

PERANCANGAN DAN ANALISA
PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR ARUS SEARAH
15 HP DENGAN $\alpha = 0^\circ - 75^\circ$
MENGUNAKAN TC 780 DAN SCR

Ir. Sumardi Sadi, MT.

mardiesadi99@gmail.com

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Tangerang

Ir. Saiful Haq

saifulhaq@yahoo.com

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Tangerang

Abstrak

Pengendalian Kecepatan Motor DC merupakan pengaturan kecepatan pada motor dc melalui komponen SCR, pengaturan ini sering digunakan dalam otomatisasi di industri, diperlukan karena beberapa mesin yang digunakan harus diatur setepat mungkin. Aplikasi pengendalian kecepatan motor pada umumnya diterapkan pada mesin-mesin yang sistem kerjanya memerlukan variasi putaran, misalnya pada otomatisasi dengan sistem konveyor, atau pada pengepakan produk, dimana beberapa konveyor bisa berjalan bersamaan dengan kecepatan yang berbeda-beda. Untuk memenuhi kebutuhan pengendalian motor DC tersebut, maka perlu suatu alat yang digunakan untuk mengatur putaran motor dc yang handal, hal ini dapat dilakukan dengan mengontrol besar arus pada daya suatu system otomatisasi tersebut. Pengendalian motor DC dalam perancangan ini menggunakan IC TC 780, Op-Amp, dan SCR. Pengaturan SCR dikendalikan oleh gate, yang mana besar arus gate tersebut didapatkan dari TC 780. Komponen TC 780 dapat berfungsi mengatur sudut penyalan SCR dengan sudut antara 0° sampai dengan 180° . Arus yang keluar dari TC 780 kemudian dikuatkan oleh Op-Amp dan selanjutnya digunakan untuk penyalan SCR melalui gate SCR tersebut. Prinsip kerja utama dari perancangan ini adalah 1). melakukan pengaturan tegangan sebagai tegangan referensi, 2). Tegangan referensi digunakan sebagai input pengontrol TC 780. 3) Output yang dihasilkan TC 780 dikuatkan melalui rangkaian buffer/Op-Amp, 4). Rangkaian output dari rangkaian buffer digunakan untuk gate SCR, 5). Dengan adanya arus yang masuk melalui gate tersebut, selanjutnya SCR mengendalikan motor DC. Perancangan ini digunakan untuk mengendalikan motor DC tiga fasa. SCR dapat digunakan untuk mengendalikan daya besar dengan energy kendali minimum. Komponen control IC TCA 780 digunakan sebagai pembangkit pulsa pemicu SCR yang dan dapat mensinkronkan kerja dari SCR lebih efisien. Pengaturan sudut penyalan SCR bertujuan supaya keluar tegangan arus serah juga dapat diatur. Berdasarkan pengujian pada Motor DC 15 HP dengan $\alpha = 0^\circ - 75^\circ$ didapatkan putaran antara 309 – 1518 RPM, dengan Daya Jangkar (E_a) antara 92,8 – 45,4 Volt serta Daya DC (P_{dc}) antara 3,5 – 13 Hp.

Kata Kunci : TC 780, Op-Amp, SCR, Pengaturan, Motor DC

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam dunia industri, terutama teknologi dibidang otomatisasi industri senantiasa berkaitan dengan peralatan-peralatan lain diantaranya mesin-mesin listrik. Mesin-mesin listrik ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dan

diperlukan sebagai penggerak atau sebagai pengedali suatu sistem otomatisasi tersebut.

Dalam prakteknya peran mesin listrik adalah pada pengaturan putarannya, baik untuk mesin DC maupun mesin AC. Pengaturan putaran mesin tersebut harus

sesuai dengan beban yang digunakan pada sistem otomatisasi tersebut. Sebuah mesin listrik senantiasa bisa dikendalikan putarannya melalui sistem pengaturan yang tepat sehingga tidak terjadi error pada output yang dihasilkan sistem.

Banyak cara dalam mengendalikan kecepatan mesin tersebut, diantaranya dengan cara pengaturan sudut dari suatu thyristor, dengan menggunakan input sebuah IC. Dan IC yang sesuai untuk pengendalian sistem diantaranya adalah IC TC 780.

Komponen IC TC 780, yaitu sebuah IC yang dapat diatur outputnya sesuai dengan yang kita inginkan sehingga dapat pula memberikan input terhadap sudut penyalan sebuah thyristor.

Pengaturan kecepatan motor dalam perancangan ini menggunakan berbasis pada semikonduktor IC TC 780 dan thyristor atau triac, dimana penyearah ini dikendali dengan sudut penyalan thyristor, dan pengendalian sudut thyristor ini menggunakan IC TC 780.

Dalam dunia industri dewasa ini banyak perusahaan-perusahaan yang memakai peralatan pengendali putaran motor, terutama pada motor arus searah. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan dibidang industri yang pesat, secara tidak langsung mempengaruhi pada perkembangan teknologi pengendalian yang memerlukan kehandalan tinggi dalam penggunaannya.

