

Mekatronika

Modul 6

Penyearah Gelombang menggunakan SCR

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan mengidentifikasi penyearah gelombang menggunakan Silicon Controlled Rectifier (SCR)

Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai penerapan Silicon Rectifier Controlled (SCR) sebagai penyearah gelombang.

6.1 Pendahuluan

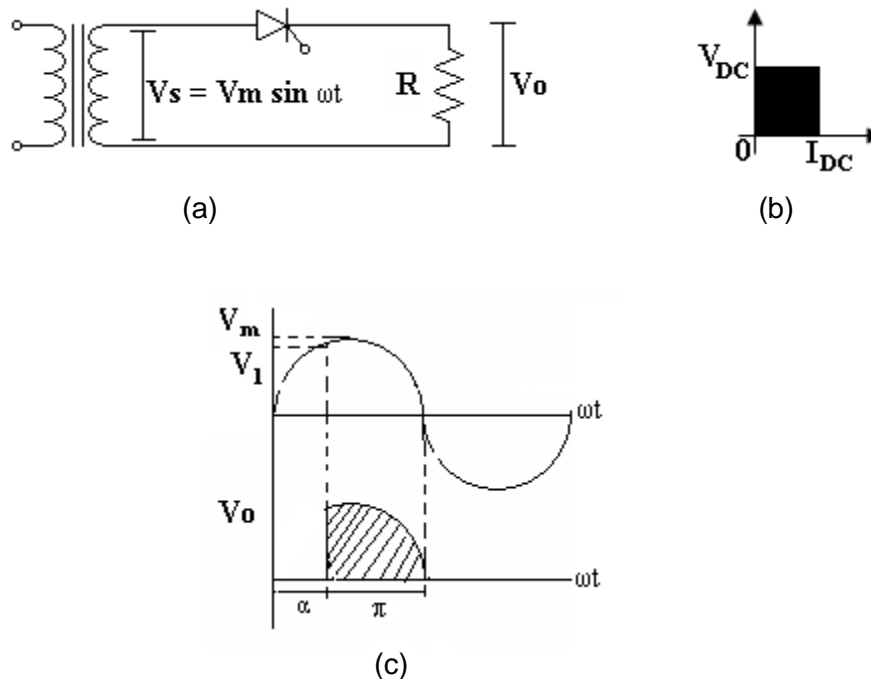
Penyearah gelombang menggunakan SCR disebut penyearah terkendali, dimana merupakan penyearah yang sederhana, lebih murah dan efisien dari penyearah secara umum. Oleh karena, penyearah-penyearah ini mengkonversi dari tegangan AC ke DC, maka penyearah ini dikenal dengan *konverter AC-DC*. Konverter dapat diklasifikasikan pada dua tipe, bergantung pada suplai masukan : (1) Konverter satu fasa dan, (2) Konverter tiga fasa. setiap tipe terbagi lagi menjadi (a) Semikonverter ; (b) Konverter penuh dan ; (c) dual konverter. *Semikonverter* merupakan konverter satu kuadran dan hanya memiliki satu polaritas tegangan dan arus keluaran. *Konverter penuh* merupakan konverter dua kuadran yang dapat memiliki tegangan keluaran baik positif maupun negatif. Akan tetapi keluaran arus dari konverter hanya dapat berharga positif.

Metode deret Fourier dapat diaplikasikan untuk menganalisis kinerja dari Konverter dengan fasa terkendali dengan beban RL. Akan tetapi untuk mempermudah analisa, beban induktif dapat diasumsikan cukup tinggi sehingga arus beban akan bersifat kontinue dan memiliki ripple yang diabaikan.

6.2 Penyearah Gelombang menggunakan SCR

Perhatikan gambar 6-1 (a) dengan beban resistif. Selama setengah siklus positif dari tegangan masukan, anoda SCR relative positif terhadap katode sehingga SCR disebut terbias maju. Ketika SCR dinyalakan pada $\omega t = \alpha$, anode SCR akan negatif terhadap katodenya dan SCR akan disebut terbias mundur, dan dimatikan. Waktu setelah tegangan masukan mulai positif hingga SCR dinyalakan pada $\omega t = \pi$ disebut sudut delay atau *sudut penyalaan* α .

