

BAB 4

RANGKAIAN PEMICU DAN KOMUTASI SCR

4.1 Pengantar

Rangkaian elektronika daya terdiri atas komponen-komponen elektronika baik pasif maupun aktif seperti yang telah dijelaskan pada bab 2. Komponen pasif terdiri atas resistor (R), induktor (L) dan kapasitor, sedangkan komponen aktif terdiri atas dioda, transistor, MOSFET, SCR, Diac, Triac, IGBT dan komponen semikonduktor lainnya. Pada aplikasi rangkaian elektronika daya, komponen semikonduktor lebih banyak difungsikan sebagai saklar elektronik. Sebagai sakelar elektronis, komponen semikonduktor tidak dapat ON/OFF secara langsung, melainkan membutuhkan rangkaian dari luar yang menghasilkan sinyal untuk memicu agar komponen semikonduktor dapat bekerja. Untuk itu diperlukan rangkaian penyulut (*triggering circuits*) untuk mengaktifkan komponen semikonduktor.

Komponen semikonduktor seperti BJT, FET dan IGBT digunakan sebagai sakelar elektronis dengan sumber input listrik DC. Contoh aplikasi rangkaian dengan input DC adalah rangkaian konverter DC ke DC atau dikenal dengan istilah Chopper. Sedangkan SCR dan Triac digunakan untuk *switching* dengan sumber listrik DC

mupun AC sehingga banyak dipakai pada aplikasi penyearah terkendali (AC ke DC Konverter) dan AC Regulator (AC ke AC Konverter).

Rangkaian pemacu pada dasarnya adalah rangkaian elektronika yang akan menghasilkan sinyal listrik baik dalam bentuk arus maupun tegangan listrik. Sinyal inilah yang digunakan sebagai penyulut komponen semikonduktor agar dapat bekerja sesuai dengan mekanisme yang dirancang. Transistor BJT, SCR membutuhkan sinyal pemacu berupa arus listrik untuk dapat bekerja melalui kaki basis dan gate. Sedangkan FET dan IGBT memerlukan sinyal tegangan sebagai pemacu agar komponen ini dapat bekerja dengan baik. Kemampuan komponen untuk disulut inilah yang dijadikan sebagai dasar dalam melakukan pengendalian melalui pengaturan sudut penyulutan. Dengan mengatur sudut penyulutan akan didapat output yang terkontrol sesuai dengan sudut penyulutannya. Proses pengaturan sudut picu dapat dilakukan secara manual dengan potensiometer atau secara digital dengan keypad atau juga secara otomatis melalui peralatan terprogram.

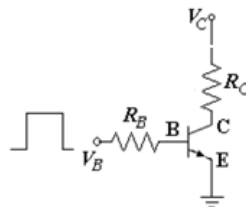
4.2 Prinsip Pemacu Komponen Semikonduktor

Komponen semikonduktor terbuat dari bahan semikonduktor yang mempunyai sifat pada saat kondisi normal berfungsi sebagai isolator. Untuk mengaktifkan komponen semikonduktor sebagai konduktor diperlukan catu daya tegangan yang sesuai. Komponen semikonduktor daya seperti BJT, FET, IGBT, SCR dan Triac didesain bekerja jika diberikan catu daya tegangan yang sesuai dan diberi arus atau tegangan pemacu dengan nilai tertentu. Oleh karena itu, komponen-komponen semikonduktor daya ini memerlukan rangkaian pemacu untuk mengatur ON/OFF untuk diaplikasikan pada rangkaian elektronika daya.

Prinsip pemicuan komponen semikonduktor adalah memberikan arus atau tegangan tertentu untuk menjadikan komponen ini bekerja baik sebagai saklar elektronis maupun fungsi lainnya. Arus atau tegangan yang diberikan berfungsi sebagai pemicu artinya setelah komponen elektronika daya ON, maka sudah tidak diperlukan lagi dan jika arus atau tegangan pemicuan dihentikan maka tidak akan menakibatkan komponen tersebut mati. Biasanya pemicuan komponen semikonduktor diberikan dalam bentuk pulsa dengan kecepatan tinggi yang dapat diatur siklus kerja (*duty cycle*) nya.

