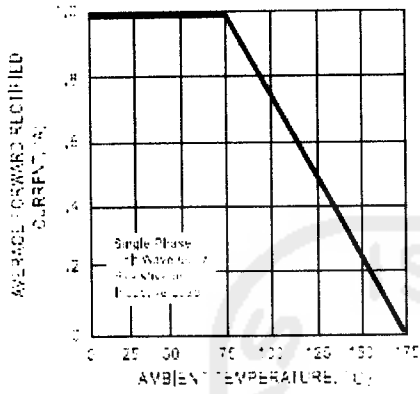


FIG. 2 - TYPICAL INSTANTANEOUS FORWARD CHARACTERISTICS

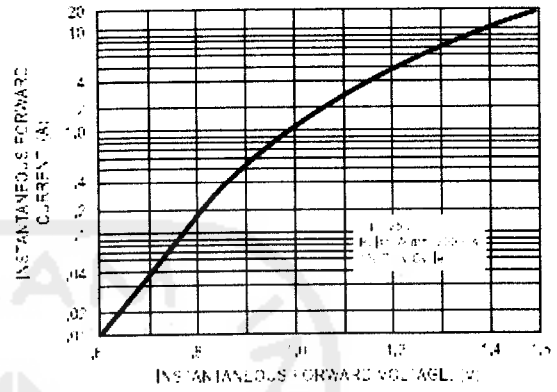


FIG. 3 - MAXIMUM NON-REFLECTED FORWARD SURGE CURRENT

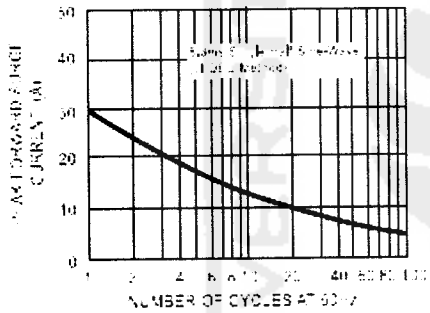


FIG. 4 - TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

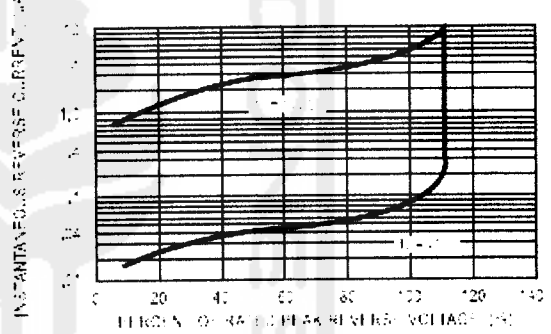
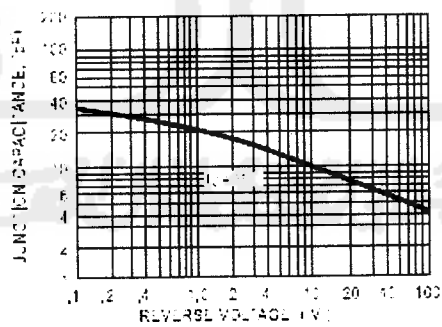
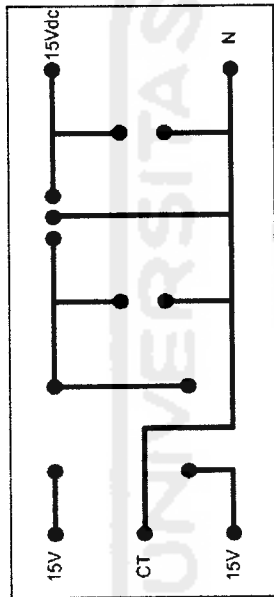


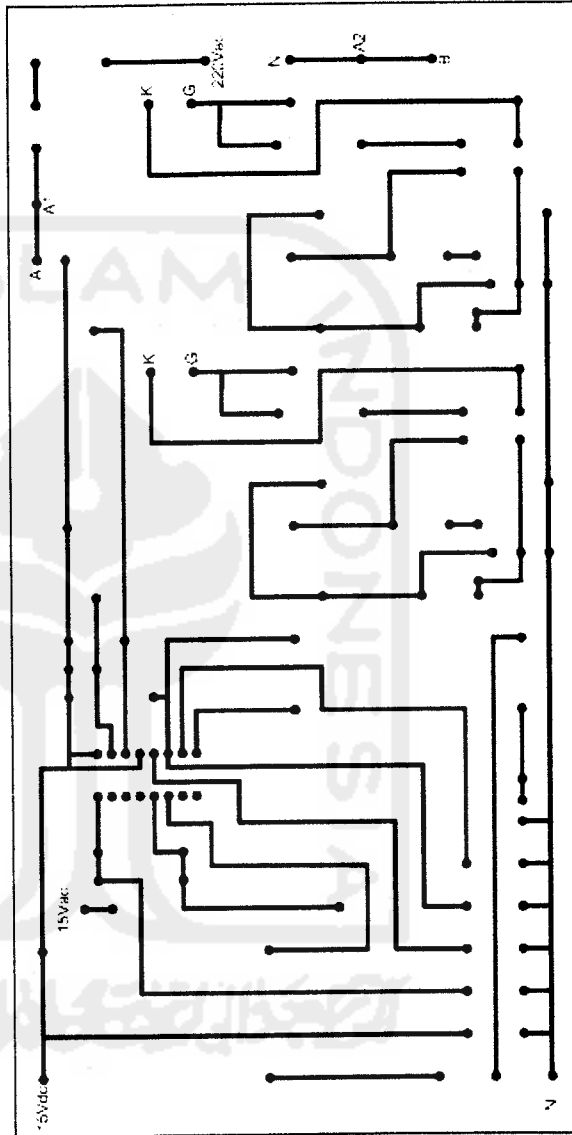
FIG. 5 - TYPICAL JUNCTION CAPACITANCE



LAYOUT PCB



Layout PCB rangkaian sumber tenaga



Layout PCB rangkaian kontrol konverter ac-ac

Lampiran 6

1 : 100

