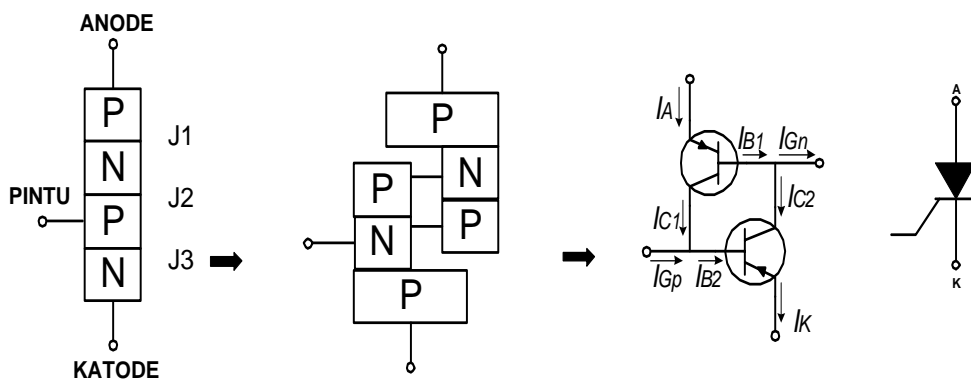


## THYRISTOR & SILICON CONTROL RECTIFIER (SCR)

Thyristor merupakan salah satu tipe devais semikonduktor daya yang paling penting dan telah banyak digunakan secara ekstensif pada rangkaian daya . Thyristor biasanya digunakan sebagai saklar/bistabil, beroperasi antara keadaan non konduksi ke konduksi. Pada banyak aplikasi, thyristor dapat diasumsikan sebagai saklar ideal akan tetapi dalam prakteknya thyristor memiliki batasan karakteristik tertentu.

### Karakteristik Thyristor

Thyristor adalah suatu bahan semikonduktor yang tersusun atas 4 lapisan (layer) yang berupa susunan P-N-P-N junction, sehingga thyristor ini disebut juga sebagai PNPN diode.



Gambar 1. Struktur fisik dari thyristor dan simbolnya

Seperti tampak pada gambar 1. ketika tegangan anode dibuat lebih positif dibandingkan dengan tegangan katode , sambungan  $J_1$  dan  $J_3$  berada pada kondisi *forward bias*, dan sambungan  $J_2$  berada pada kondisi reverse bias sehingga akan mengalir arus bocor yang kecil antara anode dan katode. Pada kondisi ini thyristor dikatakan *forward blocking* atau kondisi *off-state*, dan arus bocor dikenal sebagai arus *off-state*  $I_D$ . Jika tegangan anode ke katode  $V_{AK}$  ditingkatkan hingga suatu tegangan tertentu , sambungan  $J_2$  akan bocor. Hal ini dikenal dengan *avalanche breakdown* dan tegangan  $V_{AK}$  tersebut dikenal sebagai *forward breakdown voltage*,  $V_{B0}$ . Dan karena  $J_1$  dan  $J_3$  sudah berada pada kondisi forward bias, maka akan terdapat lintasan pembawa muatan bebas melewati ketiga sambungan , yang akan menghasilkan arus anode yang besar. Thyristor pada kondisi

