Exercice 1:

Les interrupteurs sont constitués de thyristors supposés idéaux (circuit ouvert à l'état bloqué et court-circuit à l'état passant). Le réseau a pour pulsation ω.

On donne (Figure **1**) le schéma d'un gradateur monophasé débitant sur une charge résistive pure. Les thyristors sont amorcés avec un retard angulaire $a_0 = \omega\, t_0 = \frac{\pi}{2}$ par rapport aux passages à 0 de la tension v (t). On donne V = 220 V et R = 10 Ω.

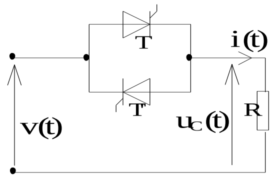
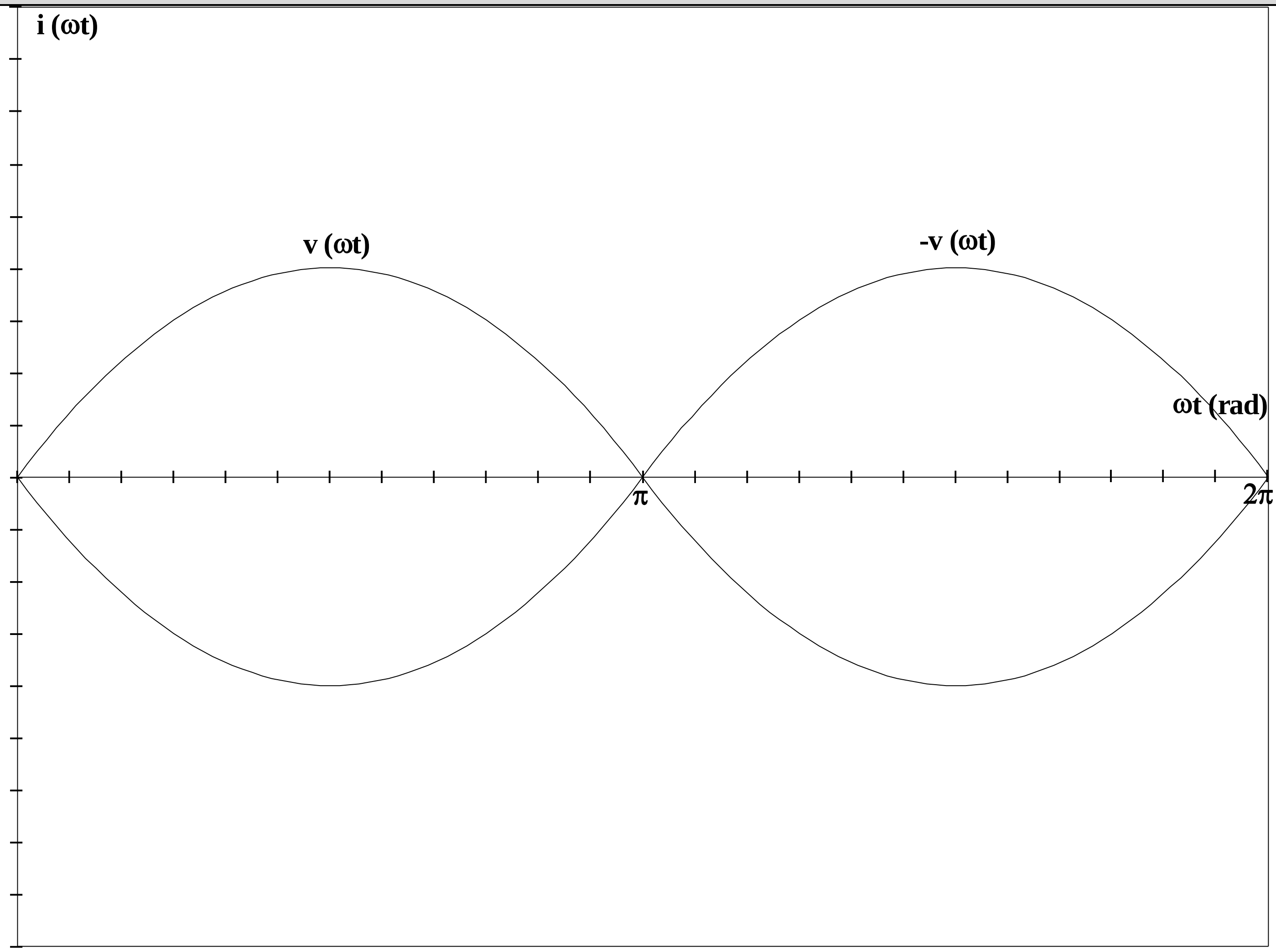


Figure 1

1-1) Donner sur le document réponse n° **1**, en les justifiant, les intervalles de conduction des deux thyristors et le chronogramme de l'intensité i (t) du courant dans la résistance R.