Gambar 6-1 (b) memperlihatkan daerah operasi dari konverter, dengan tegangan dan arus keluaran memiliki polaritas tunggal. Gambar 6-1 (c) memperlihatkan gelombang tegangan masukan, tegangan keluaran, arus beban dan tegangan sepanjang SCR. Konverter ini tidak biasa digunakan pada aplikasi industri karena keluarannya memiliki ripple yang tinggi dan frekuensi ripple rendah. Jika f_s merupakan frekuensi dari suplai masukan, komponen frekuensi terendah pada tegangan ripple keluaran akan f_s juga.



Gambar 6-1 : Prinsip operasi konverter SCR

- Rangkaian
- Kuadran
- Bentuk gelombang

Jika V_m merupakan puncak puncak tegangan masukan, tegangan keluaran rata-rata V_{dc} dapat diperoleh dari :

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

$$\boxed{V_{dc} = \frac{V_m}{2\pi} (\cos \alpha + 1)}$$

dan V_{dc} dapat bervariasi dari $\frac{V_m}{\pi}$ hingga nol dengan mengubah-ubah α antara) hingga

π .

Tegangan keluaran rata-rata akan menjadi maksimum bila $\alpha = 0$ dan tegangan keluaran maksimum akan menjadi $V_{dc} = \frac{V_m}{\pi}$.

Tegangan keluaran rms diberikan oleh :

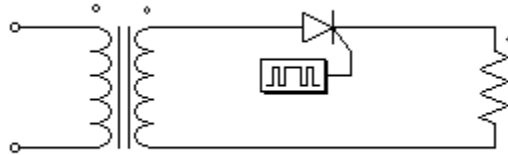
$$\begin{aligned} V_{rms} &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m^2 \sin^2 \omega t dt \\ &= \frac{1}{2\pi} V_m^2 \int_0^{\pi} \sin^2 \omega t dt \\ &= \frac{1}{2\pi} V_m^2 \int_0^{\pi} \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) dt \end{aligned}$$

6.2.1 Penyearah gelombang satu fasa

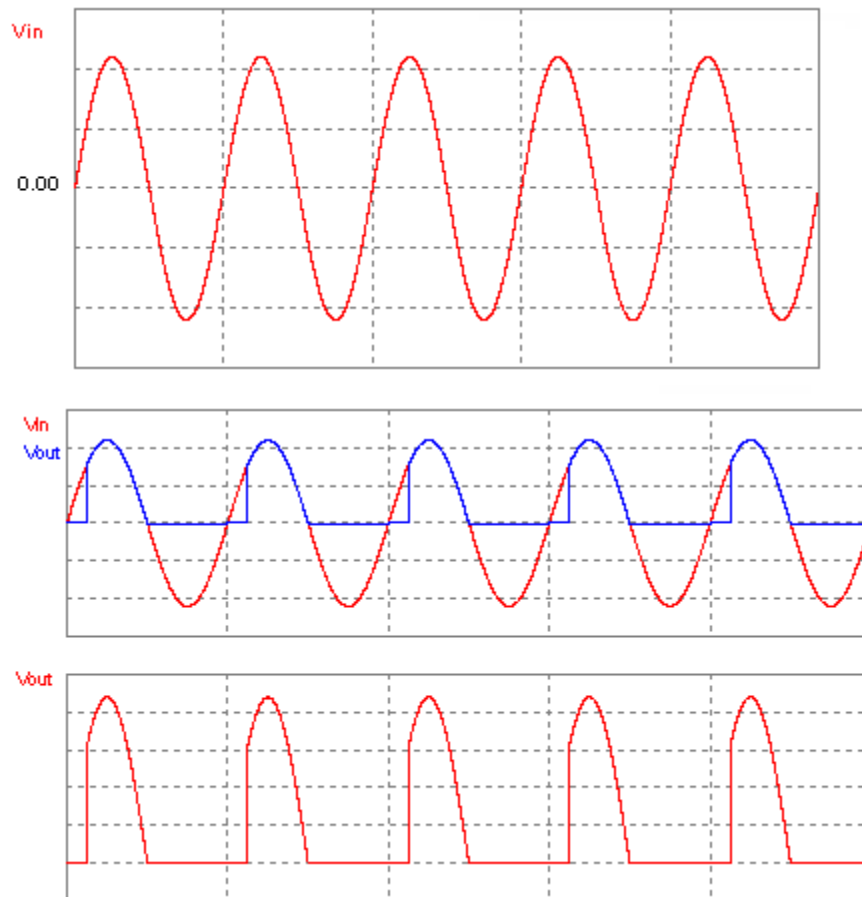
(a) Konverter (half wave)