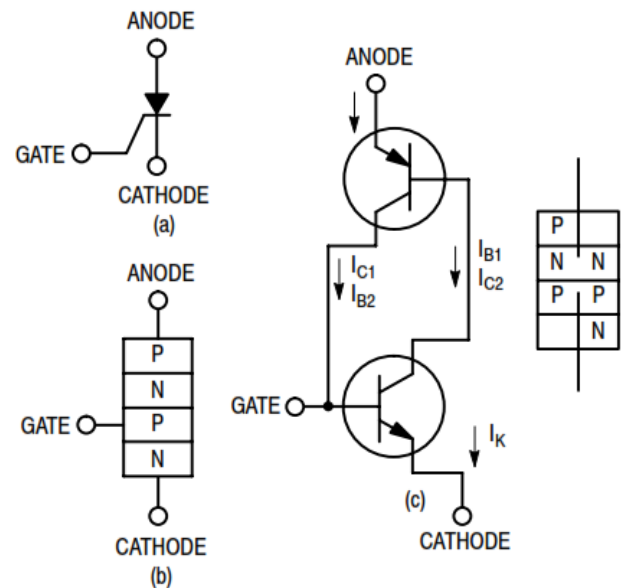
Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka pemakaian elektronika daya sebagai pengontrol aliran daya ke beban mempunyai peranan penting. Salah satu cara untuk pengendalian yang teliti tersebut adalah menggunakan semikonduktor IC TC 780. IC ini dapat digunakan untuk mengendalikan berbagai jenis semikonduktor daya dengan mengubah sedikit rangkaian bantuannya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Banyak pabrik semikonduktor yang memproduksi rangkaian terintegrasi yang ditujukan khusus dipakai dalam pengaturan daya. Rangkaian jenis ini biasanya digunakan untuk memberikan pulsa (trigger) pada SCR, Thyristor atau Triac. Walaupun ada beberapa rangkaian terintegrasi menggunakan transistor daya.

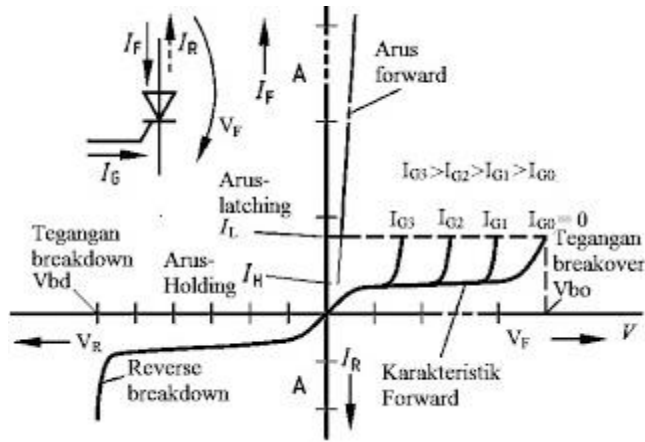
SCR (Silicon Controlled Rectifier)

SCR dapat digambarkan sebagai komponen penyearah yang mampu menyearahkan tegangan AC menjadi tegangan DC, dapat diatur melalui pemberian pulsa pada gatenya sebagai titik penyalan. Arus yang mengalir pada gate menentukan tegangan antara anoda dan katoda, dimana SCR mulai menghantarkan arus atau tidak menghantarkan arus pada setengah perioda positif sinyal masukan sinusoida gelombang AC. SCR banyak digunakan pada alat-alat pengontrol tenaga listrik. Komponen yang mempunyai prinsip kerja sama adalah sebuah Thyristor atau Triac.



Gambar 1.
Rangkaian Ekuivalen SCR
(Thyristor Engineering, 1984, hal 19)

Pada gambar 1 diatas, Apabila tegangan positif diberikan terhadap anoda dibandingkan dengan tegangan yang diberikan pada katoda sedangkan gate tetap terbuka maka transistor NPN tetap tidak bekerja (Cut off). Keadaan ini bisa terjadi, karena arus basis transistor NPN diberikan oleh kolektor PNP, berakibat tidak bekerjanya transistor PNP. Jadi tegangan positif pada anoda yang dalam komponen penyearah konvensional menyebabkan arus maju (forward) tidak dapat menyebabkan SCR bekerja. Hal yang demikian sering dinyatakan dalam keadaan (forward blocking). Demikian sebaliknya akan berlaku sebagai forward conducting.



Gambar 2

Karakteristik Hubungan Anoda, Katoda dan Gate (Rangkaian, Piranti dan Sistem, 1990, hal 315)

Keterangan gambar :

Vf (BO) : Tegangan patah maju

IFx : Arus bocor maju

IRx : Arus mundur tidak konduksi

IG : Arus Gate

V1, V2, V3, V4 : Tegangan Gate

Bila tegangan negative dinaikan, mula-mula terlihat adanya arus reverse (mundur) yang kecil, dan bila mencapai tegangan reverse breakdown dikenal dengan daerah "avalanche". Pada saat tersebut arus akan membesar dengan cepat dan menyebabkan breakdown pada junction atau temperature lebih yang menyebabkan rusaknya komponen.

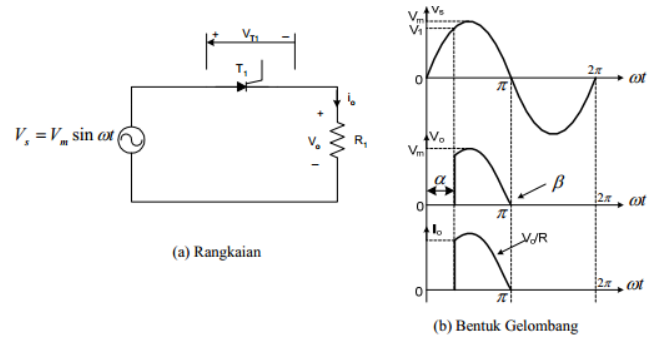
Jika tegangan positif diberikan di anoda sedangkan tegangan gate belum ada, maka akan mengalir arus forward yang sangat kecil. Dan seandainya telah mencapai tegangan forward breakdown, arus akan naik dengan cepat. Akan tetapi sebelum kenaikan arus ini tegangan antara anoda – katoda akan turun.

Arus holding adalah arus minimum yang dapat menyebabkan bekerjanya SCR. Tegangan breakdown akan lebih rendah bila arus gate diperbesar dan pada arus gate tertentu SCR akan berfungsi sebagai diode biasa.

SCR sebagai penyearah satu fasa

Penyearah satu fasa terkendali umumnya menggunakan SCR sebagai saklar dayanya. Tegangan pada penyearah terkendali dapat bervariasi

tergantung pada sudut penyalaan dari SCR. SCR dinyalakan dengan memberikan pulsa pada gerbangnya dan dimatikan melalui komutasi natural atau komutasi line. Gambar 3 menunjukkan skema penyearah satu fasa setengah gelombang terkendali.