DOCUMENT REPONSE N° 1



.

Exercice 2:

Soit le montage de la figure 2 :

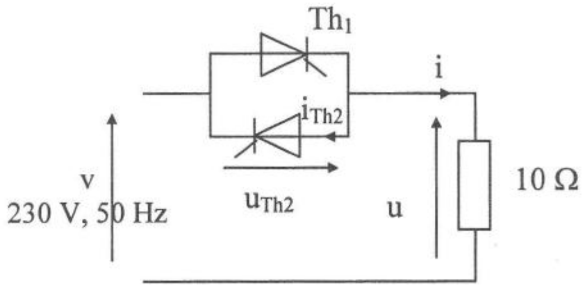


Figure 2 : Gradateur monophasé sur charge résistive

v est une tension sinusoïdale.

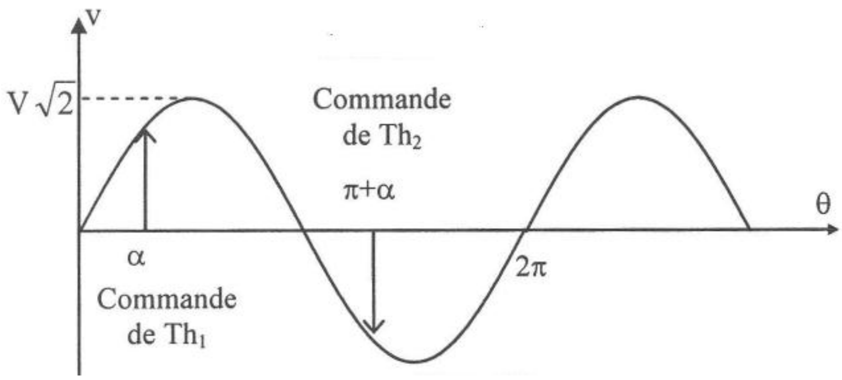


Figure 3 :Commande des thyristors.

Si : α = 45 °

a) Représenter i(t), i_{Th2}(t) en concordance avec v.

b) Calculer la valeur efficace de u.

Exercice 3:

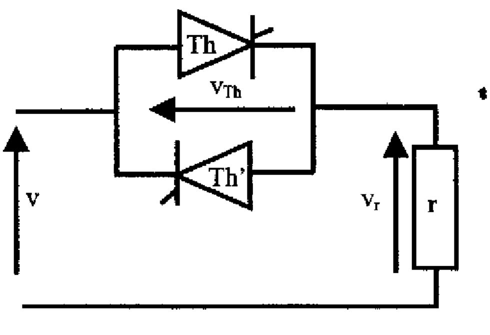


Figure 4

Sur la figure 4, est représenté un gradateur monophasé, alimentant une résistance r. Les thyristors Th et Th' sont commandés avec un retard à l'amorçage ψ par rapport aux passages à 0 de la tension sinusoïdale d'alimentation v de pulsation ω_S. On note $v = V\sqrt{2}\sin\theta$, avec $\theta = \omega_S t$.

C.1.1. Donner, sur le document réponse n°2, figure 8, l'allure des tensions v_r et v_{Th}, si ψ = 120 °. Préciser les instants de conduction des thyristors Th et Th'.

C.1.2. Ecrire l'expression de l'intégrale permettant d'obtenir la valeur efficace V_r de la tension v_r aux bornes de la résistance r. Le calcul complet n'est pas demandé.

C.1.3. Préciser les valeurs prises par V_r pour ψ = 180° et ψ = 0°?

