

TUGAS DAN EVALUASI

1. Apa yang dimaksud dengan elektronika daya?

Jawab:

Elektronika daya dapat didefinisikan sebagai penerapan elektronika solid-state untuk pengendalian dan konversi tenaga listrik. Elektronika daya berstandar terutama pada proses pensaklaran pada peralatan – peralatan semi konduktor. Dengan pengembangan teknologi semikonduktor daya, batas daya yang dapat ditangani dan kecepatan pensaklaran dari peralatan daya meningkat pesat.

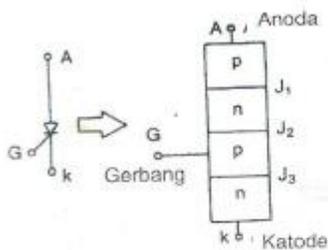
2. Tuliska macam – macam thyristor dan jelaskan dengan gambar cara kerjanya!

Jawab:

Tergantung pada konstruksi fisiknya dan perilaku turn-on dan turn-off, thyristor dapat secara umum diklasifikasikan menjadi Sembilan kategori:

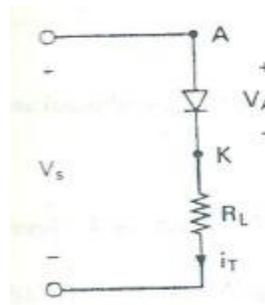
1. Phase-control thyristor (SCR)
2. Fast-switching thyristor (SCR)
3. Gate-turn-off thyristor (GTO)
4. Bidirectional triode thyristor (TRIAC)
5. Reverse-conducting thyristor (RCT)
6. Static Induction Thyristor (SITH)
7. Light-activated silicon-controlled rectifier (LASCR)
8. FET-controlled thyristor (FET-CTH)
9. MOS-controlled thyristor (MCT)

Thyristor merupakan devais seikonduktor 4 lapisan berstruktur pnpn dengan tiga pn-junction. Devais ini memiliki tiga terminal : anode, katode dan gerbang.

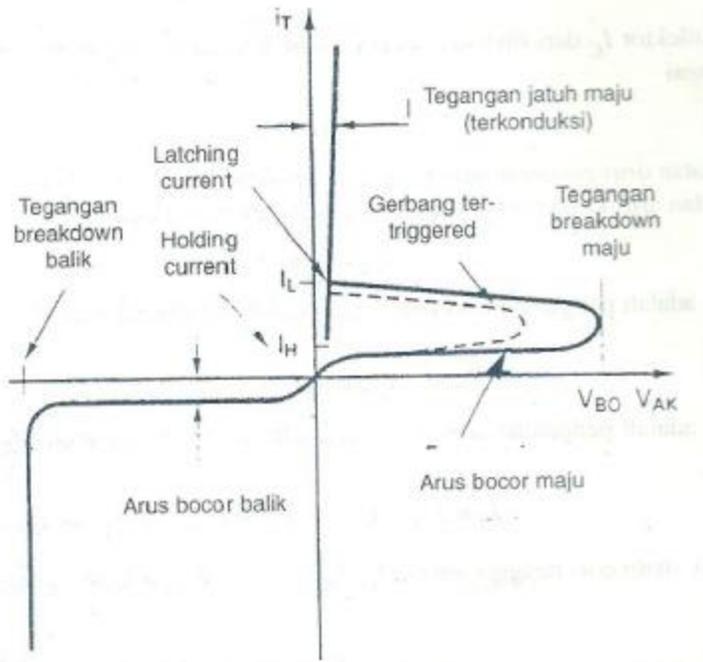


Thyristor dibuat melalui proses difusi.

Ketika tegangan anode dibuat lebih positif dibandingkan dengan tegangan katode, sambungan J_1 dan J_3 berada pada kondisi forward bias. Sambungan J_2 berada pada kondisi reverse bias, dan akan mengalir arus bocor yang kecil antara anode dan katode. Pada kondisi ini thyristor dikatakan pada kondisi *forward blocking* dan 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_{BO} . 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 ini disebut berada pada *keadaan konduksi* atau keadaan hidup. Tegangan jatuh yang terjadi dikarenakan oleh tegangan ohmic antara empat layer dan biasanya cukup kecil sekitar 1 V. Pada keadaan on, arus anode dibatasi oleh resistansi atau impedansi luar, R_L .