Gambar 3

Penyearah satu fasa terkendali

Gambar 3 memperlihatkan ketika penyearah terkendali dibebani resistif. Selama setengah siklus positif tegangan masukan, anode SCR relatif positif terhadapkatode sehingga SCR terbias maju. Ketika SCR T1 dinyalakan pada $\omega t = \alpha$, SCR T1 akan tersambung dan arus akan mengalir ke beban. Ketika tegangan masukan mulai negatif pada $\omega t = \beta$, anode SCR akan negatif terhadap katodenya dan SCR T1 akan disebut terbias mundur dan arus tidak mengalir ke beban. Waktu tegangan masukan mulai positif hingga thyristor dinyalakan pada $\omega t = \pi$ disebut sudut delay atau sudut penyalaan.

Tegangan keluaran rata-rata V_{dc} dirumuskan :

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \omega t d(\omega t) = \frac{V_m}{2\pi} [-\cos \omega t]_{\alpha}^{\pi}$$

$$= \frac{V_m}{2\pi} [1 + \cos \alpha]$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} \text{ dan daya dc : } P_{dc} = V_{dc} \cdot I_{dc}$$

dan V_{dc} dapat bervariasi dari V_m/π hingga 0 dengan mengubah-ubah α antara 0 sampai π . Tegangan keluaran rata-rata akan menjadi maksimum bila $\alpha = 0$ dan tegangan keluaran maksimum V_{dm} akan menjadi :

$$V_{dm} = \frac{V_m}{\pi}$$

Normalisasi tegangan keluaran terhadap V_{dm} diperoleh tegangan keluaran ternormalisasi menjadi :

$$Vm = \frac{V_{dc}}{V_{dm}} = 0.51(1 + \cos\alpha)$$

Tegangan keluaran rms adalah sebagai berikut :

$$V_{rms} = \left[\frac{1}{2\pi} \int_a^\pi V_m^2 \sin^2 \omega t d(\omega t) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\frac{V_m^2}{4\pi} \int_a^\pi (1 - \cos 2\omega t) d(\omega t) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2} \left[\frac{1}{\pi} \left(\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Arus rms :

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R}$$

Daya AC :

$$P_{ac} = V_{rms} I_{rms}$$

dan, Faktor Daya :

$$FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}}$$

Faktor Ripel :

$$RF = \sqrt{FF^2 - 1}$$

Faktor Kegunaan Trafo :

$$TUF = \frac{P_{dc}}{V_s I_s}$$

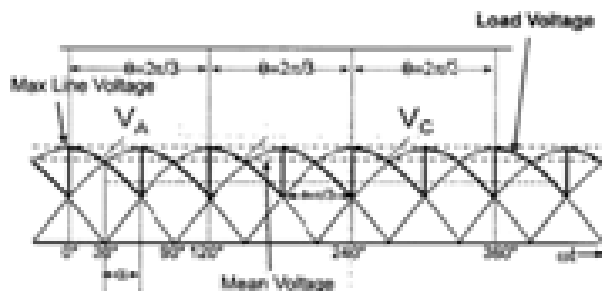
dimana :

$$V_s = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

dan

$$I_s = \frac{V_{sm}}{R}$$

SCR sebagai penyerah tiga fasa



Gambar 4

Gelombang yang dihasilkan SCR

Penyearah tiga fasa gelombang penuh terkendali dapat dioperasikan dalam dua mode, yaitu Continuous Conduction Mode (CCM) dan Discontinuous Conduction Mode (DCM)

Continuous Conduction Mode (CCM)

Sudut penyalan SCR pada CCM adalah :

$$0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ.$$

Tegangan keluaran rata-rata CCM pada beban R

$$\text{adalah : } V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_m \cos\alpha.$$

$$\text{Arus DC : } I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R}$$

$$\text{Daya DC : } P_{dc} = V_{dc} I_{dc}$$

Discontinuous Conduction Mode (DCM)

Sudut penyalan SCR adalah :

$$60^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$$

Tegangan keluaran rata-rata DCM :

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi} \left(1 + \frac{\cos\alpha}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin\alpha \right)$$

Arus DC :

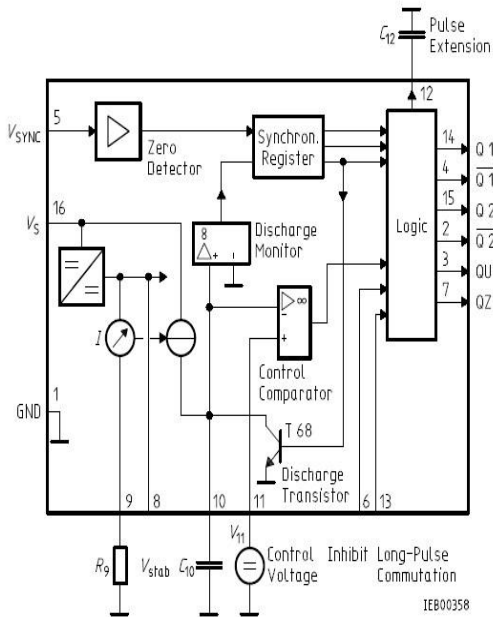
$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} \text{ dan daya dc : } P_{dc} = V_{dc} \cdot I_{dc}$$

IC TCA 780

IC type TCA 780 merupakan peralatan DIL (Dual In Line) 16 yang dibuat oleh Siemen. IC ini digunakan untuk mentrigger SCR, thyristor, Triac atau Transistor Daya yang memerlukan trigger dibawa 50 mili Amper. Pulsa pengaturan dapat digeser antara 0° sampai dengan 180°.



