

BAB III

RANGKAIAN PEMICU DAN KOMUTASI

KOMPETENSI DASAR

Setelah mengikuti materi ini diharapkan mahasiswa memiliki kompetensi:

- Menguasai prinsip kerja rangkaian pemicu dan rangkaian komutasi.
- Menguasai dasar analisis rangkaian pemicu dan rangkaian komutasi.

STANDAR KOMPETENSI

Mampu merancang rangkaian pemicu dan rangkaian komutasi untuk komponen SCR.

A. PENDAHULUAN

Sebagaimana dijelaskan pada Bab I bahwa komponen semikonduktor daya, seperti: dioda, SCR, transistor, dan MOSFET, yang digunakan dalam rangkaian elektronika daya dioperasikan sebagai sakelar elektronis (electronic switching). Sakelar elektronis memiliki sifat tidak akan dapat ON/OFF tanpa ada rangkaian luar yang dapat membangkitkan signal/pulsa sebagai pemicu/ penyulut. Rangkaian luar yang dimaksud adalah rangkaian pemicu atau rangkaian penyulut (triggering circuits). Dengan demikian, rangkaian pemicu/ penyulut merupakan rangkaian yang digunakan untuk meng-ON-kan SCR, transistor, atau MOSFET.

Sesuai dengan sifat semikonduktor, transistor dan MOSFET dapat digunakan sebagai sakelar elektronis untuk sumber masukan tegangan searah (DC) saja, sedangkan SCR dapat digunakan sebagai sakelar elektronis untuk sumber masukan tegangan bolak-balik (AC) maupun DC. Karena SCR memiliki sifat yang dapat dipakai untuk sumber masukan AC maupun DC inilah, komponen SCR banyak digunakan dalam rangkaian elektronika daya. Jika komponen SCR digunakan dalam rangkaian elektronika daya dengan sumber masukan searah DC, ketika SCR sudah dipicu maka rangkaian akan terus ON dan akan OFF jika rangkaian diputus dari sumber masukannya. Agar SCR dapat OFF tanpa memutus sumber masukan diperlukan rangkaian yang disebut rangkaian komutasi (dc line commutation), yakni rangkaian yang digunakan untuk meng-OFF-kan SCR dalam suatu rangkaian tertutup.

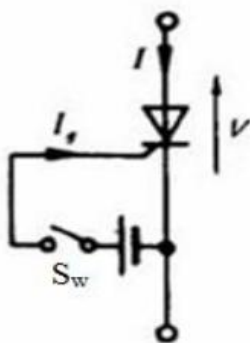
B. Rangkaian Pemicu

Transistor dan MOSFET merupakan komponen yang hanya dapat dioperasikan sebagai switching dan controlling saja, sedangkan operasi converting tidak bisa dilakukan.

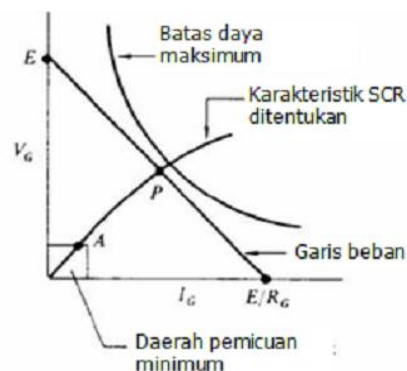
Hal ini berarti, transistor dan MOSFET hanya bisa untuk pengaturan sumber DC menjadi DC saja, sehingga untuk pengaturan sumber AC menjadi DC atau sebaliknya tidak bisa dilakukan. Sebagaimana telah dijelaskan dalam Bab I, jika transistor dan MOSFET dioperasikan sebagai switching, konfigurasi yang digunakan umumnya kolektor-emitor bersama (common-CE) dan drain- source bersama (common-DS), dimana dengan pengendalian arus basis pada transistor dan pengendalian tegangan pada MOSFET akan dapat meng-ON dan OFF-kan rangkaian.