Arus anode harus lebih besar dari suatu nilai yang disebut *latching current* I_L , agar diperoleh cukup banyak aliran pembawa muatan bebas yang melewati sambungan – sambungan; jika tidak devais akan kembali ke kondisi *blocking* ketika tegangan anode ke katode berkurang. *Latching current* I_L adalah arus anode minimum yang diperlukan agar dapat membuat thyristor tetap hidup begitu suatu thyristor telah dihidupkan dan sinyal gerbang dihilangkan. Karakteristik v-I umum dari suatu thyristor diberikan pada gambar berikut.



Ketika berada pada kondisi on, thyristor akan bertindak seperti diode yang tidak dapat dikontrol. Devais ini akan 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 di bawah suatu tingkatan yang disebut *holding current* I_H daerah deplesi akan terbentuk di sekitar J_2 karena adanya pengurangan banyak pembawa muatan bebas dan thyristor akan berada pada keadaan blocking. Holding current terjadi pada orde milliamper dan lebih kecil dari latching current I_L , $I_H > I_L$. Holding current I_H adalah arus anode minimum untuk mempertahankan thyristor pada kondisi on.

3. Persyaratan apa yang menyebabkan thyristor mengalirkan arus (turned on)?

Jawab:

Suatu thyristor dihidupkan dengan meningkatkan arus anode. Hal ini dapat dicapai dengan salah satu langkah berikut:

1. Panas. Jika suhu thyristor cukup tinggi, akan terjadi peningkatan jumlah pasangan electron – hole, sehingga arus bocor semakin meningkat. Peningkatan ini akan menyebabkan α_1 dan α_2 meningkat. Karena aksi regenerative ($\alpha_1 + \alpha_2$) akan menuju ke nilai satuan dan thyristor mungkin akan on. Cara ini dapat menyebabkan thermal runaway dan biasanya dihindari.
2. Cahaya. Jika cahaya diizinkan mengenai sambungan thyristor, pasangan electron – hole akan meningkat; dan thyristor mungkin akan on. Cara ini dilakukan dengan membiarkan cahaya mengenai silicon wafer dari thyristor.

3. Tegangan tinggi. Jika tegangan forward anode ke katode lebih besar dari tegangan maju breakdown V_{BO} , arus bocor yang dihasilkan cukup untuk membuat thyristor on. Cara ini merusak dan harus dihindari.
4. Dv/dt . Jika kecepatan peningkatan tegangan anode – katode cukup tinggi, arus pengisian kapasitor sambungan mungkin cukup untuk membuat thyristor on. Nilai arus pengisian yang tinggi dapat merusak thyristor; dan devais harus diproteksi melawan dv/dt yang tinggi. Manufaktur pembuat thyristor akan menentukan berapa besar dv/dt yang dapat ditangani oleh suatu thyristor.
5. Arus gerbang. Jika suatu thyristor diberi tegangan bias forward, injeksi arus gerbang dengan menerapkan gerbang positif antara terminal gerbang dan katode akan dapat membuat thyristor on. Ketika arus gerbang ditingkatkan, tegangan forward blocking akan menurun.

4. Bagaimana thyristor dapat “turned off”?

Jawab:

Thyristor yang berada dalam keadaan on dapat dimatikan dengan mengurangi arus maju ke tingkat di bawah arus holding I_H . Ada beberapa variasi teknik untuk membuat thyristor off. Pada semua teknik komutasi, arus anode dipertahankan di bawah arus holding cukup lama, sehingga semua kelebihan pembawa muatan pada keempat layer dapat dikeluarkan.