Gambar 5
IC TCA 780



Gambar 6
Blok Diagram TC 780

Cara kerja IC TCA 780 :

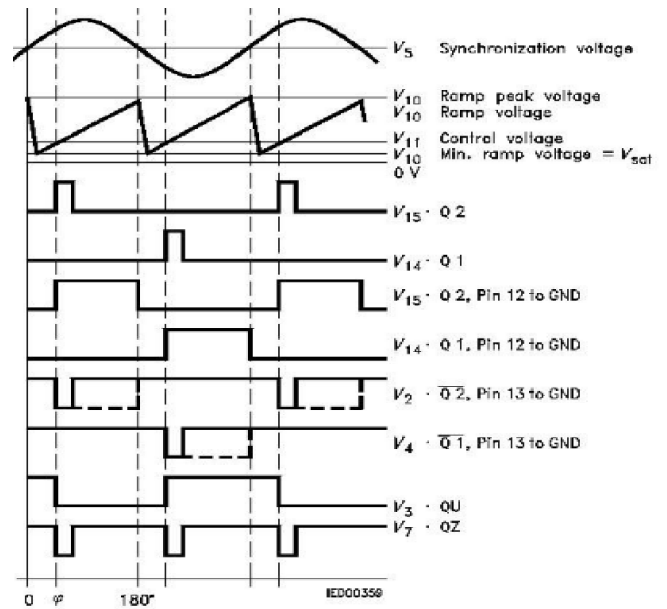
Sinyal sinkron dari tegangan jala-jala disalurkan melalui sebuah hantaran R sehingga suatu "zero crossing detector" dapat menyebabkan tegangan ramp untuk mulai bangkit, ketika gelombang AC melewati harga nolnya, dan kemudian dimasukkan kedalam memori sinkron.

Generator ramp ini menggunakan kapasitor eksternal C₁₀ yang akan dimuati oleh arus konstan dengan besarnya yang dapat ditentukan oleh harga R₉.

Ketiga tegangan ramp pada pin 10 melebihi tegangan yang di ambil dari V₁₁, suatu sinyal output dari komparator akan diumpankan ke output sistem logiknya. Pulsa output positif sekitar 30μ detik akan muncul dari pin 15 setelah tegangan sumber naik melewati titik nolnya. Pulsa positif yang sama akan muncul dari pin 14 setelah tegangan sumber turun lewat titik nolnya. Acuan output dari pin 12 akan selalu mempunyai polaritas yang berlawanan dengan pin 15, sedangkan output dari pin 4 berlawanan dengan pin 14.

Pulsa output dapat diperpanjang dengan mengubah C₁₂. Bila kapasitor mempunyai harga yang cukup besar, pulsa akan berakhir pada setiap ujung dari setengah siklus. Sedabgkan jika pin 12 dihubungkan ke ground, pulsa akan di perpanjang sampai melebihi dari tegangan siklus. Pulsa positif selama setengah

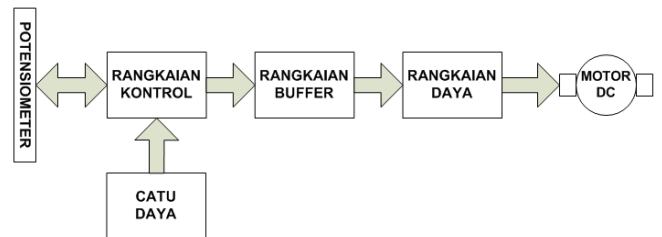
siklus akan muncul pada pin 3, jika output rangkaian logiknya ditrigger. Output pada pin 7 merupakan kombinasi pulsa dari pin 2 dan pin 4. Pulsa ini akan diblok jika input pada pin 6 kurang dari 2 Volt. Untuk menjamin supaya pulsa output tidak akan diblok, pin 6 harus dikembalikan pada tegangan 3,5 volt.



Gambar 7
Diagram Pulsa IC TCA 780

3. PERANCANGAN DAN ANALISA PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR ARUS SEARAH 15 HP DENGAN $\alpha = 0^{\circ} - 75^{\circ}$ MENGGUNAKAN TC 780 DAN SCR.

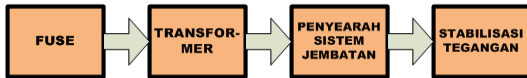
Untuk memudahkan pemahaman terhadap sistem perancangan ini, maka rancangan disajikan dalam bentuk blok diagram sebagai berikut :



Gambar 8
Blok Diagram Pengendali Motor DC

Blok Catu Daya

Dalam perancangan ini penulis merangkai catu daya sedemikian rupa sehingga hasil dari keluarannya benar-benar dapat diandalkan. Blok catu daya tersebut dapat dijabarkan lagi menjadi blok- blok sebagai berikut.



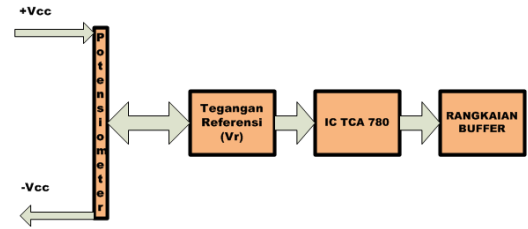
Gambar 9
Blok Diagram Catu Daya

Catu daya merupakan sumber tegangan yang menghidupkan rangkaian sehingga rangkaian dapat berfungsi. Dalam gambar 2 diatas terlihat bahwa fuse dipasang sebagai pencegah awal terhadap sesuatu yang dapat merusak sistem rangkaian. Selanjutnya sumber tegangan 3 fase yang telah melewati pengaman lebur tersebut dihubungkan ke transformator penurun tegangan 3 fase 380 Volt sampai dengan 24 Volt sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Kemudian dari sumber 24 Volt yang masih memiliki arus bolak balik tersebut diubah menjadi arus searah gelombang penuh dengan melalui sebuah penyearah sistem jembatan. Karena rangkaian yang dirancang membutuhkan kestabilan tegangan maka, digunakan penstabil tegangan berupa IC, untuk kode 78xx digunakan pada polaritas positif dan untuk kode 79xx digunakan pada polaritas negative.

Demikian selanjutnya maka rangkaian catu daya ini diharapkan dapat mensuplai rangkain berikutnya.