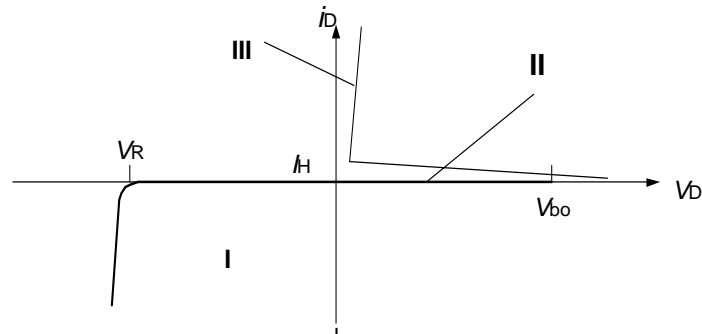
tersebut berada pada kondisi konduksi atau keadaan hidup. Tegangan jatuh yang terjadi dikarenakan oleh tegangan ohmic antara empat layer dan biasanya cukup kecil yaitu sekitar 1 V. Pada keadaan on, arus dari suatu nilai yang disebut dengan *latching cVRrent*  $I_L$ , agar diperoleh cukup banyak aliran pembawa muatan bebas yang melewati sambungan-sambungan, jika tidak maka akan kembali ke kondisi blocking ketika tegangan anode ke katode berkVRrang. *Latching cVRrent* ( $I_L$ ) adalah arus anode minimum yang diperlukan agar membuat thyristor tetap kondisi hidup, begitu thyristor dihidupkan dan sinyal gerbang dihilangkan. Ketika berada pada kondisi on, thyristor bertindak sebagai diode yang tidak terkontrol. Devais ini terus berada pada kondisi on karena tidak adanya lapisan deplesi pada sambungan  $J_2$  karena pembawa – pembawa muatan yang bergerak bebas. Akan tetapi, jika arus maju anode berada dibawah suatu tingkatan yang disebut *holding cVRrent*  $I_H$ , daerah deplesi akan terbentuk disekitar  $J_2$  karena adanya pengVRrangan banyak pembawa muatan bebas dan thyristor akan berada pada keadaan *blocking*. *Holding cVRrent* terjadi pada orde miliampere dan lebih kecil dari *latching cVRrent*  $I_L$ ,  $I_H > I_L$ . *Holding cVRrent*  $I_H$  adalah arus anode minimum untuk mempertahankan thyristor pada kondisi on. Ketika tegangan katode lebih positif dibanding dengan anode, sambungan  $J_2$  terforward bias, akan tetapi sambungan  $J_1$  dan  $J_3$  akan *ter-reverse bias*. Hal ini seperti diode – diode yang terhubung secara seri dengan tegangan balik bagi keduanya. Thyristor akan berada pada kondisi *reverse blocking* dan arus bocor reverse dikenal sebagai *reverse cVRrent*  $I_R$ . Thyristor akan dapat dihidupkan dengan meningkatkan tegangan maju  $V_{AK}$  diatas  $V_{BO}$ , tetapi kondisi ini bersifat merusak. dalam prakteknya, tegangan maju harus dipertahankan dibawah  $V_{BO}$  dan thyristor dihidupkan dengan memberikan tegangan positif antara gerbang katode. Begitu thyristor dihidupkan dengan sinyal penggerbangan itu dan arus anodenya lebih besar dari arus holding, thyristor akan berada pada kondisi tersambung secara positif balikan, bahkan bila sinyal penggerbangan dihilangkan. Thyristor dapat dikategorikan sebagai *latching devais*.

Thyristor dapat bertingkah seperti dua transistor dengan penurunan rumus sebagai berikut :

$$I_{B1} = I_{C2} + I_{Gn}$$

$$I_{B2} = I_{C1} + I_{Gp}$$

Adapun karakteristik tegangan versus arus dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Karakteristik Thyristor

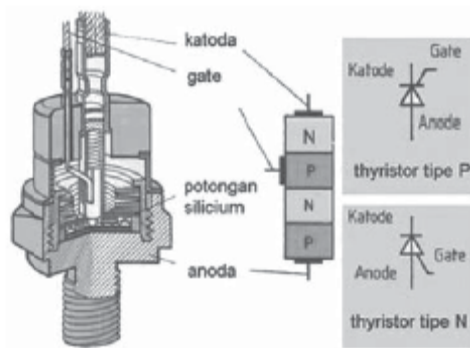
Karakteristik tegangan versus arus ini diperlihatkan bahwa thyristor mempunyai 3 keadaan atau daerah, yaitu :

1. Keadaan pada saat tegangan balik (daerah I)
2. Keadaan pada saat tegangan maju (daerah II)
3. Keadaan pada saat thyristor konduksi (daerah III)