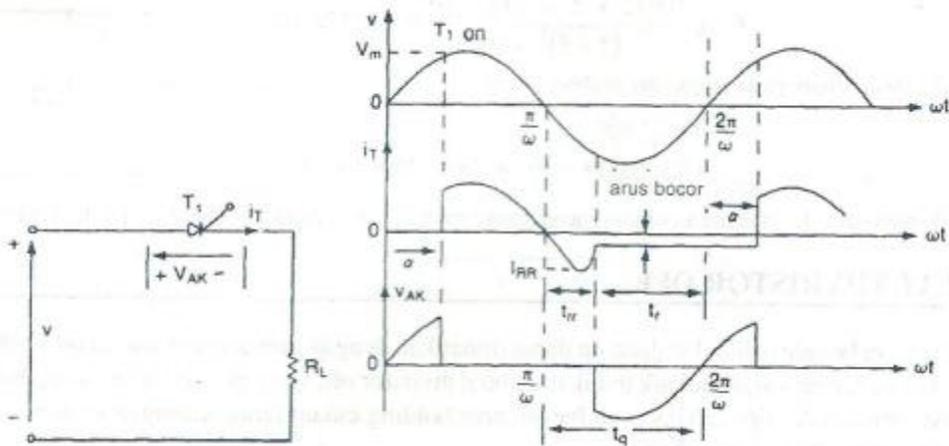
Akibat dua sambungan pn, J_1 dan J_3 , karakteristik turn – off akan mirip dengan pada diode, berkaitan dengan waktu pemulihan reverse t_{rr} dan arus pemulihan reverse puncak I_{RR} . I_{RR} dapat lebih besar daripada arus blocking baik nominal. Pada rangkaian converter line commutated yang tegangan masukannya bersifat bolak – balik, tegangan balik muncul pada thyristor seketika setelah arus maju menuju ke nol. Tegangan balik ini akan mengakselerasi proses turn – off dengan membuang semua kelebihan muatan dari sambungan pn J_1 dan J_3 .

Sambungan pn dalam J_2 akan memerlukan waktu yang dikenal sebagai *recombination time* t_{rr} untuk merekombinasikan kelebihan pembawa muatan. Tegangan balik negative akan dapat mengurangi waktu rekombinasi ini. T_{rr} bergantung pada magnitude dari tegangan balik.

5. Apa yang dimaksud dengan komutasi sendiri (line commutated)?

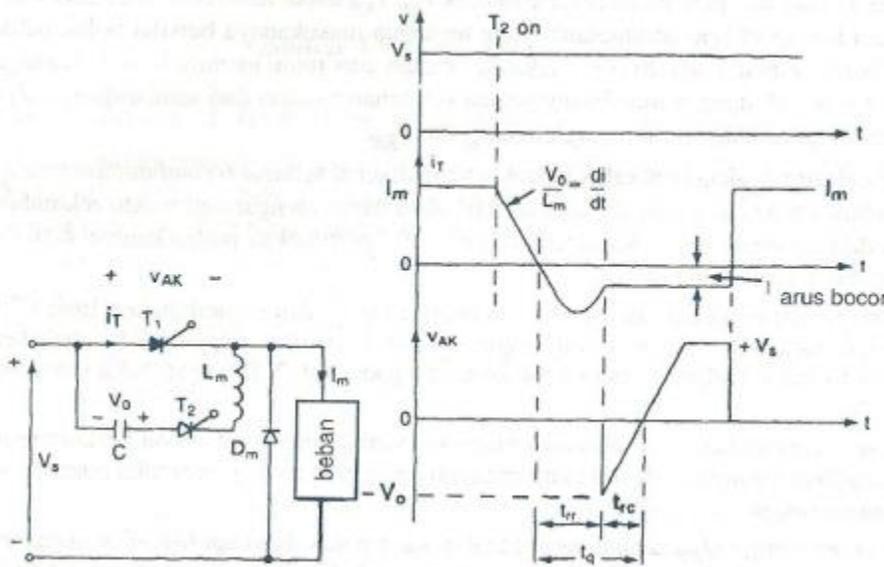
Jawab:

tegangan masukannya bersifat bolak – balik, tegangan balik muncul pada thyristor seketika setelah arus maju menuju ke nol.



6. Apa yang dimaksud dengan komutasi paksa (forced commutated)?

Jawab:



7. Apa perbedaan antara thyristor dan triac?

Jawab:

TRIAC dapat bersifat konduktif dalam dua arah dan biasanya digunakan untuk pengendalian fasa ac (contohnya: controller tegangan ac). Hal tersebut dapat dianggap sebagai dua buah SCR tersambung secara antiparalel. Karena TRIAC merupakan devais bidirectional, terminalnya tidak dapat ditentukan sebagai anode / katode. Sedangkan pada thyristor hanya satu arah.