Berbeda dengan transistor dan MOSFET, SCR merupakan komponen yang dapat dioperasikan serbaguna, baik sebagai switching, controlling, maupun converting. Hal ini berarti, SCR bisa digunakan untuk pengaturan sumber DC menjadi DC, AC menjadi AC, maupun untuk pengaturan sumber AC menjadi DC atau sebaliknya. SCR dioperasikan sebagai switching, dengan cara memberi signal arus pada gate.

Gambar 3.1 merupakan rangkaian pemacu dasar yang digunakan untuk menyulut signal arus pada terminal gate pada SCR, dengan cara meng-ON-kan sakelar manual (S_w). Uraian selanjutnya akan difokuskan pada rangkaian pemacu untuk SCR. Untuk menentukan rangkaian pemacu yang tepat perlu memperhatikan karakteristik V_g-I_g dari SCR seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2. Besaran yang perlu dipertimbangkan adalah tegangan rating, arus rating, dan daya maksimum dari SCR, kemudian ditentukan titik kerja pemucuan yang diharapkan. Gambar 3.2 ditunjukkan titik kerja pemucuan minimum SCR pada titik A dan titik kerja pemucuan yang ditentukan pada titik P.

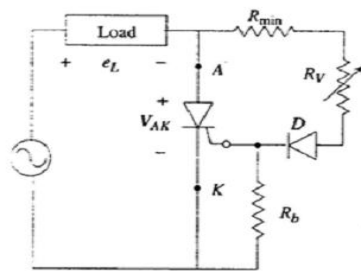


Gambar 3.1 Rangkaian Pemacu Dasar



Gambar 3.2 Karakteristik V_g-I_g SCR

Rangkaian pemacu ditinjau dari proses pembentukan tegangan pemacu yang dihasilkan dapat dilakukan melalui beberapa proses, antara lain: proses sifat komponen pasif (resistor, kapasitor), proses elektromagnetis (dengan trafo pulsa), proses modulasi lebar pulsa, dan proses optokopler. Rangkaian pemacu berikut merupakan beberapa contoh rangkaian pemacu yang umum digunakan. Gambar 3.3 merupakan salah satu contoh rangkaian pemacu SCR dengan resistor. Sudut pemucuan ditentukan dengan cara mengatur R_v .



Gambar 3.3 Rangkaian Pemacu Resistor

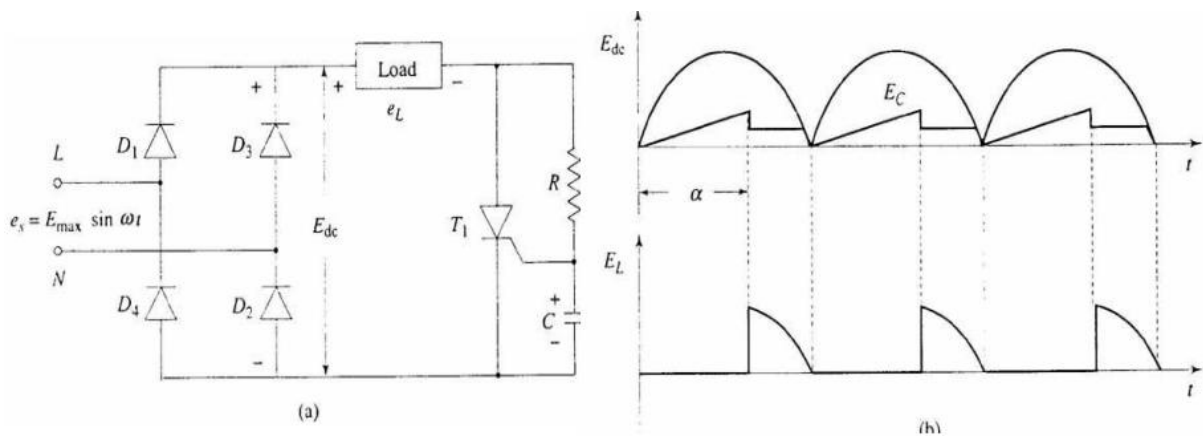
Dioda D berfungsi sebagai penyearahan agar diperoleh tegangan pada gate berpolaritas positif. R_{min} berfungsi pembatas arus gate, dan R_b berfungsi stabilisator tegangan gate agar tidak melebihi $V_{g(max)}$. Nilai R_{min} dan R_b dapat ditentukan dengan pendekatan sebagai berikut:

$$R_{min} \geq \frac{E_{max}}{I_{g(max)}} \quad (3.1)$$

$$R_b \leq \frac{(R_v + R_{min})V_{g(max)}}{(E_{max} - V_{g(max)})} \quad (3.2)$$

$$e_s = I_{g(min)}(R_v + R_{min}) + V_d + V_{g(min)} \quad (3.3)$$

Gambar 3.4 (a) merupakan salah satu contoh rangkaian pemacu SCR dengan menggunakan resistor-kapasitor (RC) dengan sumber masukan tegangan searah (DC), sedangkan Gambar 3.4 (b) merupakan bentuk tegangan kapasitor (E_c) yang dibangkitkan dari proses RC serta bentuk tegangan luarannya. Sudut pemucuan dapat dilakukan dengan cara mengatur R_v yang besarnya $0^\circ - 180^\circ$. Nilai R_v dan C dapat ditentukan dengan pendekatan sebagai berikut:



Gambar 3.4 Rangkaian Pemicu RC dengan Tegangan Masukan DC

$$R_v C \geq 50 \frac{T}{2} = \frac{157}{\omega} ; \text{dimana nilai } T = 1/f \text{ dari sumber masukan AC}$$

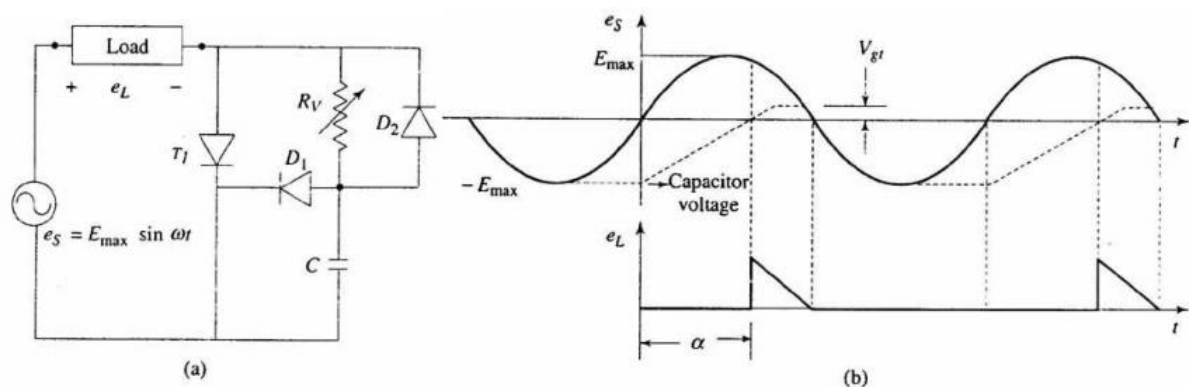
$$V_{gt} = V_{g(\min)} + V_{D1} \quad (3.4)$$

$$R_v \leq \frac{e_s - V_{gt}}{I_{g(\min)}} \quad (3.5)$$

Selanjutnya, Gambar 3.5 (a) merupakan salah satu contoh rangkaian pemicu SCR dengan menggunakan resistor-kapasitor (RC) dengan sumber masukan tegangan bolak-balik (AC), sedangkan Gambar 3.5 (b) merupakan bentuk tegangan kapasitor (E_C) yang dibangkitkan dari proses RC serta bentuk tegangan luarannya. Sudut pemicuan dapat dilakukan dengan cara mengatur R_v yang besarnya $0\Omega - 180\Omega$. Dioda D_1 berfungsi agar tegangan pada terminal gate selalu membangkitkan polaritas positif, sedangkan dioda D_2 berfungsi untuk pengisian C saat polaritas - agar tetap nol. Nilai R_v dan C dapat ditentukan dengan pendekatan sebagai berikut:

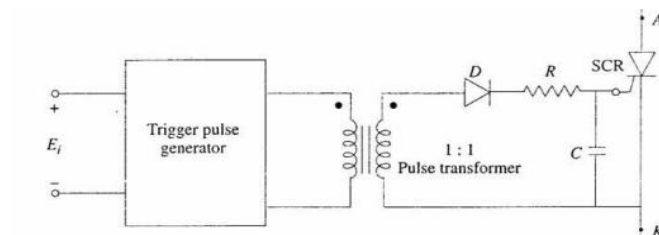
$$R_v C \geq \frac{1,3T}{2} = \frac{4}{\omega} ; \text{dimana } T = 1/f$$

$$R_v \leq \frac{e_s - V_{g(\min)} - V_{D1}}{I_{g(\min)}} \quad (3.6)$$



Gambar 3.5 Rangkaian Pemicu RC dengan Tegangan Masukan AC

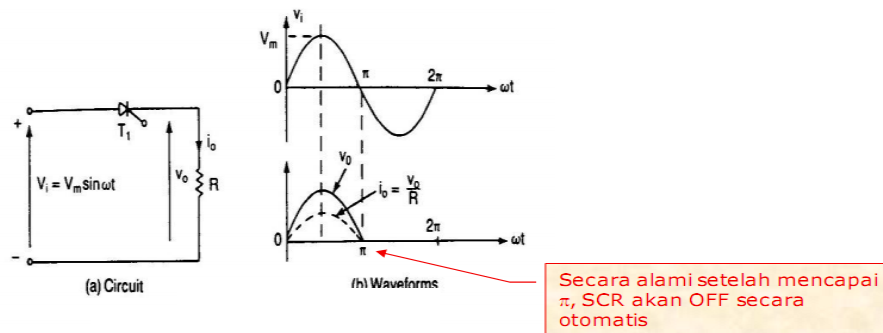
Contoh rangkaian pemicu yang menggunakan trafo pulsa ditunjukkan pada Gambar 3.6. Rangkaian pemicu ini memerlukan generator pembangkit pulsa yang umumnya dibangkitkan dari rangkaian dengan prinsip operasi modulasi lebar pulsa (pulse width modulation-PWM). Perbandingan transformasi dari trafo pulsa umumnya sebesar 1:1. Tegangan pulsa pemicu dibangkitkan dengan prinsip RC sebagaimana diuraikan di muka.



Gambar 3.6 Rangkaian Pemicu Dasar dengan Trafo Pulsa

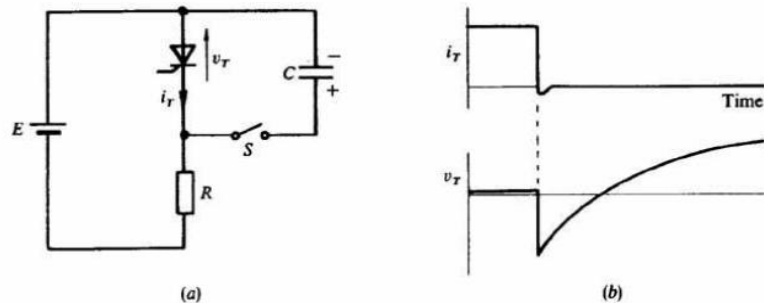
C. RANGKAIAN KOMUTASI

Ditinjau dari sumber masukannya, terdapat 2 (dua) rangkaian komutasi, yaitu: komutasi alami (natural commutation) dan komutasi paksa (forced commutation). Jika SCR digunakan dalam sebuah rangkain tertutup dengan sumber masukan berupa tegangan AC, maka SCR akan OFF secara otomatis ketika mencapai titik lintas nol (zero crossing) yang disebabkan sifat alami dari sumber AC tersebut. Gambar 3.7 ditunjukkan rangkaian komutasi alami.



