

Mekatronika

Modul 2

Silicon Controlled Rectifier (SCR)

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik dari Silicon Controlled Rectifier (SCR)

Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai karakteristik dan penerapan Silicon Rectifier Controlled (SCR)

2.1 Pendahuluan

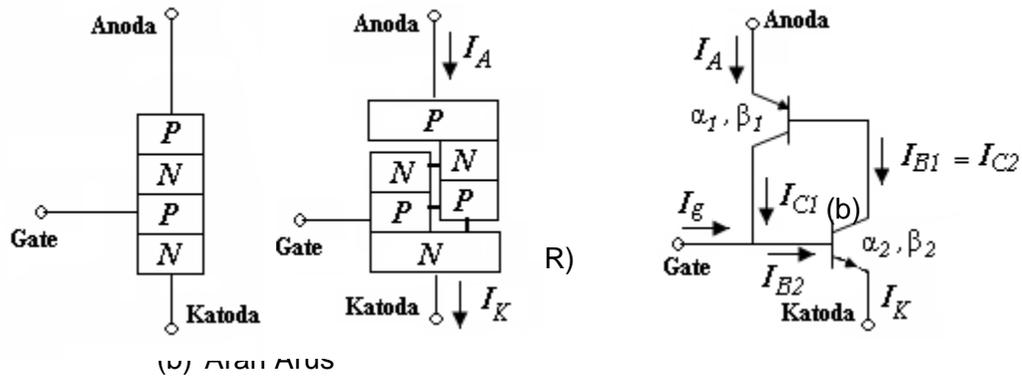
Silicon Controlled Rectifier (SCR) merupakan salah satu jenis semikonduktor daya yang paling penting dan telah digunakan secara ekstensif pada rangkaian elektronika industri. SCR biasanya digunakan sebagai saklar/bistabil, beroperasi antara keadaan non konduksi ke konduksi. Pada banyak aplikasi, SCR dapat diasumsikan sebagai saklar ideal aka tetapi dalam prakteknya SCR memiliki batasan dan karakteristik tertentu.

2.2 Silicon Controlled Rectifier (SCR)

Silicon Controlled Rectifier (SCR) adalah perangkat elektronik yang dirancang agar dapat mengendalikan daya arus bolak-balik (AC) hingga 10 MW dengan rating arus sebesar 2000 A pada tegangan 1800 V. Adapun daerah frekuensi kerja SCR dapat mencapai sekitar 50 KHz. SCR dibuat dari bahan semikonduktor jenis silicon dengan pertimbangan kemampuan terhadap temperature dan daya yang tinggi.

Tahanan dalam dinamis suatu SCR adalah sekitar 0.01 sampai 0.1 ohm sedangkan tahanan reversenya sekitar 100.000 ohm atau mungkin lebih.

Struktur P-N-P-N sederhana seperti pada SCR dapat dipandang sebagai dua transistor N-P-N dan P-N-P yang dihubungkan membentuk pasangan feedback regeneratif seperti pada gambar di bawah ini :



Keterangan :

- I_B : Arus basis
- I_C : Arus collector
- I_A : Arus anoda
- I_K : Arus katoda
- I_g : Arus gate

Dari gambar 2-1, diperoleh :

$$I_{B1} = (1-\alpha_1) I_A - I_{CBO1} \dots 1)$$

$$I_{C2} = \alpha_2 I_K + I_{CBO2} \dots 2)$$

Dari gambar 2-1, terlihat bahwa : $I_{B1} = I_{C2}$

$$(1-\alpha_1) I_A - I_{CBO1} = \alpha_2 I_K + I_{CBO2} \dots 3)$$

Juga terlihat bahwa : $I_K = I_g + I_A$, sehingga

$$(1-\alpha_1) I_A - I_{CBO1} = \alpha_2 (I_g + I_A) + I_{CBO2}$$

$$(1-(\alpha_1 + \alpha_2)) I_A = \alpha_2 I_g + I_{CBO1} + I_{CBO2}$$

atau :

$$I_A = \frac{\alpha_2 I_g + I_{CBO1} + I_{CBO2}}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)}$$

Persamaan diatas menunjukkan feedback regeneratif SCR akan jalan apabila $\alpha_1 + \alpha_2 \geq 1$

Beberapa mekanisme menjalankan Thyristor :

(1) Tegangan antara kolektor dan emitor diperbesar, akhirnya akan tercapai keadaan dimana arus bocor dapat menghasilkan pembawa muatan yang lain, sehingga terjadi suatu *breakdown avalanche* (longsor). Mekanisme ini bisa digunakan pada dioda empat lapis seperti DIAC.