Penyearah setengah gelombang satu fasa, ditunjukkan pada gambar berikut

:



(a)



(b)

Gambar 6-2 : Penyearah setengah gelombang satu fasa dengan SCR

(a) Rangkaian

(b) Bentuk gelombang

Tegangan rata-rata dapat diperoleh dari :

$$\begin{aligned}
 V_C &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{\beta-\alpha} V_m \sin(\omega t + \alpha) dt \\
 &= -\frac{V_m}{2\pi} [\cos \omega t]_0^{\beta-\alpha} \\
 &= -\frac{V_m}{2\pi} (\cos \alpha - \cos \beta)
 \end{aligned}$$

α = sudut penyalaan

$$\begin{aligned}
 V_{C \text{ RMS}} &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m^2 \sin^2 \omega t dt \\
 &= \frac{1}{2\pi} V_m^2 \int_0^{\pi} \sin^2 \omega t dt \\
 &= \frac{1}{2\pi} V_m^2 \int_0^{\pi} \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) dt
 \end{aligned}$$

$V_m = 2 E$, E adalah tegangan efektif.

The force factor :

$$FF = \frac{V_{CRMS}}{V_C}$$

The Average Load Current :

$$I_C = \frac{V_C}{R_L}$$

$$I_{C \text{ RMS}} = \frac{V_{CRMS}}{R_L}$$

The average load power :

$$P_C = V_C I_C$$

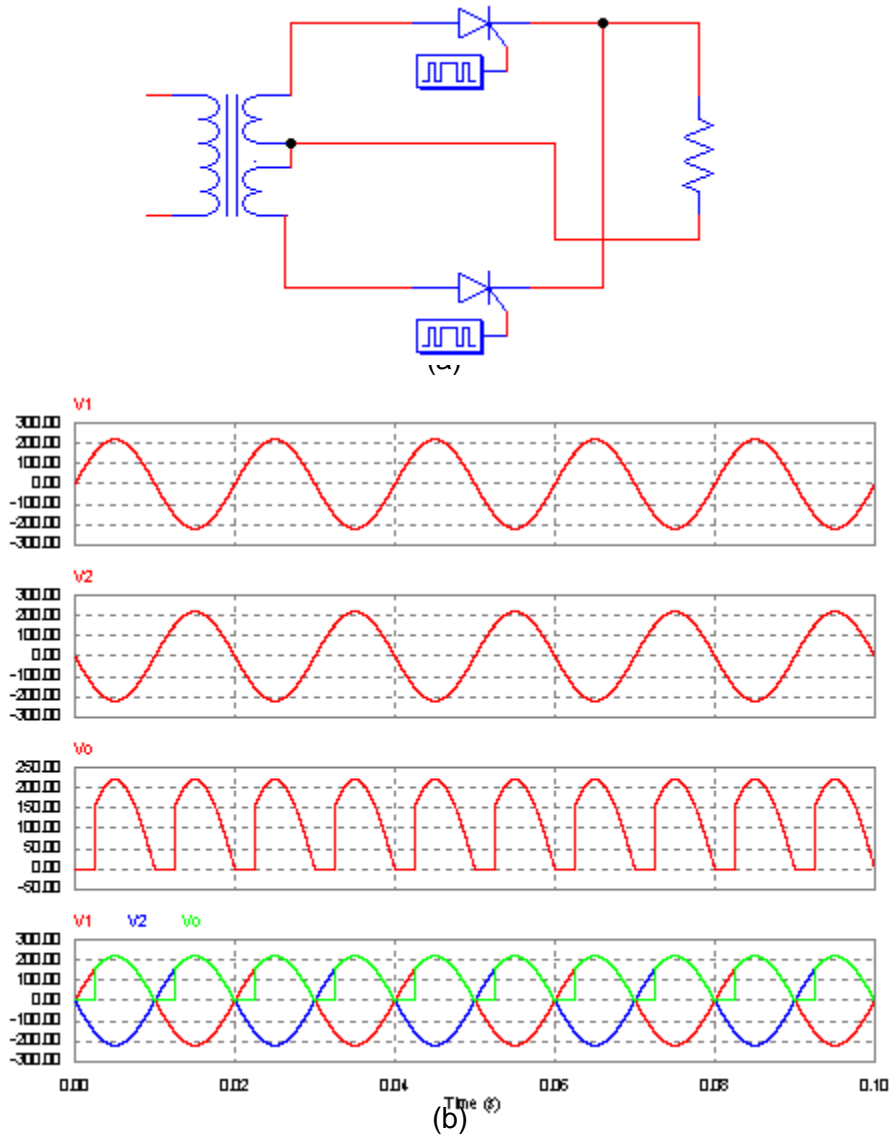
The total load power :