DOCUMENT REPONSE N°2

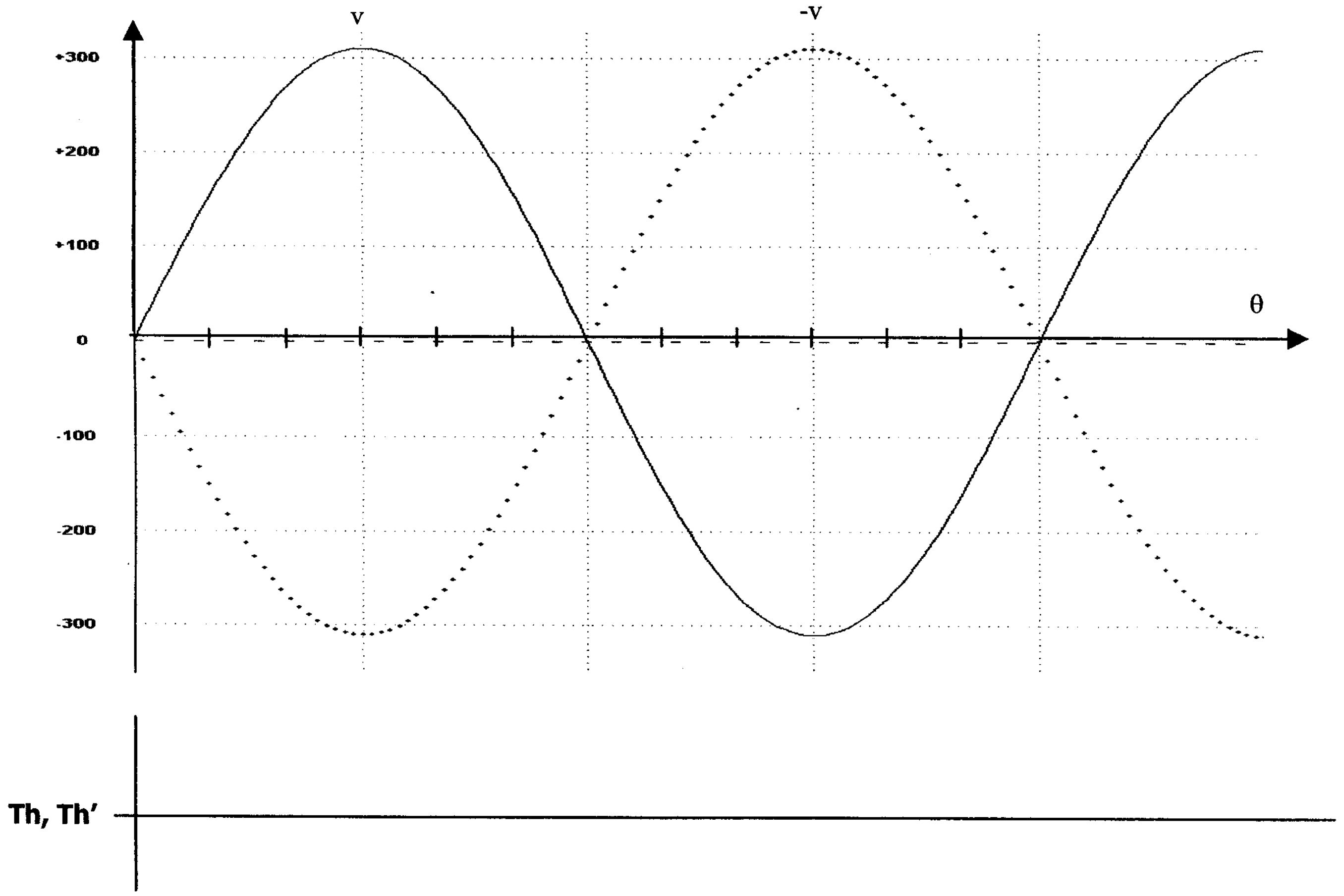


Figure 8

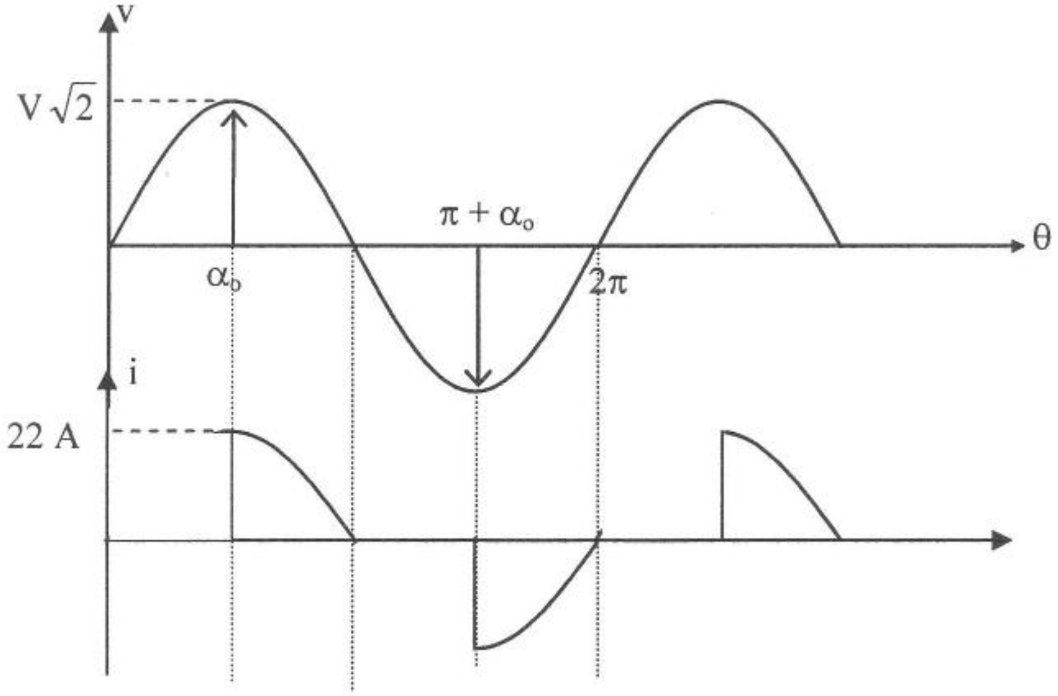
Solution 1:

1. Gradateur monophasé.

a) T devient passant lorsque la tension directe à ses bornes est positive (soit $v(t) > 0$) et qu'il reçoit des impulsions de courant sur la gâchette, c'est-à-dire