4.3 Rangkaian Pemicu Transistor

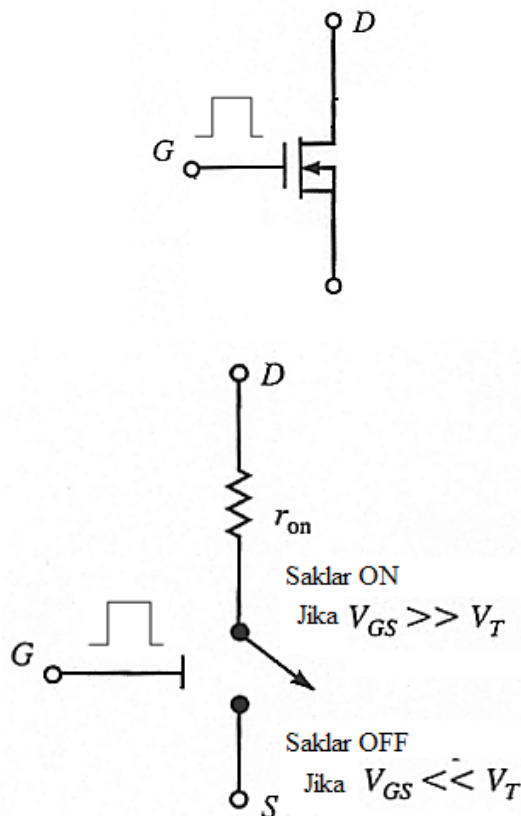
Transistor sebagaimana telah dijelaskan pada Bab 2 tentang komponen semikonduktor daya merupakan komponen semikonduktor yang memiliki 3 kaki yaitu Basis (B), Kolektor (C) dan Emitor (E). Untuk memfungsikan transistor menjadi saklar elektronik, maka transistor perlu diberikan panjar maju untuk Kolektor Emitor dan input arus basis agar transistor dapat bekerja sebagai saklar (ON/OFF). Transistor akan ON jika kolektor dan Emitor dibias maju dan basis diberi arus yang cukup untuk membuat transistor jenuh. Sebaliknya untuk memfungsikan transistor sebagai saklar OFF, maka arus basis dibuat menjadi nol. Dalam aplikasi saklar elektronis seperti pada rangkaian DC Chopper baik step-up maupun step-down diperlukan rangkaian pembangkit pulsa seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Transistor sebagai saklar

4.3.1. Rangkaian Pemicu FET

FET mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan transistor BJT. Jika transistor BJT memerlukan rangkaian pemicu berupa arus listrik yang dialirkan melalui terminal basis (I_B), sedangkan FET memerlukan pemicu berupa tegangan yang diberikan pada terminal Gate (V_{DS}). Berikut ini adalah prinsip kerja pemicuan dari FET.

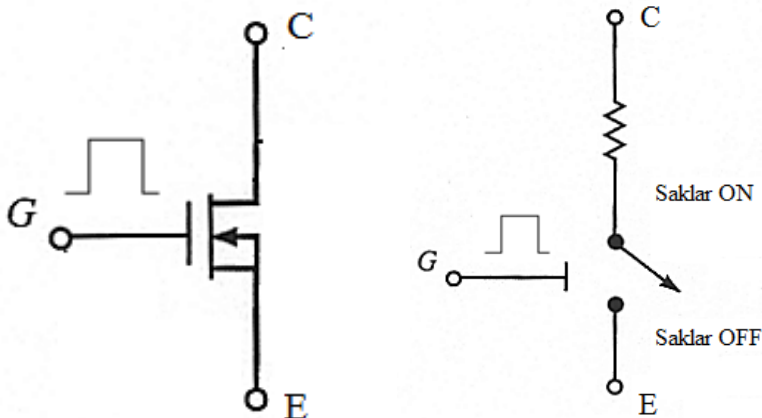


Gambar 4.2. Transistor sebagai saklar

Dengan memberikan sinyal pemicuan berupa pulsa tegangan, maka FET dapat difungsikan sebagai saklar elektronis yang dapat diatur siklus kerja (*duty cycle*) untuk melakukan pengaturan pada tegangan keluaran. Pengaturan pulsa baik arus maupun tegangan pada Transistor BJT dan FET sering dikenal dengan istilah pengaturan lebar pulsa (Pulse Width Modulation) atau PWM. Dengan mengatur lebar pulsa yaitu T_{on} dan T_{off} , maka transistor dapat diatur hidup dan matinya dengan frekuensi tertentu. Rangkaian pembangkit pulsa akan dibahas pada sub pokok bahasan berikutnya.