Blok Rangkaian Kontrol

Rangkaian kontrol ini merupakan piranti pengaturan keluaran pulsa yang nantinya digunakan sebagai pentrigger SCR. Piranti utama dalam penelitian ini adalah IC TCA 780 bagian-bagian dari rangkaian kontrol menurut blok diagram sebagai berikut.



Gambar 10
Blok Diagram Rangkaian Kontrol

Potensiometer digunakan untuk mendapatkan sudut penyalan α yang dikehendaki. Sudut penyalan dapat diatur antara 0° sampai 180° tergantung pada besarnya pengendalian tegangan referensi. Tegangan referensi di dapat dari op-amp yang berfungsi untuk membangkitkan tegangan denyut yang akan memotong tegangan ramp. Bila tegangan ramp melebihi harga tegangan referensi maka sinyal akan diteruskan dan melakukan penyalan. Untuk menjaga supaya IC TCA 780 dapat berfungsi sebagai pengontrol sesuai yang dikehendaki, penambahan rangkaian luar perlu diperhatikan ukuran-ukuran yang digunakan sebagai patokan.

salah satu kelebihan dari IC ini adalah dapat ditentukan kapan penyalan harus ditentukan, dan kapan waktu penyalan harus dilakukan, dengan tujuan agar keluaran dari IC ini dapat sesuai kebutuhan. Cara untuk mengetahui waktu penyalan (T_z) dapat diketahui dengan rumus dibawah ini :

$$T_z = \frac{U_{11} + R_9 + C_{10}}{k \cdot U_{ref}}$$

Keterangan :

C_{10} = Nilai kapasitor pada kaki 10, IC TCA 780

U_{11} = Tegangan referensi

R_9 = Hambatan pada kaki 9, IC TCA 780

K = konstanta yang nilainya = 1.25

Seperti pada rangkaian kontrol yang lain, rangkaian-rangkaian kontrol juga mempunyai spesifikasi berupa arus maksimum dan arus minimum yang diperbolehkan melewatinya. Dan begitu pula dengan tegangan ramp juga mempunyai tegangan maksimum

dan minimum yang diijinkan melewatinya. Rating arus pengisian dari IC TCA 780 dapat diketahui berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$I_{10} = \frac{U_{ref} \cdot k}{R_9}$$

Sedangkan untuk mengetahui berapa besar tegangan ramp yang diijinkan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$U_{10max} = U_s - 2V$$

$$U_{10} = \frac{U_{ref} \cdot k \cdot t}{R_9 \cdot C_{10}}$$

Catatan: $k = 1.10 \pm 20\%$

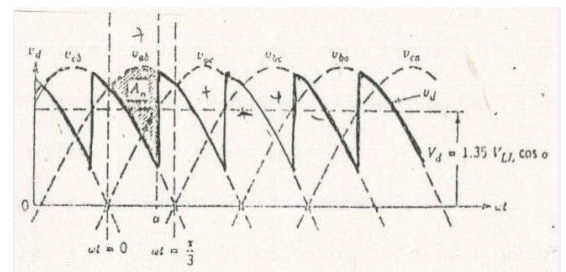
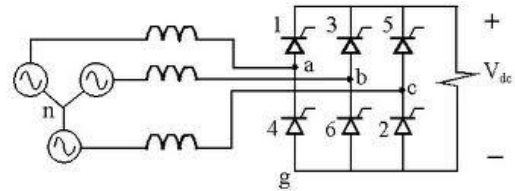
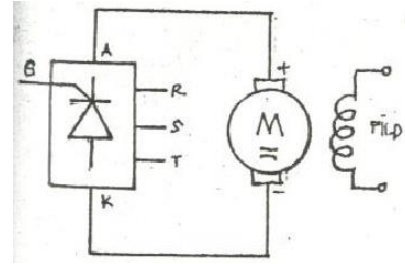
Rangkaian Buffer

Rangkaian buffer merupakan rangkaian yang berfungsi sebagai penguat rangkaian kontrol sebelum masuk ke rangkaian daya. Piranti buffer ini terdiri dari rangkaian darlington dan transformator pulsa. Rangkaian darlington diperlukan karena rangkaian ini mempunyai penguatan impedansi masukan yang besar yang dapat menghilangkan efek pembebanan. Sedangkan impedansi keluaran dari rangkaian darlington itu rendah. Jadi sesuai dengan yang dibutuhkan oleh transformator pulsa. Selain rangkaian darlington, pada rangkaian buffer juga terdapat trafo pulsa. Fungsi utama dari trafo pulsa adalah sebagai pemisah secara listrik rangkaian kontrol dan rangkaian daya.

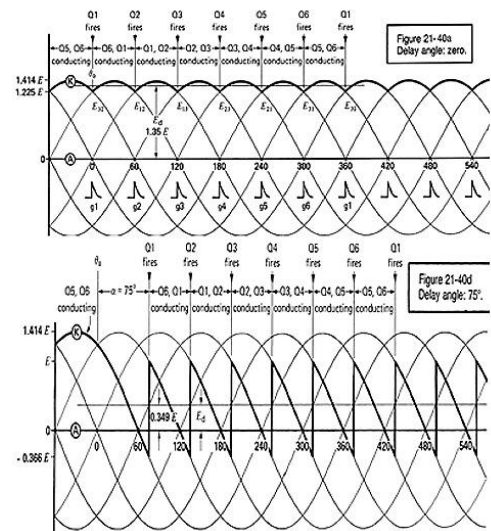
Dengan kata lain antara rangkaian daya dengan rangkaian kontrol hanya terhubung secara magnetik. Sehingga bila terjadi eror pada rangkaian daya, secara listrik rangkaian kontrol aman.

Rangkaian Daya

Rangkaian daya merupakan rangkaian yang menghubungkan catu daya dengan beban, dalam hal ini motor DC Shunt Penguat Terpisah. Pada perancangan ini rangkaian daya menggunakan 6 buah SCR seperti terlihat pada gambar 4 dibawah ini.