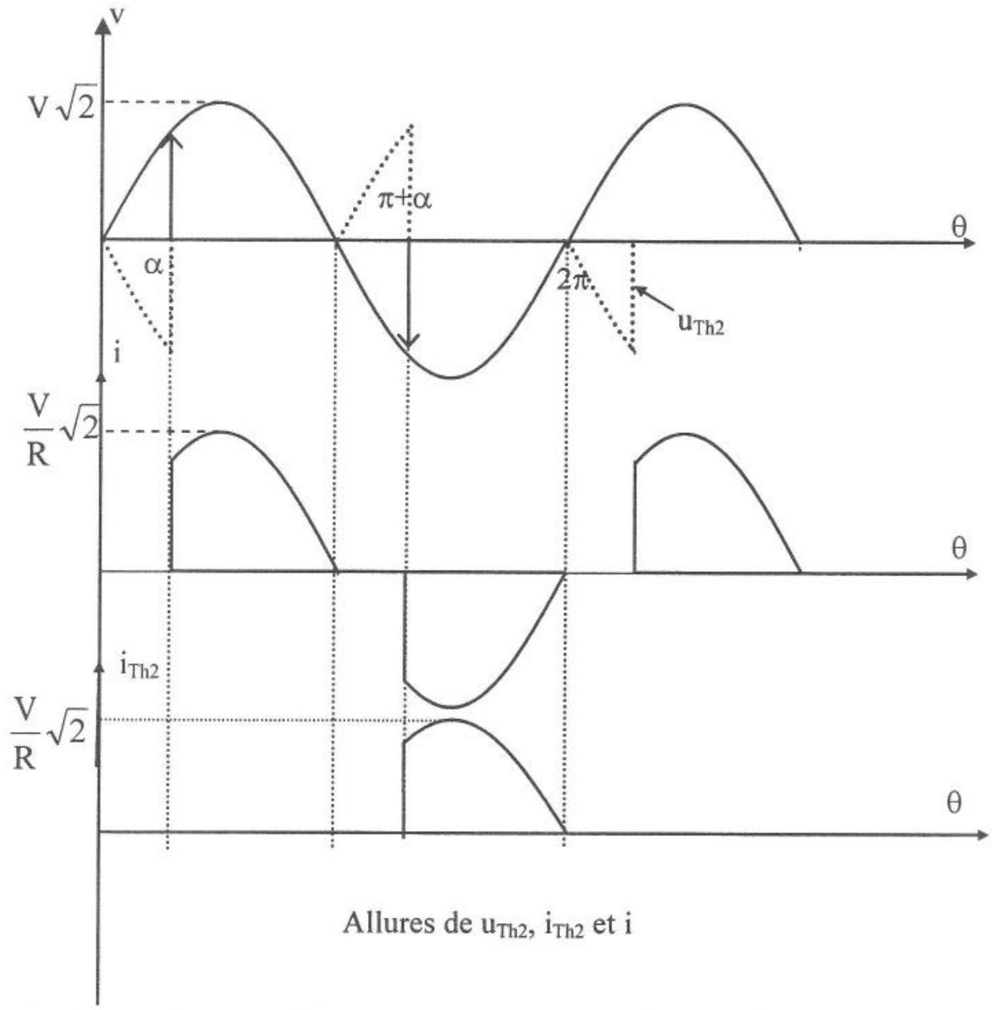
à partir de t_o tel que $\alpha_o = \omega t_o$. On a alors $u_c(t) = v(t)$ et comme la charge est résistive, $i(t)$ a la même allure. $i(t)$ s'annule à $T/2$ (soit pour l'angle π si l'on prend $\theta = \omega t$ comme variable). T est passant de α_o à π.