$$P_T = V_{C \text{ RMS}} I_{C \text{ RMS}}$$

$$\text{Arus RMS yang melalui penyearah : } I_a = \frac{I_{C \text{ RMS}}}{\sqrt{2}}$$

(b) Konverter penuh (full wave)

Penyearah gelombang penuh satu fasa, ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 6-3 : Penyearah gelombang penuh satu fasa dengan SCR

(a) Rangkaian

(b) Bentuk gelombang

Tegangan rata-rata dapat diperoleh dari :

$$\begin{aligned}V_C &= \frac{2}{2\pi} \int_0^{\beta-\alpha} V_m \sin(\omega t + \alpha) dt \\&= -\frac{V_m}{\pi} [\cos \omega t]_0^{\beta-\alpha} \\&= -\frac{V_m}{\pi} (\cos \alpha - \cos \beta) \\&= \frac{2V_m}{\pi}\end{aligned}$$

α = sudut penyalan

$$\begin{aligned}V_{C\text{ RMS}} &= \frac{2}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m^2 \sin^2 \omega t dt \\&= \frac{V_m^2}{\pi} \int_0^{\pi} \sin^2 \omega t dt \\&= \frac{1}{2\pi} V_m^2 \int_0^{\pi} \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) dt \\&= \frac{V_m}{\sqrt{2}}\end{aligned}$$

$V_m = 2 E$, E adalah tegangan efektif.

The force factor :

$$FF = \frac{V_{CRMS}}{V_C}$$

The Average Load Current :

$$I_C = \frac{V_C}{R_L}$$

$$I_{C\text{ RMS}} = \frac{V_{CRMS}}{R_L}$$

The average load power :

$$P_C = V_C I_C$$

The total load power :

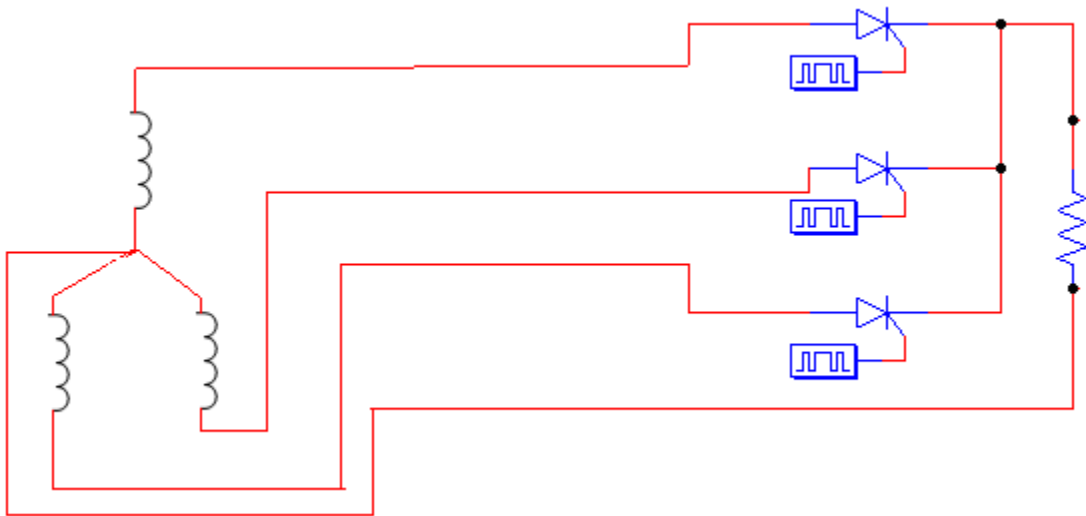
$$P_T = V_{C\text{ RMS}} I_{C\text{ RMS}}$$