Gambar 3.7 Rangkaian Komutasi Alami

Jika SCR digunakan dalam sebuah rangkain tertutup dengan sumber masukan berupa tegangan DC, maka SCR akan OFF jika arus beban dilawan (dipaksa sama dengan) dengan arus komutasi yang dibangkitkan dari rangkaian komutasi. Proses inilah yang disebut komutasi paksa. Ilustrasi prinsip dasar dari komutasi paksa ini dapat dijelaskan melalui Gambar 3.8 (a) dan (b). Ketika SCR OFF dan S di-ON terjadi proses pengisian C. Ketika S dalam kondisi OFF dan SCR di-ON-kan, maka mengalir arus beban $I_L = I_T = E/R$. Ketika S di-ON kembali, maka SCR akan OFF karena arus I_C melawan I_T ($I_C = I_T$).

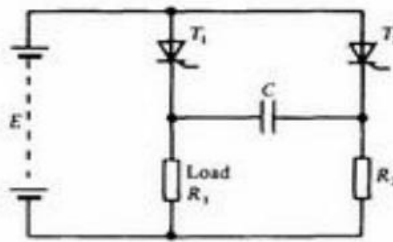


Gambar 3.8 Rangkaian Komutasi Paksa Dasar

Kapasitor merupakan komponen utama yang digunakan dalam rangkaian komutasi. Metode rangkaian komutasi paksa dapat dibedakan dalam enam jenis, yaitu: komutasi sendiri dgn resonansi beban, komutasi sendiri dgn rangkaian LC, komutasi komplemen, komutasi bantu, komutasi pulsa luar, dan komutasi jaringan ac. Sebagai contoh, Gambar 3.9 merupakan rangkaian komutasi paksa dengan metode komplemen. T1 merupakan SCR utama yang dihubungkan seri dengan beban (R_1), sedangkan T2 merupakan SCR bantu yang

dihubungkan paralel dg T1. Prinsip kerja rangkaian komutasi paksa dengan metode komplemen dapat dijelaskan dengan empat tahapan kondisi sebagai berikut:

Kondisi awal, T1 dan T2 masih dalam keadaan OFF dan tegangan pada C (E_c) sama dengan nol. Kondisi kedua, ketika T1 di-ON-kan dan T2 masih OFF, di sini akan terjadi dua aliran arus, yakni arus beban (I_L) dan arus pengisian kapasitor C (I_C) melalui resistor R2, sehingga tegangan pada kapasitor sama dengan tegangan sumbernya ($E_c = E_{dc}$).



Gambar 3.9 Rangkaian Komutasi dengan Metode Komplemen

Kondisi ketiga, ketika T2 di-ON-kan, maka T1 akan OFF karena E_c (I_C melawan I_L), dan terjadi pengisian C melalui beban sehingga $E_c = -E_{dc}$. Kondisi keempat, ketika T1 di-ON-kan maka T2 akan OFF sebagai akibat pelepasan muatan C, proses selanjutnya akan kembali seperti kondisi kedua. Nilai waktu off (t_{off}) dapat ditentukan, yaitu sebesar:

$$t_{off} = 0,6931R_1C$$

D. PERTANYAAN

1. Apakah yang dimaksud dengan rangkaian pemicu?
2. Apakah yang dimaksud dengan rangkaian komutasi?
3. Jelaskan dasar prinsip kerja rangkaian pemicu?
4. Jelaskan dasar prinsip kerja rangkaian komutasi alami?
5. Jelaskan dasar prinsip kerja rangkaian komutasi paksa?
6. Jelaskan fungsi kapasitor pada rangkaian komutasi paksa?
7. Jelaskan dasar prinsip kerja rangkaian komutasi paksa dengan metode komplemen?
8. Selesaikan soal berikut ini: Sebuah rangkaian pemicu jenis resistansi digunakan untuk SCR yang memiliki $I_{g(min)}=0,1$ mA dan $V_{g(min)}=0,5$ V. Jika tegangan masukan $E_{max}=24$ V dan diode yang digunakan jenis silikon, tentukan sudut pemicuan (α) untuk $R_v = 100$ k Ω dan $R_{min} = 10$ k Ω . (Kunci jawaban: $\alpha=30,6^\circ$).