Le comportement de T' est symétrique, T'est donc passant de $\pi + \alpha_o$ à 2π. Lorsque T' est passant, $u_c = v$ et $i = v/R$.



Solution 2:

1. a)



Allures de u_{Th2}, i_{Th2} et i

- De $\theta = \alpha$ à $\theta = \pi$, Th_1 est passant et $u = v$. Comme la charge est une résistance, $i = \frac{v}{R}$ et $i_{Th1} = i$. Th_2 est bloqué donc $i_{Th2} = 0$. Th_1 étant passant, la tension $u_{Th1} = -u_{Th2} = 0$.
- A $\theta = \pi$, i_{Th1} s'annule et Th_1 se bloque. De π à $\pi + \alpha$, les deux thyristors sont bloqués, donc $i = 0$, $u = 0$, $i_{Th2} = 0$ et $u_{Th2} = u - v = -v$.
- De $\theta = \alpha + \pi$ à $\theta = 2\pi$, Th_2 est passant et $u = v$. Comme la charge est une résistance, $i = \frac{v}{R}$ et $i_{Th2} = -i$. Th_2 étant passant, la tension $u_{Th2} = 0$.

- A $\theta = 2\pi$, i_{Th2} s'annule et Th_2 se bloque. De 2π à $2\pi + \alpha$, les deux thyristors sont bloqués, donc $i = 0$, $u = 0$, $i_{Th2} = 0$ et $u_{Th2} = u - v = -v$.
- De $\theta = \alpha$ à $\theta = \pi$, Th_1 est passant et $u = v$. comme la charge est une résistance, $i = \dfrac{v}{R}$ et $i_{Th1} = i$. Th_2 est bloqué donc $i_{Th2} = 0$. Th_1 étant passant, la tension $u_{Th1} = -u_{Th2} = 0$.
- A $\theta = \pi$, i_{Th1} s'annule et Th_1 se bloque. De π à $\pi + \alpha$, les deux thyristors sont bloqués, donc $i = 0$, $u = 0$, $i_{Th2} = 0$ et $u_{Th} = u - v = -v$.

b) D'après les chronogrammes précédents, $u = v$ de α à π et de $\pi + \alpha$ à 2π, $u = 0$ le reste de la période.

Par définition : $U^2 = \langle u^2 \rangle = \dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\int_0^{2\pi} u^2(\theta)d\theta = \dfrac{2}{2\pi}\displaystyle\int_\alpha^{\pi} v^2(\theta)d\theta$. Remplaçons u par son expression :

$U^2 = \dfrac{1}{\pi}\displaystyle\int_\alpha^{\pi}\left(V\sqrt{2}\sin\theta\right)d\theta^2$. Il faut linéariser $\sin^2(\theta)$. On utilise la relation : $\sin^2(\theta) = \dfrac{1-\cos 2\theta}{2}$.