Arus RMS yang melalui penyearah : $I_a = \frac{I_cRMS}{\sqrt{2}}$

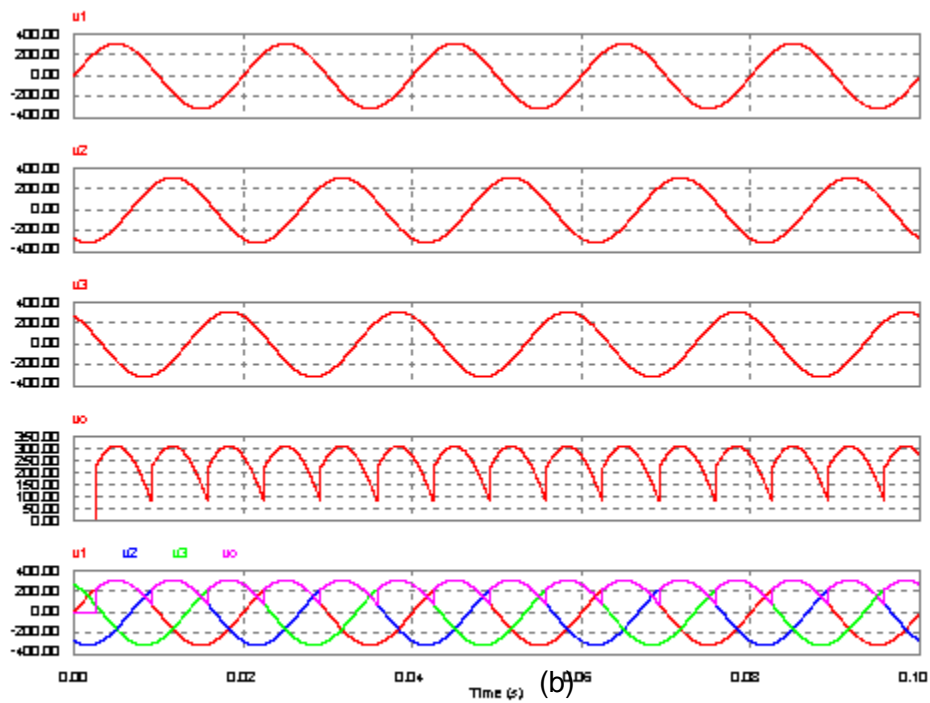
6.2.1 Penyearah gelombang tiga fasa

(c) Konverter (half wave)

Penyearah setengah gelombang tiga fasa, ditunjukkan pada gambar berikut :



(a)



Gambar 6-4 : Penyearah setengah gelombang tiga fasa dengan SCR

- (c) Rangkaian
- (d) Bentuk gelombang

Tegangan rata-rata dapat diperoleh dari :

$$V_c = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{5\pi/6-\alpha} V_m \sin(\omega t + \alpha) dt$$

$$= \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} \cos \alpha$$

α = sudut penyalaan

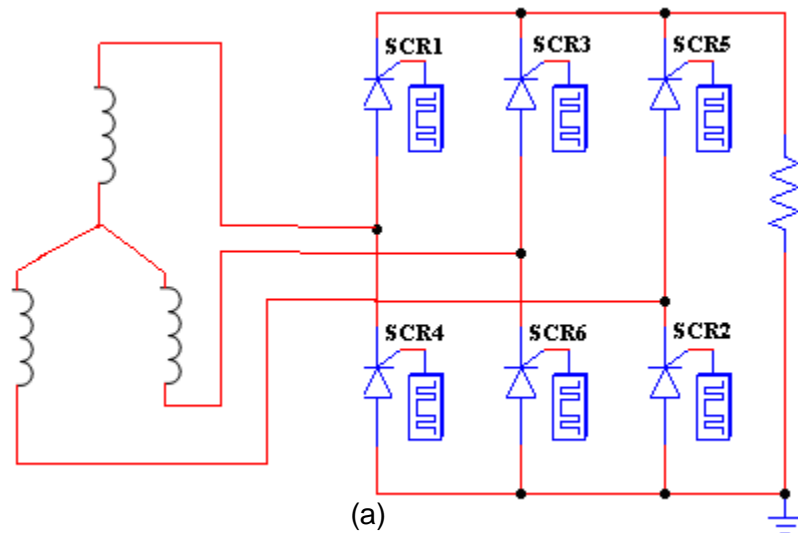
$$V_{C \text{ RMS}} = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{5\pi/6-\alpha} V_m^2 \sin^2 \omega t dt$$