4.3.2. Rangkaian Pemicu IGBT

IGBT merupakan salah satu jenis transistor yang merupakan kombinasi dari BJT dan FET. Simbol IGBT dapat dilihat pada gambar 4.3 dimana terminal-terminal IGBT terdiri atas Gate, Kolektor dan Emitor. Prinsip pemicuan IGBT hampir sama dengan pemicuan pada FET yang membutuhkan tegangan agar arus mengalir dari Kolektor ke Emitor seperti pada gambar 4.3. di bawah ini.

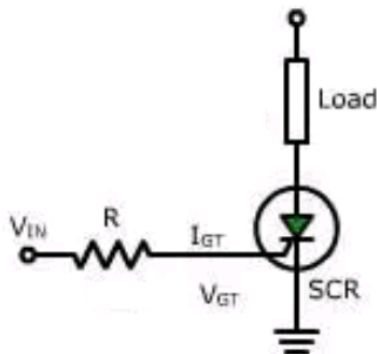


Gambar 4.3. Transistor sebagai saklar

Terminal Gate pada IGBT perlu dipicu dengan pulsa tegangan dengan lebar pulsa yang dapat diatur sehingga didapatkan pengaturan output yang diinginkan.

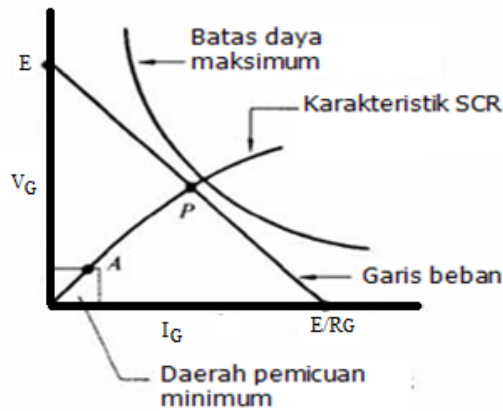
4.3.3. Rangkaian Pemicu SCR

Sebagaimana telah dijelaskan pada Bab 2 tentang komponen elektronika daya, SCR untuk dapat ON memerlukan perlakuan khusus yaitu harus dipanjar maju pada terminal Anoda dan Katoda serta diberi pemicuan berupa arus listrik pada terminal Gate. Berikut ini adalah cara sederhana untuk menghidupkan SCR seperti terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Transistor sebagai saklar

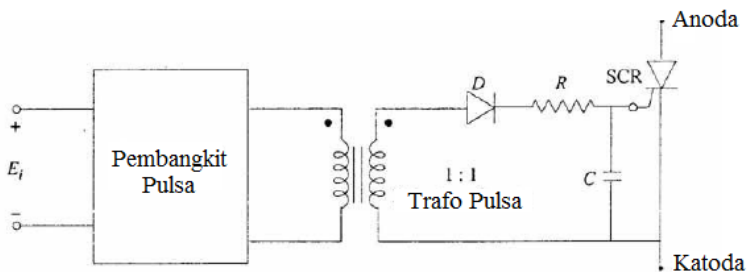
Karena jenis dan ragam SCR sangat banyak di pasaran, maka pemicuan SCR harus dilakukan sesuai dengan data sheet yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat. Secara teoritis, pemicuan pemicu harus berdasar pada kurva karakteristik hubungan antara tegangan Gate dan Arus Gate seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Transistor sebagai saklar

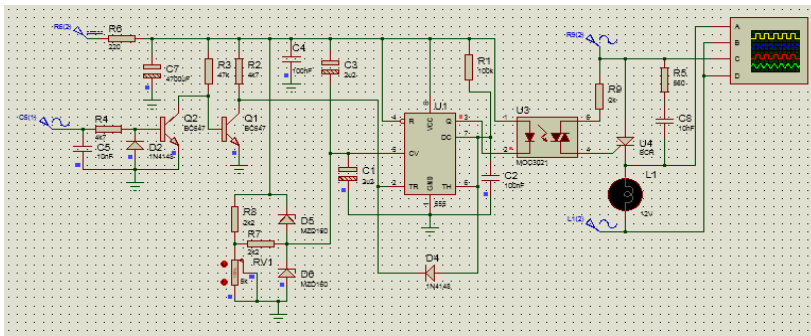
Pemicuan SCR harus memperhatikan tegangan rating, arus rating, dan daya maksimum dari SCR yang dikeluarkan oleh pabrik dan di-publish melalui *datasheet*. Dari kurva ini dapat ditentukan berapa arus pemicuan yang aman agar tidak menyebabkan komponen berjalan dengan baik dan tidak mengalami gangguan.