(2) Perubahan tegangan

Setiap sambungan P-N mempunyai kapasitansi. Makin luas sambungan maka makin besar kapasitansinya. Bila suatu fungsi tangga tiba-tiba dipasang antara kolektor dan emitter, suatu arus pergi akan mengalir sebesar :

$$i = C \frac{dv}{dt} ; \text{ arus ini dapat membuat nilai loop gain } G \text{ mendekati nilai satu, yang}$$

akan menghantarkan thyristor.

(3) Suhu

Pada suhu tinggi arus bocor (arus saturasi) pada sambungan P-N silikon dengan panjang mundur menjadi dua kali lipat dengan kenaikan suhu 8°C ini dapat membuat loop gain G mendekati satu dan menghantarkan.

(4) Mekanisme transistor

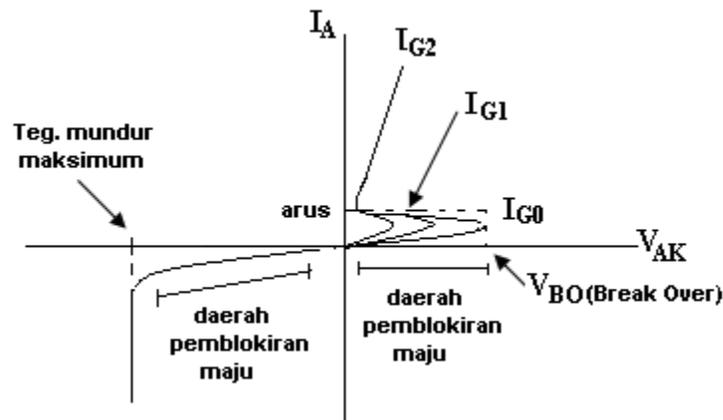
Pada transistor penambahan arus pada basis akan memperbesar arus kolektor. Ini biasa digunakan untuk menghantarkan thyristor yang mempunyai gate, SCR menghantarkan dengan memasukkan arus pada gate P, sedangkan pada *Complementary SCR* (CSCR) digunakan gate N.

(5) Cahaya

Cahaya yang disinarkan pada SCR dapat melepaskan pasangan elektron dan holes. Cara trigger ini dilakukan pada *Light Activated SCR* (LA SCR) dan thyristor yang peka cahaya.

Karakteristik V – I SCR :

SCR dapat mengalirkan arus hanya pada satu arah yakni jika $V_A > V_K$ serta bisa diatur sudut penyalaannya dengan mengatur tegangan gatena.



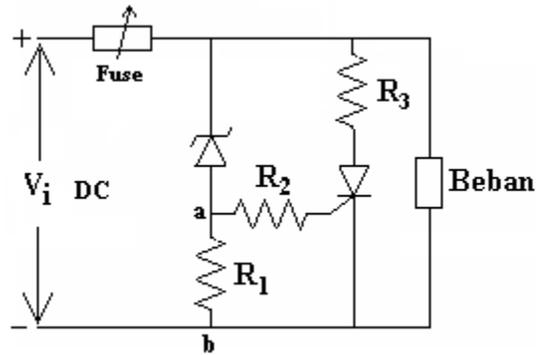
Gambar 2-2. Karakteristik V – I SCR

Pada daerah pemblokiran maju, bila tegangan maju ditambah maka arus bocor hamper tidak berubah hingga pelipat gandaan pembawa muatan oleh adanya *breakdown avalanche* setelah keadaan dilampaui arus di dalam SCR yang mempunyai nilai cukup besar hingga loop gain = 1, pada keadaan ini SCR berkonduksi jika V_A berada pada nilai tertentu, yang disebut arus bertahan (*holding current*). Bila arus anoda turun di bawah nilai arus bertahan SCR akan kembali pada pemblokiran maju.