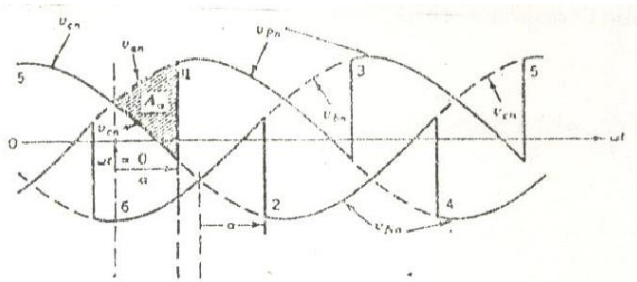
Gambar 11 Rangkaian Daya



Gambar 12 Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan Tiga Fasa

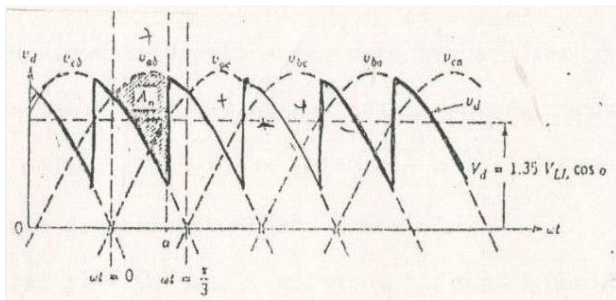
4. ANALISA PENYEARAH TIGA FASA DENGAN INDUKTANSI DIABAIKAN ($L_s=0$)

Untuk menyederhanakan pemahaman pada analisa awal L_s diabaikan.



Gambar 13

Gelombang AC yang diperlihatkan pada gambar diatas dimana SCR 5 DAN SCR 2 dianggap pertama kali terkonduksi. Pada perpotongan gelombang V_{an} dan V_{cn} yang telah ditentukan $\omega t=0$, T_1 menjadi terbias maju. Jika arus gate diberikan ke T_1 saat $\omega t=0$, maka T_1 akan menyala. Saat ini T_1 kita anggap saat konduksi pertama yang mungkin. Saat kondisi pada T_1 dapat ditunda sebesar α . Hasil terhadap gelombang V_{pn} dan V_{nn} seperti diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 14

sedangkan penjelasan lebih lanjut mengenai aliran secara terus menerus I_d selama waktu ($\omega t=0$ dan $\omega t= \alpha$), gelombang V_d seperti yang diperlihatkan pada.

Nilai rata V_d dapat dihitung sebagai berikut, bila $\alpha =0$, V_d selama interval 0 dan $\pi/3$ akan sama dengan V_{ab} . Kemudian gelombang selama interval ini akan identik dengan gelombang V_d pada jembatan diode dengan I_d yang kontinyu. Oleh karena itu nilai rata tegangan DC pada $\alpha = 0$ dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} = 1,35 \cdot E$$

Dimana : E adalah tegangan rms jala jala.

Dengan mengabaikan sudut penundaan α , jumlah V_d selama interfal 0 dan $\pi/3 = \text{integral } V_d \text{ untuk } \alpha=0$

dengan area $A\alpha$ (dalam Volt radian). Hingga gelombang V_d hilang setiap $\pi/3$ rad. $A\alpha$ megakibatkan drop pada tegangan rata-rata DC dengan $A\alpha/\pi/3$ adalah :

$$V_d^\alpha = V_d v - \frac{A\alpha}{\pi}$$

Daerah $A\alpha$ adalah intregral dari $V_{an}-V_{cn} = V_{ac}$. Dengan waktu yang dipilih seperti pada, mengatur tegangan induksi T_1 , tegangan antara phasa a dan phasa c dapat disebut dengan tegangan – tegangan komutasi dirumuskan sebagai berikut :

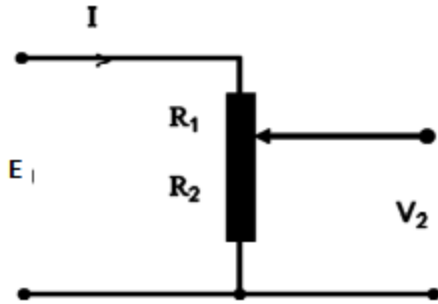
$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} = .E. \cos \alpha$$

$$V_{dc} = 1,35 \cdot E. \cos \alpha$$

Persamaan diatas menunjukkan bahwa V_{sc} tidak pada I_d dan beban , selama I_d mengalir selama kontinyu. Penggunaan SCR memungkinkan π_d dapat dikontrol secara terus menerus dengan α , dimana sudut penundaan dari 0° sampai dengan 90° menghasilkan nilai positif V_d

Cara Kerja Pengendali Motor DC

Setelah dijelaskan masing-masing blok, maka pada bagian ini menjelaskan cara kerja secara keseluruhan . Pertama-tama rangkaian daya dan catu daya dihubungkan dengan jala-jala yang tersedia , yaitu 380/50 Volt . pada saat ini potensiometer R_1 masih pada posisi minimum atau 0 sehingga trigger pulsa belum diumpankan padanya dan SCR pun belum terkoneksi. Untuk mendapatkan trigger pulsa yang diinginkan maka kita perlu memutar potensiometer (R_1).