On a alors :

$$U^2 = \frac{2V^2}{\pi}\int_\alpha^{\pi}\frac{1-\cos 2\theta}{2} = \frac{V^2}{\pi}\left[\theta - \frac{\sin 2\theta}{2}\right]_\alpha^{\pi} = \frac{V^2}{\pi}\left(\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2}\right).$$

La valeur efficace de u est donc :

$$\boxed{U = V\sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}}.$$

$$U = 230 \times \sqrt{1 - \frac{\pi/4}{\pi} + \frac{\sin\left(2 \times \pi/4\right)}{2\pi}} = 219\ \text{V},$$

$$\boxed{U = 219\ \text{V}}$$

Solution 3:

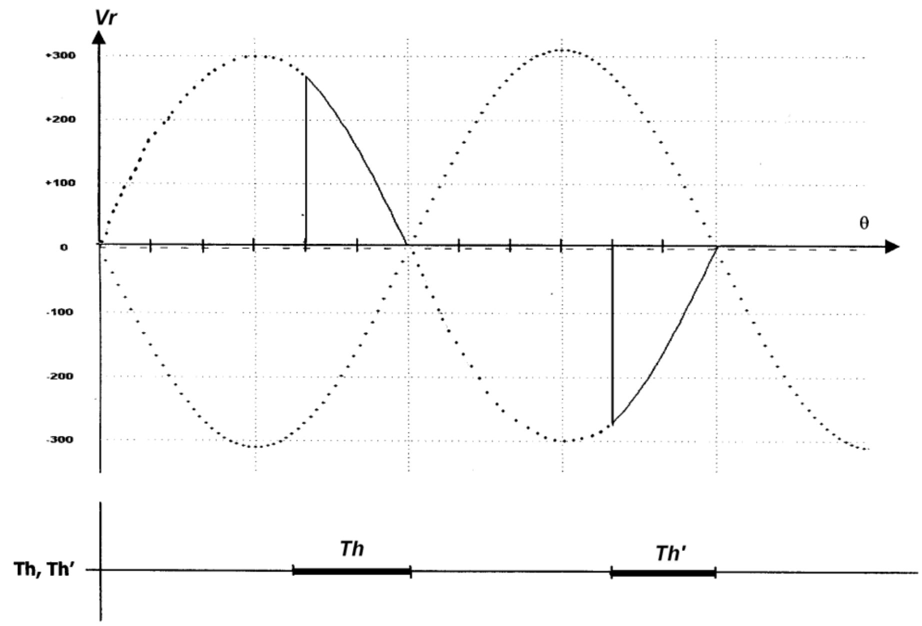
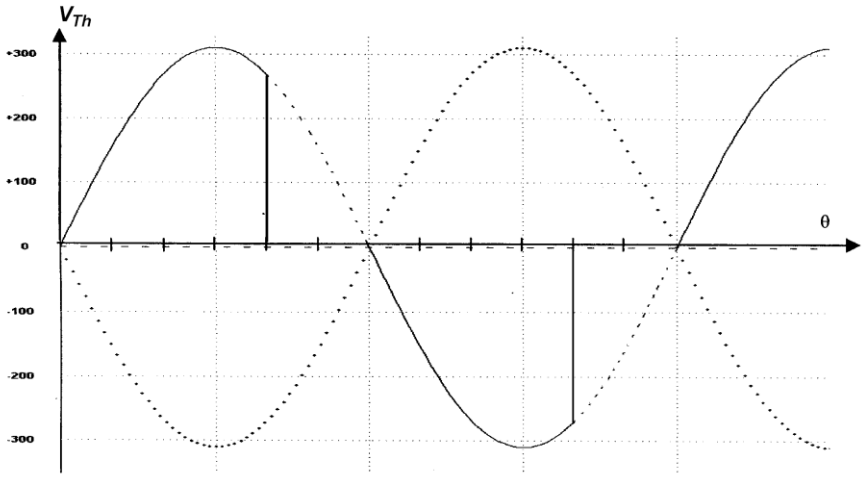


Figure 8



C1.2 $$V_r^2 = \frac{\int_{\varphi}^{\pi} \hat{V}^2 \sin^2\theta \, d\theta}{\pi}$$

$$V_R = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\varphi}^{\pi} \hat{V}^2 \sin^2\theta \, d\theta}$$

C.13 $\psi = 0$ $V_r = V = \underline{230V}$ $\varphi = 180^\circ$ $\underline{V_r = 0}$