Pemicuan SCR dapat juga dilakukan dengan rangkaian trafo pulsa yang akan membangkitkan pulsa arus dan dihubungkan dengan terminal Gate. Berikut ini adalah gambar diagram pemicu SCR dengan Trafo Pulsa.



Gambar 4.6. Rangkaian Pemicu SCR

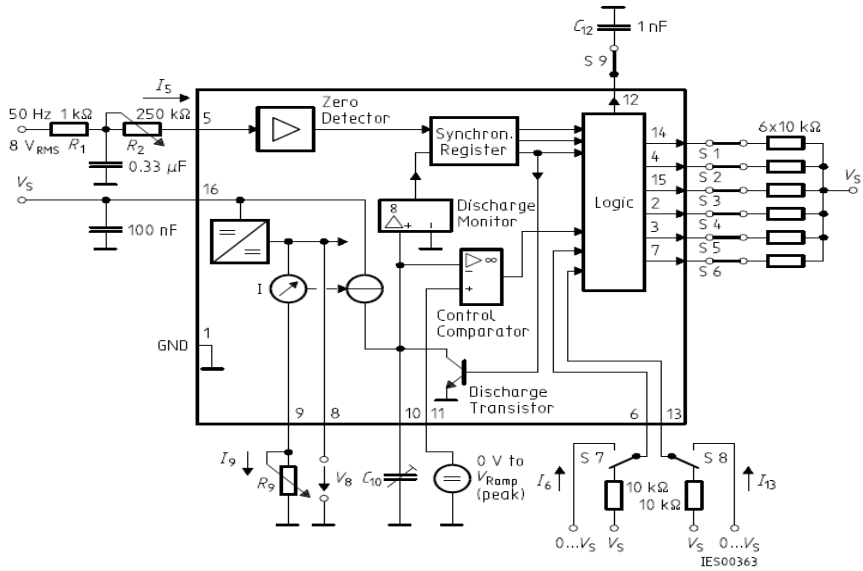
Pemicuan sinyal Gate pada SCR secara kontinu dapat dilakukan oleh rangkaian terintegrasi (*Integrated Circuit* atau IC) yang didesain khusus sebagai rangkaian pembangkit gelombang. Rangkaian terintegrasi yang bisa digunakan sebagai pembangkit gelombang yaitu IC 555. Dengan konstruksi yang sederhana dan harga yang murah menjadikan IC 555 sebagai pilihan bagi desainer peralatan elektronik. Berikut ini adalah salah satu desain yang dapat digunakan sebagai rangkaian pemicu SCR.



Gambar 4.7. Rangkaian Pemicu SCR dengan IC 555

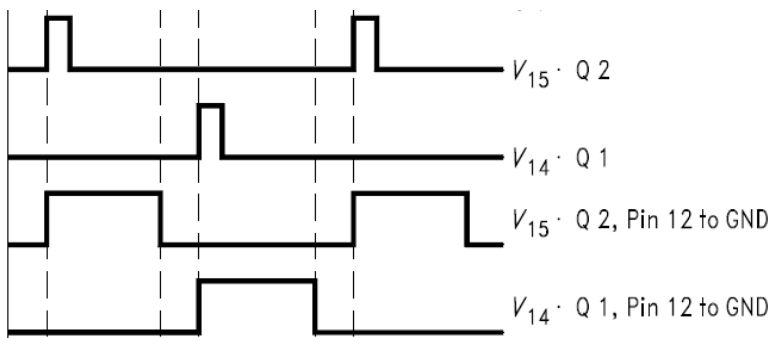
Salah satu kelemahan rangkaian pemicuan SCR dengan IC 555 adalah hanya menghasilkan satu gelombang output sebagai pemicuan SCR sehingga hanya dapat digunakan untuk memicu satu SCR seperti pada rangkaian setengah gelombang. Untuk memicu dua SCR diperlukan dua buah IC yang diatur perbedaan sudut penyulutannya, hal ini menjadi pertimbangan engineer dalam desain rangkaian pemicu.