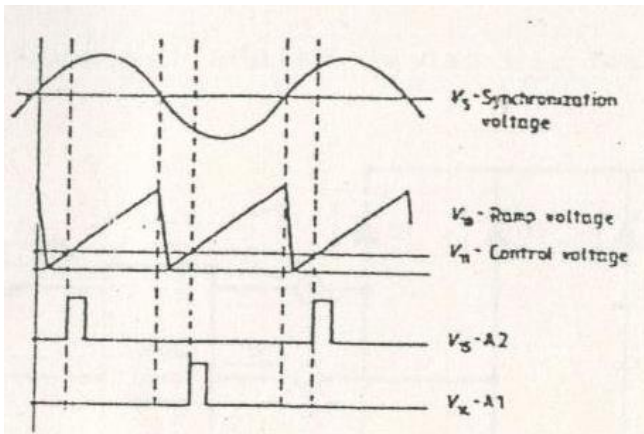


Gambar 15
Potensiometer sebagai Pembagi Tegangan

Cara memperoleh keluaran V_2 yang variable dapat dibuktikan dengan rumus sebagai berikut :

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E$$

Dari keluaran V_2 inilah yang akan diumpangkan ke Op-Amp yang kemudian keluaran dari Op-Amp ini digunakan untuk memotong tegangan ramp sehingga timbul pulsa keluaran seperti terlihat pada gambar berikut :

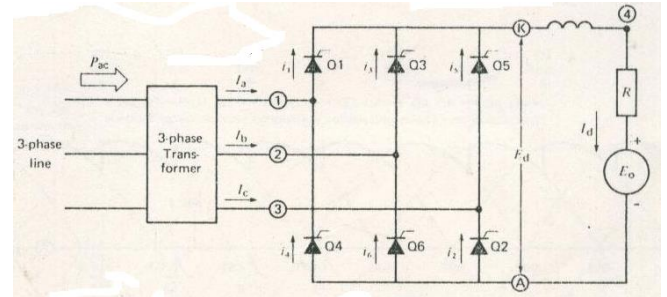


Gambar 16
Diagram Pulsa

Keluaran 1 dan keluar 2 merupakan pulsa trigger yang akan menyalakan SCR. Oleh karena transformator pulsa merupakan lilitan yang memiliki kecenderungan berdimensi tinggi maka diperlukan rangkaian penghubung yang mempunyai impedansi rendah, sehingga keluaran dari transformasi pulsa tersebut sesuai dengan yang dibutuhkan untuk penyalakan SCR.

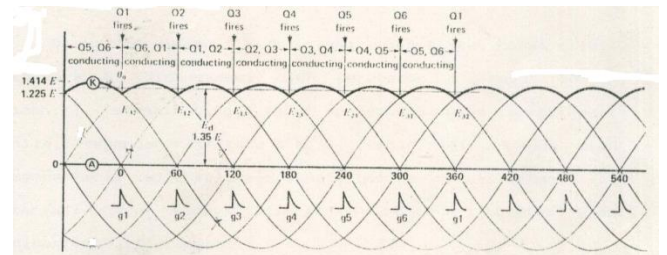
Penyearah dengan Beban Aktif

Terlihat pada gambar dibawah ini penyearah tiga pаса dengan 6 pulsa.



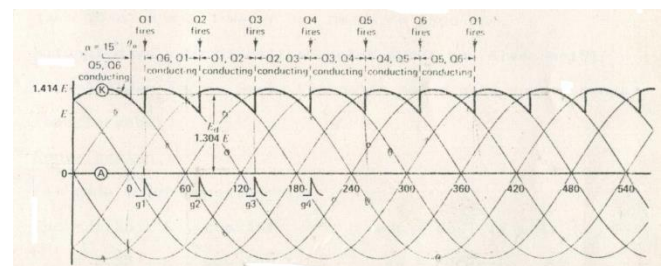
Gambar 17
Penyearah Tiga Pаса

Beban yang digunakan adalah motor dc mempunyai R_d dan inductor yang dipasang seri. Bila saat pertama yang dianggap terkonduksi adalah Q_5 dan Q_6 seperti pada gambar berikut :



Gambar 18
Bentuk Gelombang pada sudut penyalakan $\alpha=0^0$

Pada saat $\alpha=15^0$, arus I_d sebagai pengganti setelah Q_1 ditrigger oleh $\alpha = 0^0$, terus mengikuti Q_5 sampai pulsa gate q_1 mentrigger $Q1$. Perputaran terjadi dan daya pada titik K akan melompat dari line 3 ke line 1 . Hasil dari bentuk gelombang antar terminal a ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 19
Bentuk Gelombang pada sudut penyalakan $\alpha=15^0$

Dari persamaan diatas menyatakan bahwa nilai keluaran E_d dipengaruhi oleh perubahan α (sudut penyalan), semakin tinggi sudut penyalan akan memperkecil nilai rata-rata E_d dengan demikian akan memperkecil pula keluaran yang digunakan untuk beban. Ini terjadi pada titik tertentu dimana tegangan yang dihasilkan tidak negative. Untuk lebih jelasnya disini akan dijelaskan bentuk gelombang dengan $\alpha=15^\circ$, $\alpha=45^\circ$, $\alpha=75^\circ$. Hasil yang diperoleh adalah E_d akan lebih kecil.

5. PENGUJIAN PERANCANGAN DENGAN PENGATURAN SUDUT ALPHA (α)

Dalam pengujian dilakukan pada Motor DC shunt dengan spesifikasi data sebagai berikut :

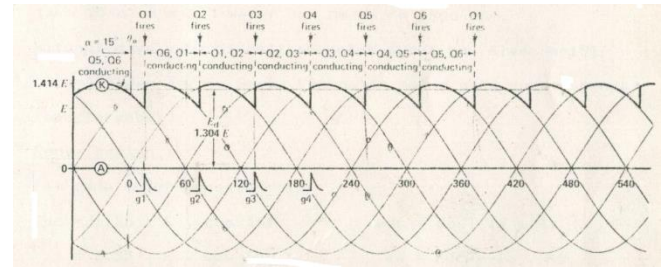
- Tegangan jala-jala 3ϕ : 380 Volt
- Frekuensi : 50 Hz
- Motor DC : 15 Hp
- Input Motor : 500 Volt DC
- Hambatan dalam (R_e) : 2 Ohm
- Arus jangkar (I_a) : 20 Amper
- Fluks (ϕ) : 20 Wb
- Nmak : 180 RPM

Pengujian digunakan dengan menggunakan tachometer, voltmeter dan Fluks meter, dan didapat data hasil pengujian seperti pada table dibawah ini.