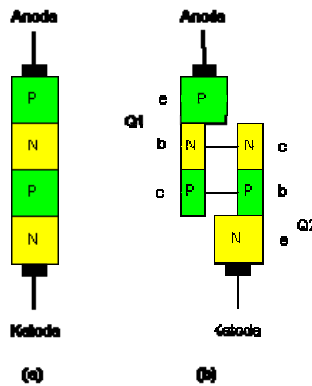
Pada daerah I, thyristor sama seperti diode, dimana pada keadaan ini tidak ada arus yang mengalir sampai dicapainya batas tegangan tembus ( $V_r$ ). Pada daerah II terlihat bahwa arus tetap tidak akan mengalir sampai dicapainya batas tegangan penyalaan ( $V_{bo}$ ). Apabila tegangan mencapai tegangan penyalaan, maka tiba – tiba tegangan akan jatuh menjadi kecil dan ada arus mengalir. Pada saat ini thyristor mulai konduksi dan ini adalah merupakan daerah III. Arus yang terjadi pada saat thyristor konduksi, dapat disebut sebagai arus genggam ( $I_h = \text{Holding Current}$ ). Arus  $I_h$  ini cukup kecil yaitu dalam orde miliampere. Untuk membuat thyristor kembali off, dapat dilakukan dengan menurunkan arus thyristor tersebut dibawah arus genggamnya ( $I_h$ ) dan selanjutnya diberikan tegangan penyalaan.

## SCR (Silicon Control Rectifier)

*Thyristor* dikembangkan oleh Bell Laboratories tahun 1950-an dan mulai digunakan secara komersial oleh General Electric tahun 1960-an. *Thyristor* atau SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) termasuk dalam komponen elektronik yang banyak dipakai dalam aplikasi listrik industri, salah satu alasannya adalah memiliki kemampuan untuk bekerja dalam tegangan dan arus yang besar. *Thyristor* memiliki tiga kaki, yaitu anoda, katoda dan gate. Fungsi gate pada thyristor menyerupai basis pada transistor, dengan mengatur arus  $I_G$  yang besarnya antara 1 mA sampai terbesar 100 mA, maka tegangan keluaran dari Anoda bisa diatur. Tegangan yang mampu diatur mulai dari 50 Volt sampai 5.000 Volt dan mampu mengatur arus 0,4 A sampai dengan 1.500 A.



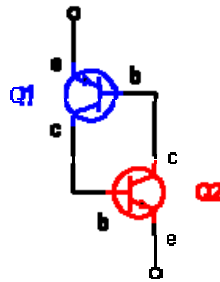
Gambar 2. Bentuk fisik dari SCR



Gambar 3. Struktur

Struktur dasar thyristor adalah struktur 4 layer PNPN seperti yang ditunjukkan pada gambar-3a. Jika dipilah, struktur ini dapat dilihat sebagai dua buah struktur junction PNP dan NPN yang tersambung di tengah seperti pada gambar-3b. Ini tidak lain adalah dua buah transistor PNP dan NPN yang tersambung pada masing-masing kolektor dan base. Jika divisualisasikan sebagai

transistor Q1 dan Q2, maka struktur thyristor ini dapat diperlihatkan seperti pada gambar 4 yang berikut ini.



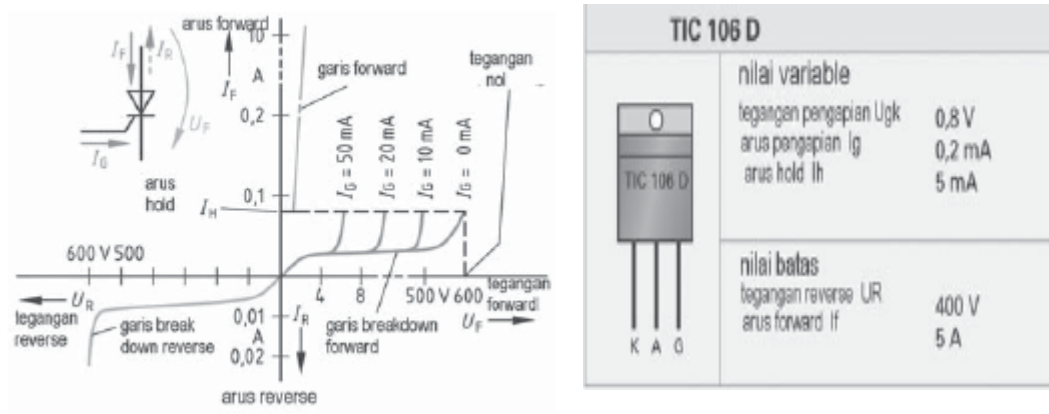
Gambar. 4 : visualisasi dengan transistor