Pada keadaan pemblokiran mundur SCR berperilaku seperti dua dioda dipasang seri (terpanjar mundur).

Pada keadaan $V_A > V_K$ penambahan harga I_G akan memperkecil daerah pemblokiran, untuk I_G yang cukup besar bisa mengakibatkan SCR berperilaku seperti dioda terpanjar maju.

Perhatikan contoh berikut ini :



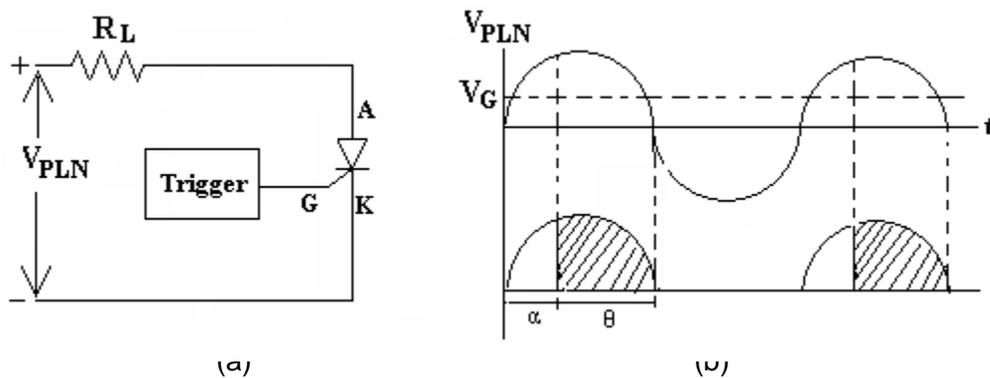
Gambar 2-3. Rangkaian untuk melindungi alat dari tegangan lebih.

Cara kerjanya :

Jika V_i (DC) naik melebihi harga yang diijinkan maka V_{ab} naik sehingga SCR berkonduksi dan arus yang melewati fuse akan besar sehingga fuse akan putus.

(6) Kontrol Fasa pada SCR

SCR dapat dibuat agar berkonduksi pada bagian tertentu daripada siklus tegangan PLN. Rangkaian yang digunakan untuk ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2-4. Rangkaian kontrol fasa SCR

(a) Rangkaian

(b) Bentuk gelombang

Harga rata-rata keluaran adalah :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{rata-rata}} &= \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin \omega t (d\omega t) \\
 &= -\frac{V_m}{2\pi} [\cos \omega t]_{\alpha}^{\pi} \\
 &= -\frac{V_m}{2\pi} (\cos \pi - \cos \alpha)
 \end{aligned}$$

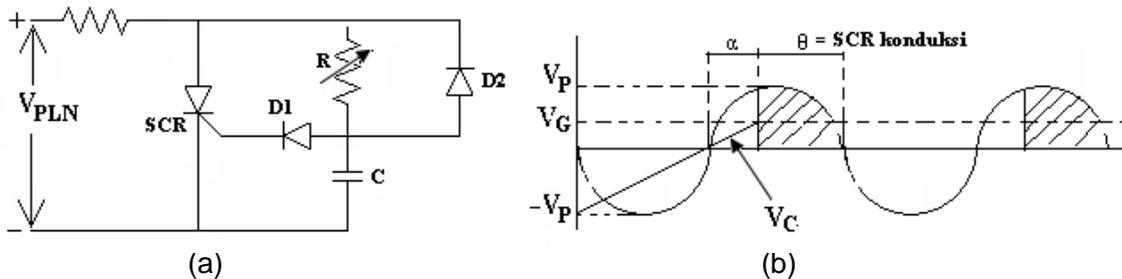
$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{V_m}{2\pi} (\cos \alpha + 1)$$

(tegangan keluaran bisa diatur sesuai dengan harga α)

α berkisar dari 0° sampai dengan 180°

untuk $\alpha = 0^\circ$, $\theta = 180^\circ$, $\alpha = 180^\circ$, $\theta = 0^\circ$