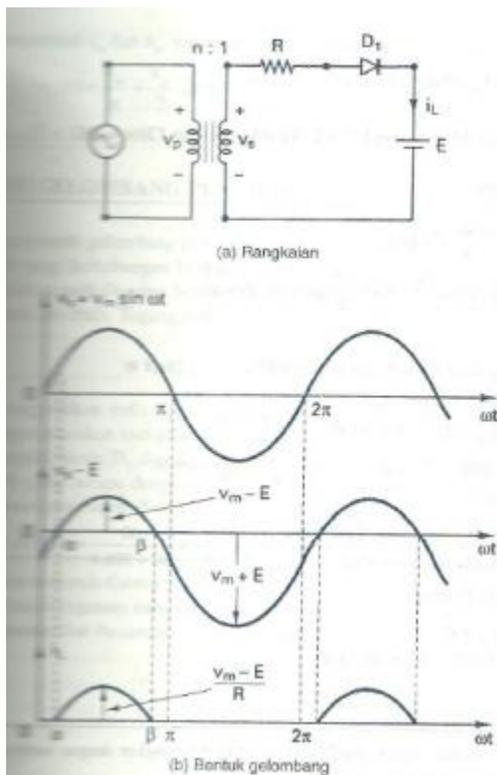
8. Apakah yang dimaksud dengan converter?

Jawab: converter adalah suatu alat untuk mengkonversikan daya listrik dari satu bentuk ke bentuk daya listrik lainnya.

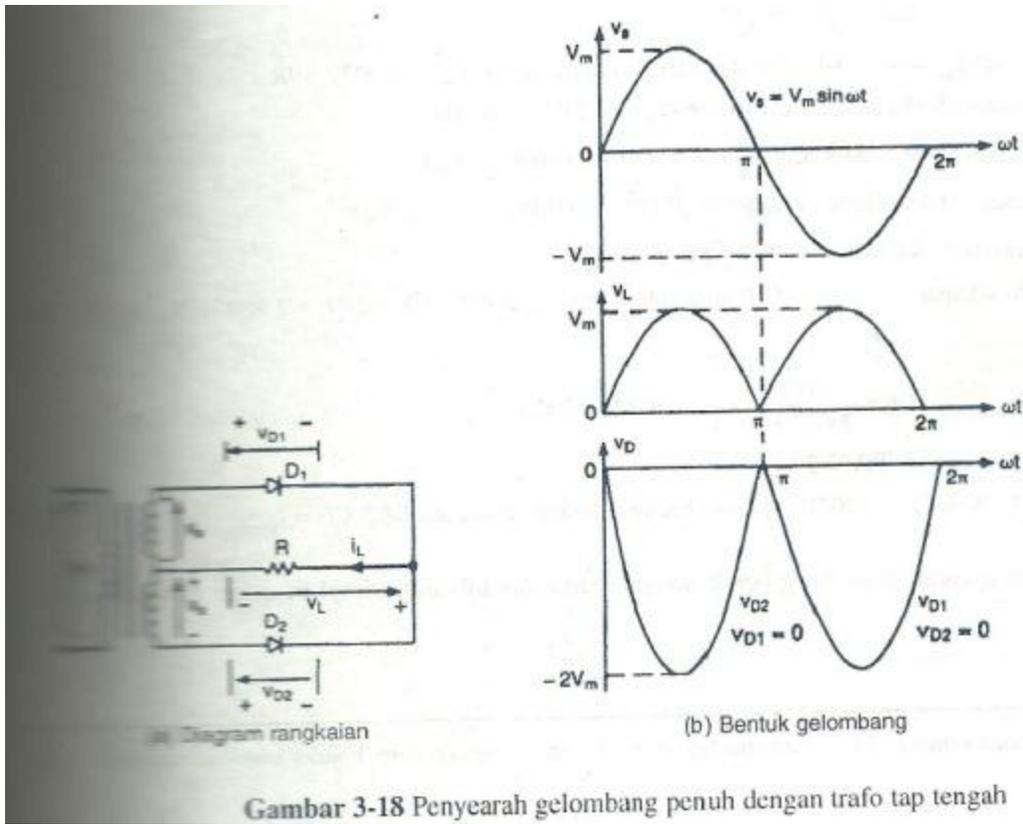
Converter terbagi menjadi 5 jenis:

1. Konverter AC – DC (Rectifier)
2. Konverter AC – AC (Cycloconverter)
3. Converter DC – DC (DC Chopper)
4. Konverter DC – AC (Inverter)
5. Penyearah: rangkaian penyearah diode mengubah tegangan ac ke tegangan dc tetap. Tegangan masukan ke penyearah dapat bersifat satu fasa ataupun tiga fasa dan diperlihatkan pada gambar berikut

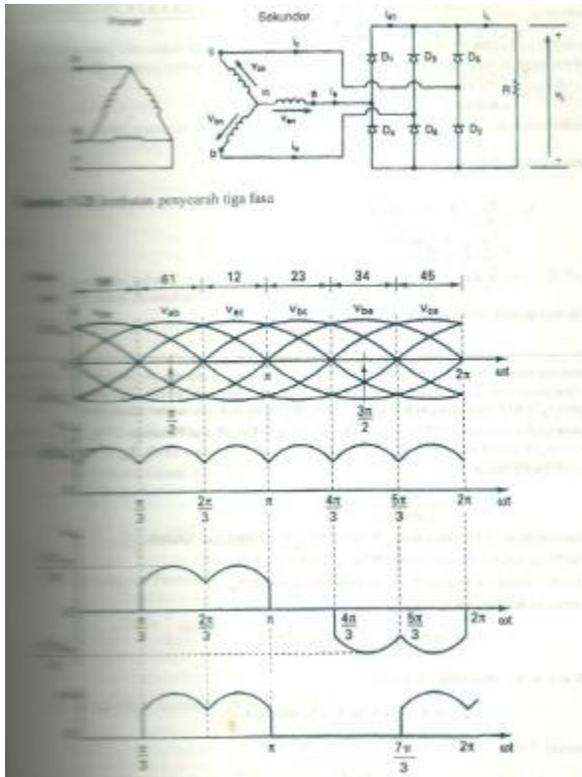
e.1 Penyearah setengah gelombang, satu fasa



e.2 Penyearah gelombang penuh, satu fasa



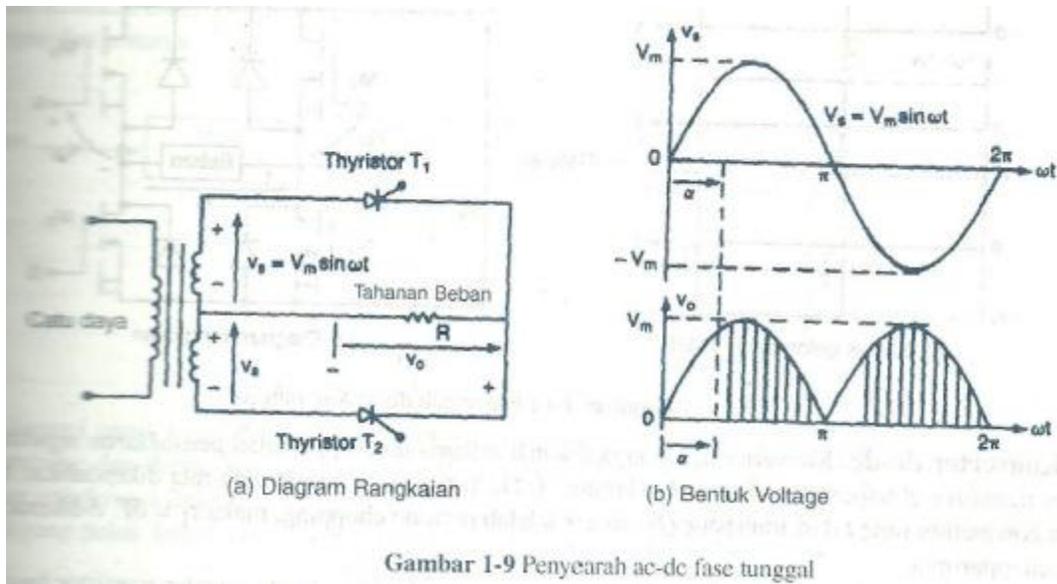
e.3 Penyearah setengah gelombang, tiga fasa



9. Bagaimana prinsip kerja dari konversi ac ke dc?

Jawab:

Suatu rangkaian converter satu fasa dengan dua natural commutated thyristor diperlihatkan dalam gambar berikut