Terlihat di sini kolektor transistor Q1 tersambung pada base transistor Q2 dan sebaliknya kolektor transistor Q2 tersambung pada base transistor Q1. Rangkaian transistor yang demikian menunjukkan adanya loop penguatan arus di bagian tengah. Jika misalnya ada arus sebesar  $I_b$  yang mengalir pada base transistor Q2, maka akan ada arus  $I_c$  yang mengalir pada kolektor Q2. Arus kolektor ini merupakan arus base  $I_b$  pada transistor Q1, sehingga akan muncul penguatan pada arus kolektor transistor Q1. Arus kolektor transistor Q1 tidak lain adalah arus base bagi transistor Q2. Demikian seterusnya sehingga makin lama sambungan PN dari thyristor ini di bagian tengah akan mengecil dan hilang. Tertinggal hanyalah lapisan P dan N dibagian luar. Jika keadaan ini tercapai, maka struktur yang demikian tidak lain adalah struktur dioda PN (anoda-katoda) yang sudah dikenal. Pada saat yang demikian, disebut bahwa thyristor dalam keadaan ON dan dapat mengalirkan arus dari anoda menuju katoda seperti layaknya sebuah dioda.

Karakteristik Thyristor memperlihatkan dua variabel, yaitu tegangan forward  $V_F$  dan tegangan reverse  $V_R$ , dan variabel arus forward  $I_F$  dan arus reverse  $I_R$  pada gambar 5. Pada tegangan forward  $V_F$ , jika arus gate diatur dari 0 mA sampai di atas 50 mA, maka Thyristor akan cut-in dan mengalirkan arus forward  $I_F$ . Tegangan reverse untuk Thyristor  $V_R$  sekitar 600 Volt. Agar Thyristor tetap ON, maka ada arus yang tetap dipertahankan disebut arus *holding*  $I_H$  sebesar 5 mA.

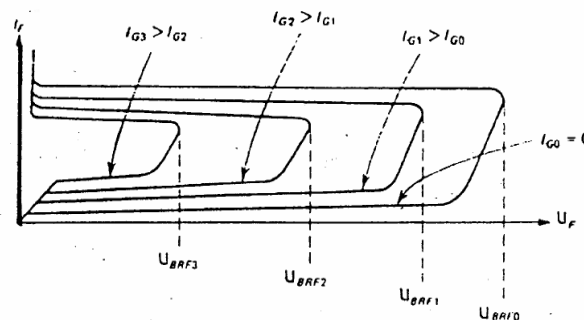
Sebagai contoh, thyristor TIC 106 D sesuai dengan data *sheet* memiliki beberapa parameter penting, yaitu: tegangan gate-katode = 0,8 V, arus gate minimal 0,2 mA, agar thyristor tetap posisi ON diperlukan arus holding = 5 mA. Tegangan kerja yang diizinkan pada anoda =

400 V dan dapat mengalirkan arus nominal = 5 A. Aplikasi thyristor yang paling banyak sebagai penyearah tegangan AC ke DC yang dapat diatur.



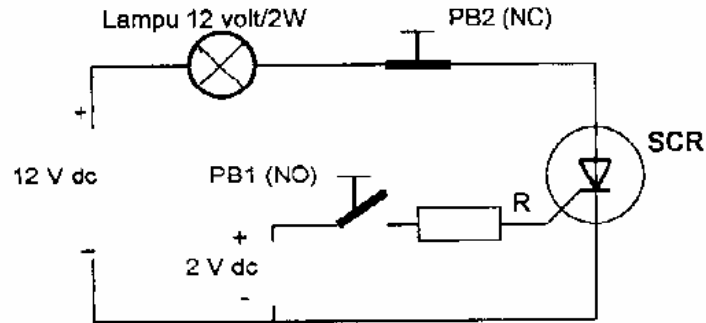
Gambar 5. Karakteristik dan nilai batas thyristor

SCR dapat dihidupkan dengan arus penyulut singkat melalui terminal Gate, dimana arus gate ini akan mengalir melalui junction antara gate dan kathoda dan keluar dari kathodanya. Arus gate ini harus positif besarnya sekitar 0,1 sampai 35 mA sedangkan tegangan antara gate dan kathodanya biasanya 0,7 volt. Jika arus anoda ke kathoda turun dibawah nilai minimum (Holding Current =  $I_{HO}$ ), maka SCR akan segera mati (Off). Untuk SCR yang berkemampuan daya sedang, besar  $I_{HO}$  sekitar 10 mA. Tegangan maksimum arah maju ( $U_{BRF}$ ) akan terjadi jika gate dalam keadaan terbuka atau  $I_{G0} = 0$ . Jika arus gate diperbesar dari  $I_{G0}$ , misal  $I_{G1}$ , maka tegangan majunya akan lebih rendah lagi. Hal ini diperlihatkan pada gambar berikut.