Untuk mengatasi pemicuan dua SCR pada rangkaian penyearah terkendali gelombang penuh satu maupun tiga fasa biasanya digunakan rangkaian terintegrasi yang lebih kompleks. IC TCA 785 menjadi alternatif dalam desain rangkaian pemicuan SCR. Berikut ini adalah contoh rangkaian pemicu SCR.



Gambar 4.7. Rangkaian Pemicu SCR dengan IC TCA 785

Rangkaian di atas akan menghasilkan arus penyulutan berupa pulsa yang dapat diatur. Bentuk gelombang arus pulsa yang dihasilkan dari rangkaian di atas dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Gelombang pulsa keluaran rangkaian pemicu SCR

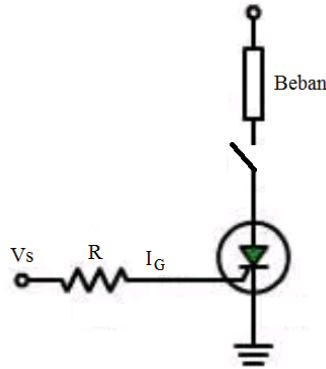
4.4 Rangkaian Komutasi

Karakteristik dari SCR yaitu apabila sudah ON, maka akan ON terus walaupun arus pemicuan sudah dihentikan sampai ada mekanisme untuk mematikan. Cara mematikan SCR dikenal dengan istilah komutasi. Untuk mematikan SCR seperti yang sudah dibahas pada bab 2, yaitu dengan memberikan panjar muncur atau dengan mematikan sumbernya yaitu menutup sumber yang mengalir ke Anoda dan Katoda.

Untuk input listrik AC, dimana polaritas selalu berubah, maka SCR secara otomatis akan ON dan OFF secara alami tanpa diperlukan mekanisme khusus untuk memamatkannya. Hal ini dinamakan dengan komutasi alami (*natural commutation*). Sedangkan untuk sumber listrik DC, dimana sumber listrik polaritasnya tetap sepanjang waktu, maka harus diperlukan rangkaian khusus untuk mematikan SCR. Rangkaian komutasi pada sumber listrik DC dikenal dengan istilah komutasi paksa atau (*forced commutation*).

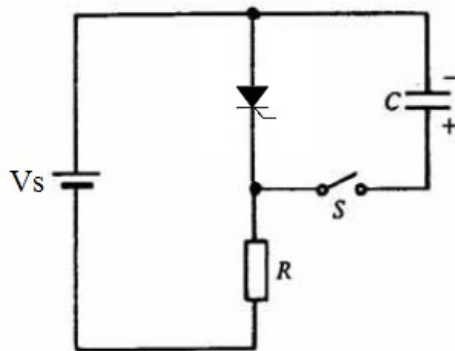
Prinsip komutasi SCR adalah dengan melepas catu daya dari anoda ke katoda atau memberikan panjar mundur. Cara paling sederhana untuk mematikan SCR adalah dengan melepas catu daya yang melewati terminal katoda dan anoda. Dengan meng-off-kan saklar pada catu daya Anoda dan katoda, maka SCR otomatis akan mati seperti terlihat pada gambar 4.9. Akan tetapi cara ini tidak efisien karena akan menimbulkan tegangan dan arus transien yang dapat merusak SCR. Untuk itu dibutuhkan rangkain komutasi SCR untuk sumber DC yang lebih baik. Ada berbagai teknis dan cara yang dapat digunakan untuk mematikan SCR secara halus. Salah satu prinsip yang digunakan adalah dengan memanfaatkan komponen kapasitor (C) yang mampu menyimpan muatan pada

saat diberikan sumber listrik dan melepaskan kembali muatan jika sumber dimatikan.



Gambar 4.8. Mekanisme komutasi SCR secara paksa

Mekanisme mematikan secara paksa dengan menggunakan sifat dasar komponen Kapasitor dapat dilihat pada gambar 4.9. Pada saat saklar pada posisi OFF dan SCR dipicu maka SCR akan ON dan kapasitor (C) akan terisi muatan. Pada saat saklar ON, maka Kapasitor (C) akan meluapkan muatannya dari Katoda menuju Anoda dan SCR mendapatkan panjar mundur sehingga akan OFF.



Gambar 4.9. Mekanisme komutasi SCR dengan Kapasitansi

Dengan prinsip yang sama dapat dikembangkan rangkaian-rangkaian komutasi SCR secara paksa dengan menggunakan kapasitor untuk memberikan panjar mundur.