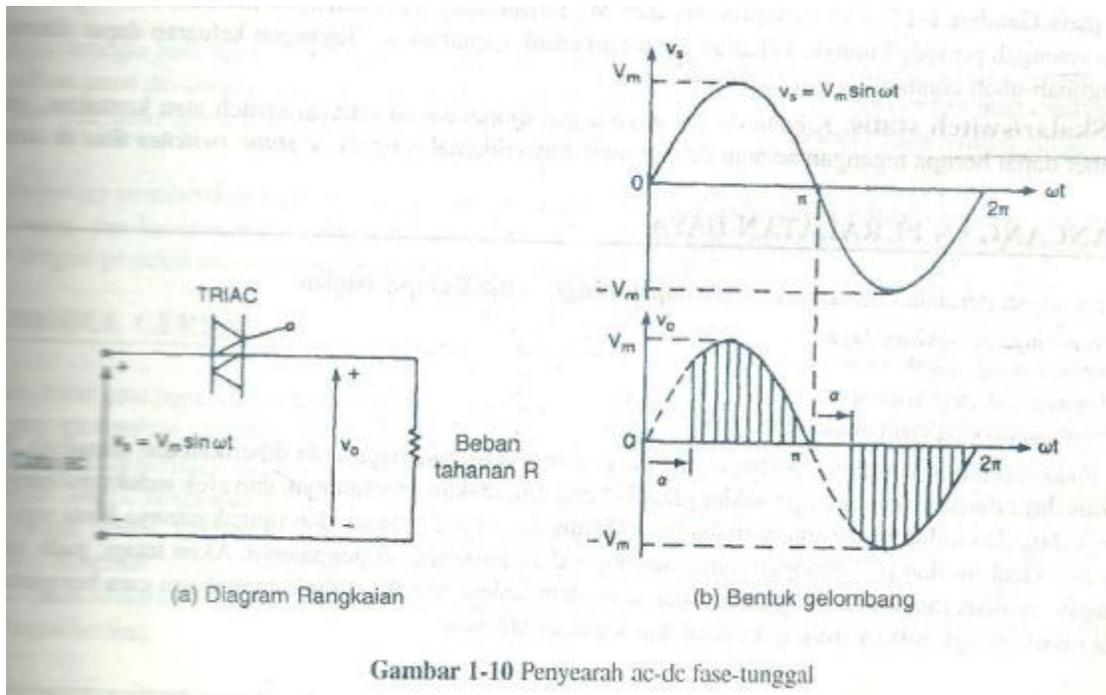
Nilai rata – rata dari tegangan output dapat dikendalikan dengan mengubah – ubah conduction time dari thyristor satu sudut firing delay, α . Inputnya dapat berupa sumber satu atau tiga fasa. Converter – converter ini juga dikenal sebagai *penyearah control*.

10. Bagaimana prinsip kerja dari konversi ac ke ac?

Jawab:

Converter ini digunakan untuk memperoleh tegangan keluaran ac variable dari sumber ac tetap dan converter satu fasa dengan suatu TRIAC pada gambar berikut.

Gambar

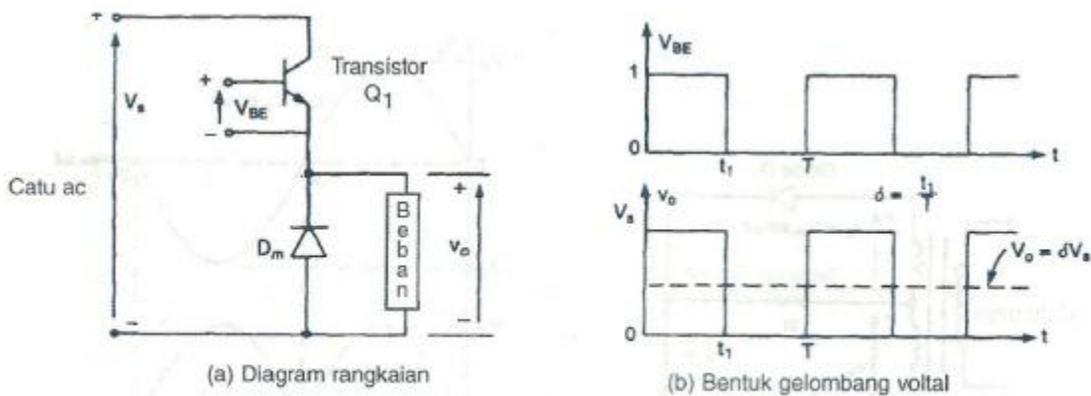


Tegangan keluaran dikendalikan dengan mengubah – ubah conduction time dari TRIAC atau sudut delay penyalan, α . Tipe converter ini dikenal juga sebagai controller tegangan ac.