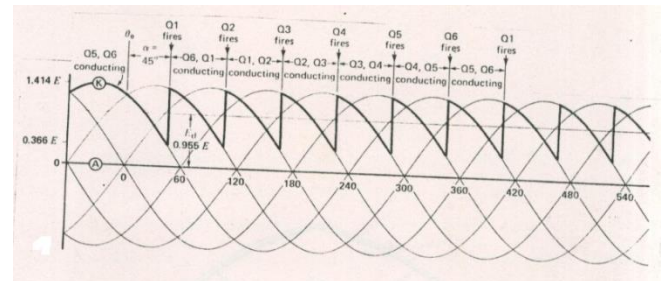
Hasil Pengujian pada penyalan $\alpha=15^\circ$, $\alpha=45^\circ$, $\alpha=75^\circ$ sebagai berikut :

Pengujian Pengaturan Putaran Motor DC Shunt 15 HP dengan sudut penyalan anta 0 - 90 derajat

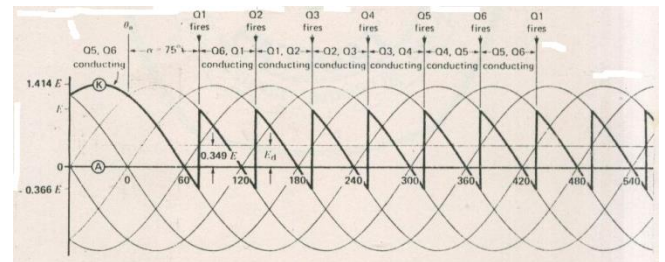
No.	Sudut Penyalan (α) (Derajat)	E_{dk} (Volt)	E_s (Volt)	P_{dk} (Hp)	N (Rpm)
1	15	495.52	455.52	13.28	1518.40
2	20	482.06	442.06	12.92	1473.54
3	25	464.94	424.94	12.46	1416.45
4	30	444.27	404.27	11.91	1347.57
5	35	420.22	380.22	11.27	1267.42
6	40	392.98	352.98	10.54	1176.60
7	45	362.75	322.75	9.73	1075.82
8	50	329.75	289.75	8.84	965.83
9	55	294.24	254.24	7.89	847.48
10	60	256.50	216.50	6.88	721.67
11	65	216.80	176.80	5.81	589.34
12	70	175.46	135.46	4.70	451.52
13	75	132.77	92.77	3.56	309.25
14	80	89.08	49.08	2.39	163.61
15	85	506.41	466.41	13.58	1554.70
	Rata-rata	337.58	297.58	9.05	30.17



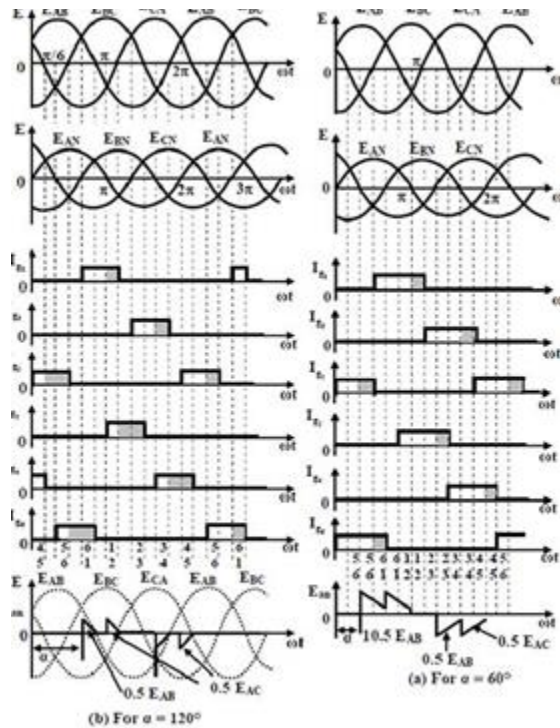
Gambar 20
Bentuk gelombang pada sudut penyalan $\alpha = 0^\circ$



Gambar 21
Bentuk gelombang pada sudut penyalan $\alpha = 45^\circ$



Gambar 22
Bentuk gelombang pada sudut penyalan $\alpha = 75^\circ$



Gambar

Bentuk Gelombang yang dihasilkan oleh SCR pada pengaturan motor DC Shunt

6. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian disimpulkan bahwa perancangan ini digunakan untuk mengendalikan motor 3 paha , Thiristor dapat digunakan untuk mengendalikan daya besar dengan energy kendali minimum

IC TCA 780 digunakan sebagai pembangkit pulsa pemicu SCR yang dapat mengatur penyalaan SCR dan dapat mensinkronkan kerja dari SCR lebih efisien. Pengaturan sudut penyalaan SCR bertujuan supaya keluar tegangan arus serah juga dapat diatur.

Berdasarkan pengujian pada Motor DC 15 HP dengan $\alpha = 0^{\circ} - 75^{\circ}$ didapatkan putaran (N) antara 309 – 1518 RPM, dengan Daya (E_a antara 92,8 – 45,4 Volt dengan P_{dc} antara 3,5 – 13 Hp).

7. DAFTAR PUSTAKA

1. Malvino, Paul Albert, PhD., Prinsip-prinsip Elektronika, Edisi 3, Erlangga, Jakarta, 1986
2. M.S. Berde, Thyristor Engineering, Edisi 3, Khana Publisher, New Delhi, 1984
3. PEDC, Electronics Device V, Bandung, 1983

4. Ramshaw, R.S., Power Electronics, The English Book Society, 1984
5. Smith, Rapph, Rangkain, Piranti dan Sistem, Erlangga, Jakarta, 1980
6. Warsito, Vademekum Elektronik, PT. Gramedia, Jakarta, 1984
7. Samir K. Data, Power Electronics & Control, Aprentice-Hall Company, 1985
8. Wildi, Theodore, Electrical Machines Drives Sistem, Edisi 2, Spenka Enterprise Ltd., 1986
9. Handbook thyristor