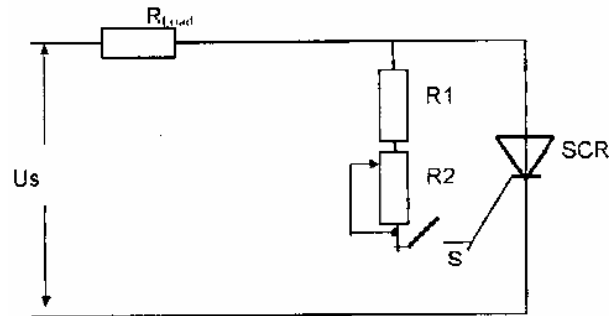
Gambar 6. Pengendalian gate SCR

Gambar 7. memperlihatkan salah satu cara penyulutan SCR dengan sumber searah (dc), dimana SCR akan bekerja dengan indikasi menyalnya lampu dengan syarat saklar PB1 dan PB2 di ON kan terlebih dahulu.



Gambar 7. Penyulutan SCR dengan sumber dc

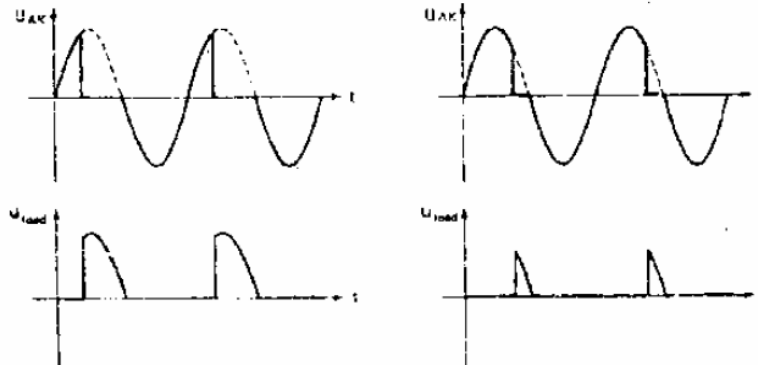
Triggering untuk penyulutan SCR dengan sumber dc ini tidak perlu dilakukan secara terus menerus, jika saklar PB1 dibuka, maka lampu akan tetap menyala atau dengan perkataan lain SCR tetap bekerja. Gambar 8. Memerlihatkan cara penyulutan SCR dengan sumber bolak-balik (ac).



Gambar 8. Penyulutan SCR dengan sumber ac

Dengan mengatur nilai R2 (potensiometer), maka kita seolah mengatur *sudut penyalaan* (firing delay) SCR. Untuk penyulutan SCR dengan sumber arus bolak-balik, harus dilakukan secara terus menerus, jadi saklar S jika dilepas, maka SCR akan kembali tidak bekerja.

Gambar 9. memperlihatkan bentuk tegangan dan pada terminal SCR dan beban. Pengendalian sumber daya dengan SCR terbatas hanya dari  $0^{\circ}$  sampai  $90^{\circ}$ .



Gambar 9. Bentuk gelombang tegangan dan beban

Kondisi SCR dapat diuji dengan menggunakan sebuah ohmmeter seperti layaknya dioda, namun dikarenakan konstruksinya, pengujian SCR ini harus dibantu dengan penyulutan kaki gate dengan pulsa positif. Jadi dengan menghubungkan singkat kaki anoda dengan gate, kemudian diberikan sumber positif dari meter secara bersama dan katoda diberi sumber negatifnya, maka akan tampak gerakan jarum ohmmeter yang menuju nilai rendah penunjukkan ohm dan kondisi ini menyatakan SCR *masih layak* digunakan. Sedangkan jika penunjukkan jarum menunjuk pada nilai resistansi yang tinggi, maka dikatakan kondisi SCR *menyumbat* atau rusak.