11. Bagaimana prinsip kerja dari konversi dc ke dc?

Jawab:

Converter dc – dc juga dikenal sebagai dc chopper atau pensaklaran regulator dan suatu rangkaian transistor chopper diberikan pada gambar berikut.

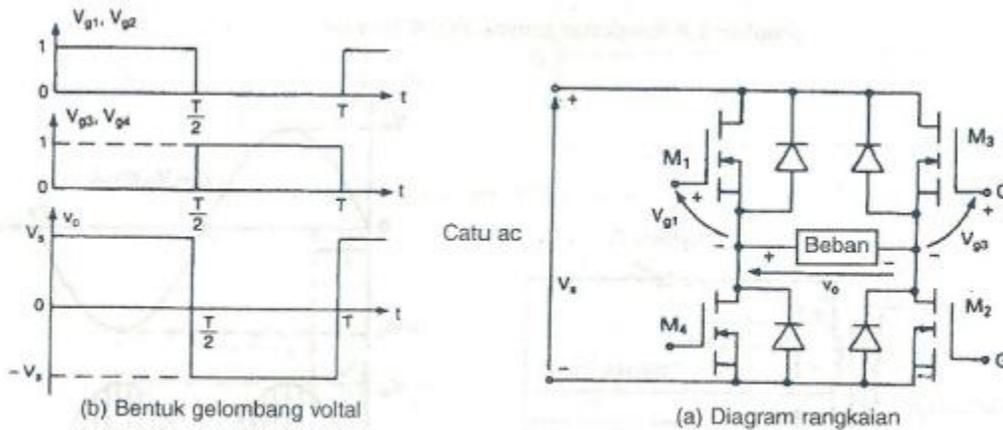


Tegangan keluaran rata – rata dikendalikan dengan mengubah – ubah conduction time t dan transistor Q_1 . Jika T adalah periode chopping, maka $t_1 = \delta T$. δ dikenal sebagai sebagai duty cycle dari chopper-nya.

12. Bagaimana prinsip kerja dari konversi dc ke ac?

Jawab:

Converter dc – ac dikenal juga sebagai inverter. Suatu inverter transistor fasa tunggal diperlihatkan pada gambar berikut.

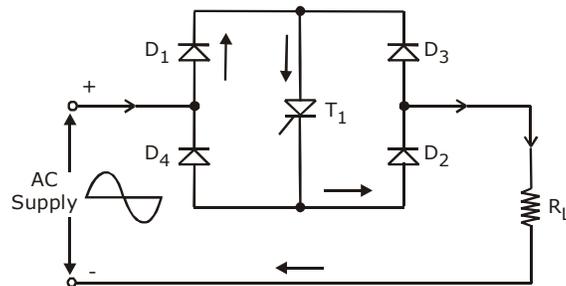


Gambar 1-12 Penyearah dc-ac fase tunggal

Jika transistor M_1 dan M_2 tersambung pada setengah periode, dan M_3 dan M_4 tersambung pada setengah periode lainnya, keluaran akan berbentuk tegangan ac. Tegangan keluaran dapat dikendalikan dengan mengubah – ubah conduction time dari transistor.

Evaluasi 1

Diberikan rangkaian pengendali tegangan ac seperti gambar berikut:



Dengan menggunakan prinsip pembahasan sebelumnya, saudara diminta untuk menjelaskan prinsip kerja rangkaian berikut ini. Pahami cara kerja rangkaian dan bandingkan bentuk sinyal keluaran pada sisi beban dengan pengendali tegangan ac 1 fasa 2 arah. Jawaban dikirimkan ke pembina mata kuliah bersamaan dengan jawaban soal pada modul ini.