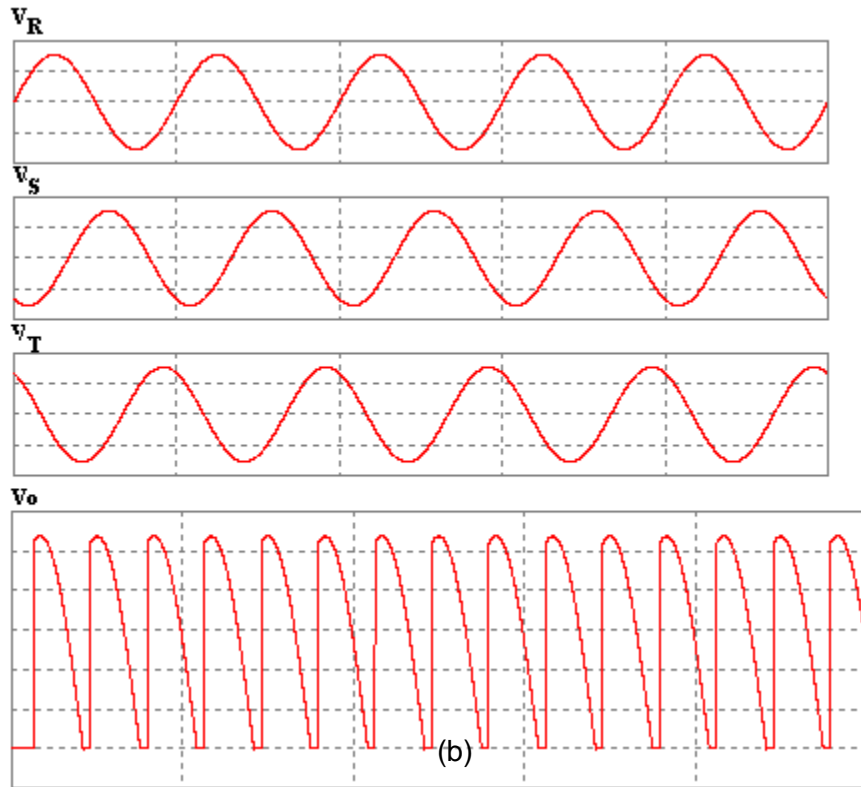
$$= \sqrt{3}V_m \left[\frac{1}{6} + \frac{\sqrt{3}}{8\pi} \cos 2\alpha \right]$$

$V_m = 2 E$, E adalah tegangan efektif.

- (d) Konverter penuh (full wave)

Penyearah gelombang penuh tiga fasa, ditunjukkan pada gambar berikut :





Gambar 6-5 : Penyearah gelombang penuh satu fasa dengan SCR

(c) Rangkaian

(d) Bentuk gelombang

Tegangan rata-rata dapat diperoleh dari :

$$V_c = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{\pi/2-\alpha} V_m \sin(\omega t + \alpha) dt$$

$$= \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} \cos \alpha$$

α = sudut penyalan

$$V_{C \text{ RMS}}^2 = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{\pi/2+\alpha} V_m^2 \sin^2 \omega t dt$$

$$= \sqrt{3}V_m \left[\frac{1}{2} + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \cos 2\alpha \right]$$

$V_m = 2 E$, E adalah tegangan efektif.

6.3 Latihan soal

1. Diketahui penyearah setengah gelombang tiga fasa, dengan sudut penyalan 45°
 - a. Buatlah rangkaiannya !
 - b. Hitunglah $V_{rata-rata}$ dan V_{RMS} nya

2. Buktikan persamaan tegangan rata-rata dan tegangan RMS pada penyearah gelombang satu fasa !