Bentuk rangkaian picu SCR dapat bermacam-macam. Suatu rangkaian picu yang menggunakan RC ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2-4. Rangkaian picu SCR dengan RC

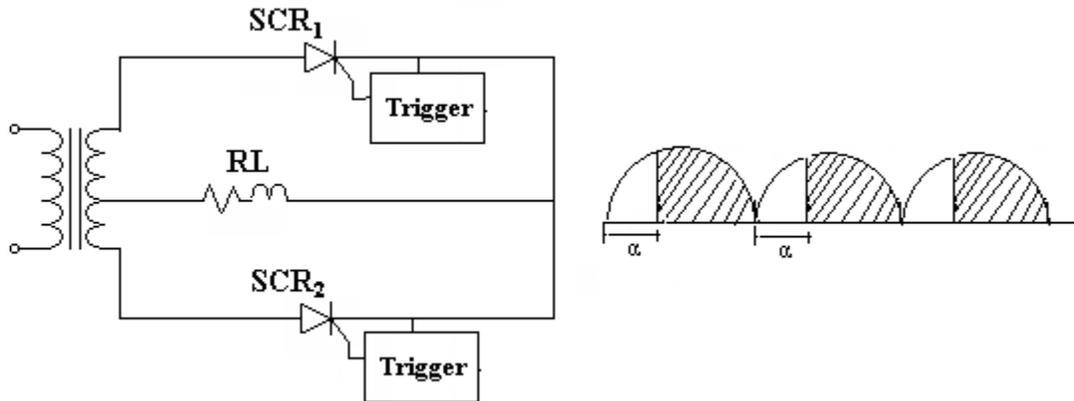
(a) Rangkaian

(b) Bentuk gelombang

(7) Bila anoda sedang negatif terhadap katoda, kapasitor C diisi muatan melalui D_1 hingga tegangan V_p . Dioda D_1 mencegah arus gate negatif pada SCR, selanjutnya waktu anoda positif kapasitor C diisi melalui R dengan tetapan waktu ($t = RC$). Bila V_c melampaui tegangan ambang (V_{GT}) maka SCR akan berkonduksi sehingga $V_{AK} \approx 0$, dengan mengatur R sudut konduksi dapat diatur dari 0° sampai 180° .

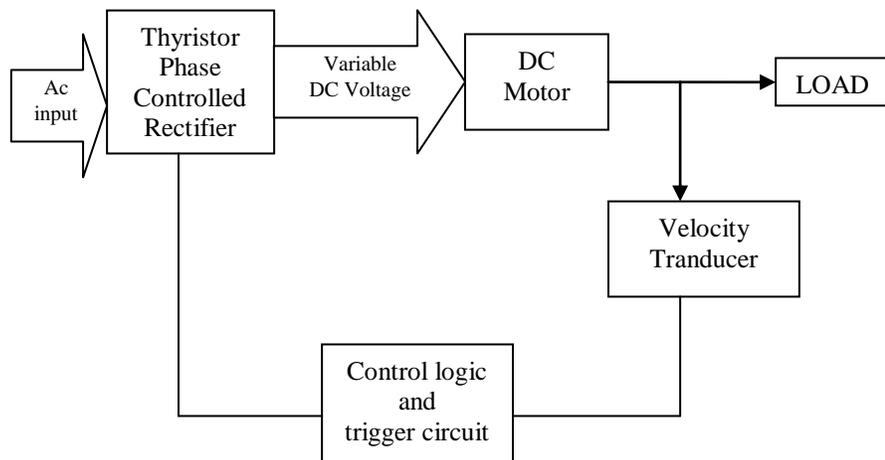
Rangkaian picu lain akan dibahas setelah mempelajari TRIAC.

Beberapa aplikasi sederhana SCR :



$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t)$$

$$= \frac{E_m}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$



2.3 Latihan soal

1. Jelaskan karakteristik hubungan antara tegangan dan arus pada SCR !
2. Berikan dua aplikasi sederhana dalam penggunaan SCR ! (gambar beserta rangkaiannya)
3. Jelaskan cara kerja dari rangkaian untuk melindungi tegangan lebih !