1. Pengendali tegangan ac 1 fasa 2 arah mempunyai tegangan masukan efektif 120 V dan beban resistif 6 ohm. Besarnya sudut perlambatan penyalan thyristor $\pi/2$. Tentukan:
 - a. Tegangan efektif keluaran (volt).
 - b. Daya keluaran (Watt)
 - c. Faktor Kerja Masukan
 - d. Arus thyristor rata-rata dan efektif.

Penyelesaian:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} = 90^0, \quad V_s = 120 \text{ V}, \quad R = 6\Omega$$

Besarnya tegangan efektif keluaran

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

$$V_o = 120 \left[\frac{1}{\pi} \left(\pi - \frac{\pi}{2} + \frac{\sin 180}{2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_o = 84.85 \text{ Volts}$$

Arus efektif keluaran

$$I_o = \frac{V_o}{R} = \frac{84.85}{6} = 14.14 \text{ A}$$

Daya Beban

$$P_o = I_o^2 \times R$$

$$P_o = (14.14)^2 \times 6 = 1200 \text{ watts}$$

Arus masukan sama besar dengan arus beban.

$$\text{Jadi } I_s = I_o = 14.14 \text{ Amps}$$

$$\text{Daya masukan (VA)} = V_s I_s = 120 \times 14.14 = 1696.8 \text{ VA}$$

Jadi

$$\text{Faktor Kerja Masukan} = \frac{\text{Daya beban}}{\text{VA Input}} = \frac{1200}{1696.8} = 0.707 \text{ (tertinggal)}.$$

2. Pengendali tegangan ac 1 fasa 1 arah menggunakan 1 buah thyristor dan 1 buah dioda yang terpasanga secara antiparalel dan terhubung pada beban pemanas (heater) 1 kW, 230 V.
3. Tentukan daya beban untuk sudut penyalan thyristor sebesar 45^0 .

Penyelesaian:

$$\alpha = 45^0 = \frac{\pi}{4}, \quad V_s = 230 \text{ V}; \quad P_o = 1\text{KW} = 1000\text{W}$$

Pada tegangan suplai standard 230V, daya disipasi pemanas 1KW .

Jadi

$$P_o = V_o \times I_o = \frac{V_o \times V_o}{R} = \frac{V_o^2}{R}$$

Tahanan pada pemanas

$$R = \frac{V_o^2}{P_o} = \frac{(230)^2}{1000} = 52.9 \Omega$$

Tegangan rms keluaran

$$V_o = V_s \left[\frac{1}{2\pi} \left(2\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}; \text{ untuk sudut penyalan } \alpha = 45^\circ$$

$$V_o = 230 \left[\frac{1}{2\pi} \left(2\pi - \frac{\pi}{4} + \frac{\sin 90}{2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} = 224.7157 \text{ Volts}$$

Besarnya arus efektif keluaran

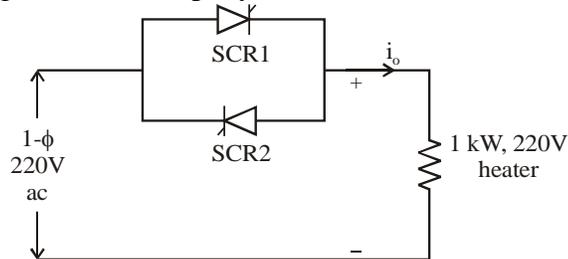
$$I_o = \frac{V_o}{R} = \frac{224.9}{52.9} = 4.2479 \text{ Amps}$$

Daya beban

$$P_o = I_o^2 \times R = (4.25)^2 \times 52.9 = 954.56 \text{ Watts}$$

Evaluasi 2

1. Tentukan besarnya arus rata-rata dan arus efektif yang mengalir melalui beban pemanas dari rangkaian pada gambar. Sudut penyalan kedua SCR adalah 45° .



2. Suatu pengendali tegangan 1 fasa digunakan untuk mengontrol aliran daya dari sebuah sumber tegangan sebesar 220 V, 50 Hz ke beban yang terdiri dari $R = 4 \Omega$ dan $\omega L = 6 \Omega$.

Hitung:

- a. Range sudut pengendalian
 - b. Arus rms beban maksimum
 - c. Faktor kerja maksimum
 - d. Arus thyristor rms maksimum.
3. Rencanakan dan Tulis 2 buah contoh soal mengenai regulator tegangan ac beserta jawabannya.