

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 $\alpha_0 = \omega t_0 = \frac{\pi}{2}$ par rapport aux passages à 0 de la tension $v(t)$. On donne $V = 220 \text{ V}$ et $R = 10 \Omega$.

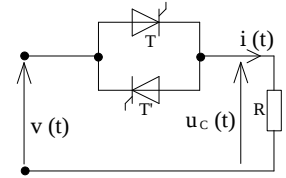
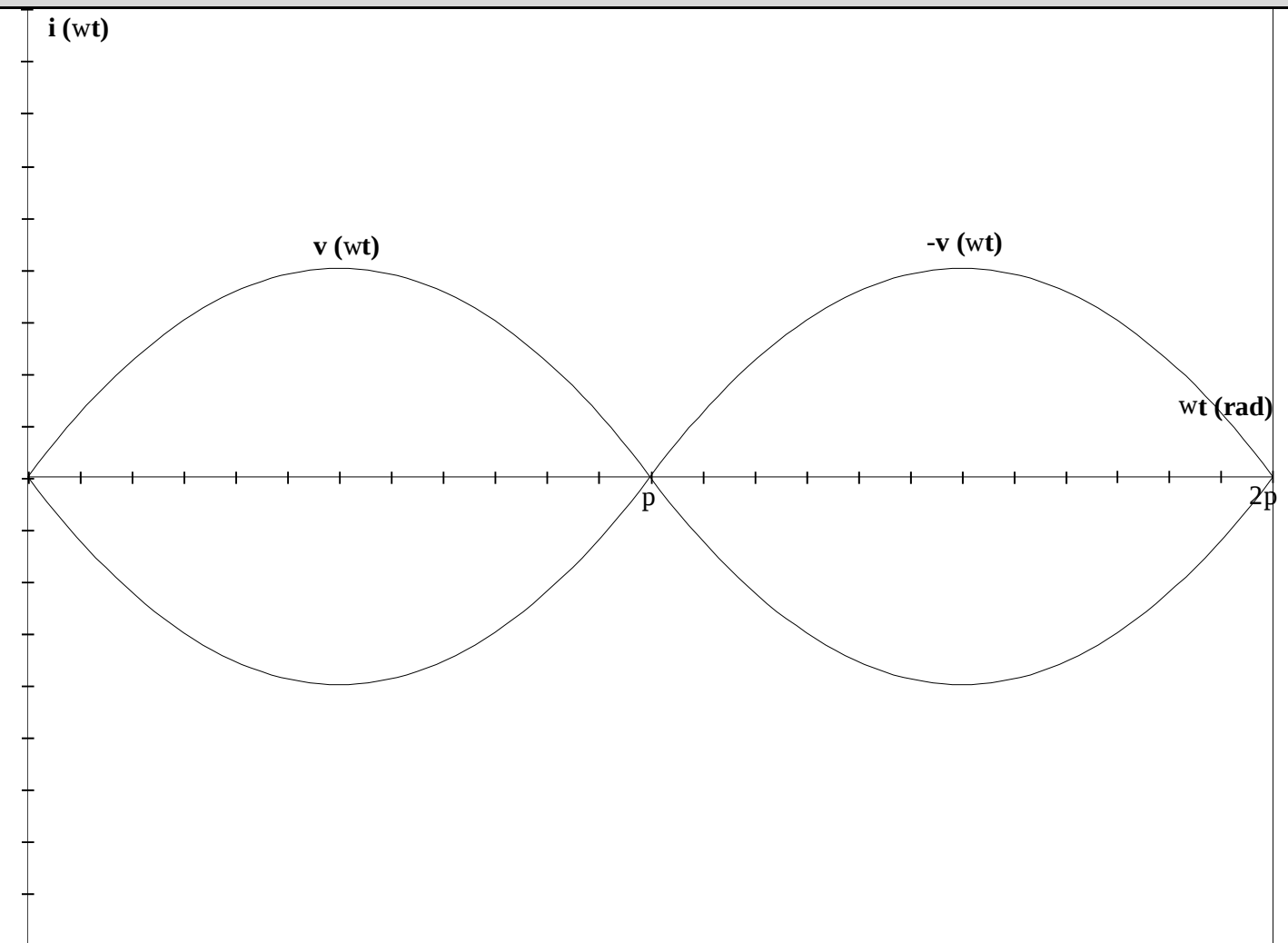


Figure 1

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 REPOSE N° 1



Exercice 2:

Soit le montage de la figure 2 :

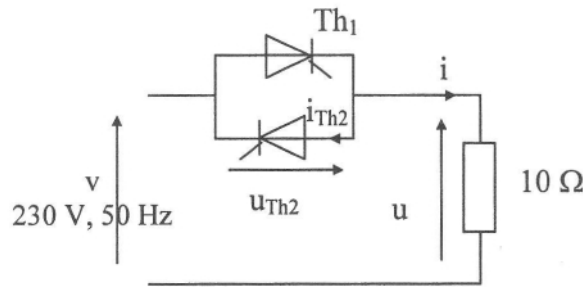


Figure 2 : Gradateur monophasé sur charge résistive

v est une tension sinusoïdale.

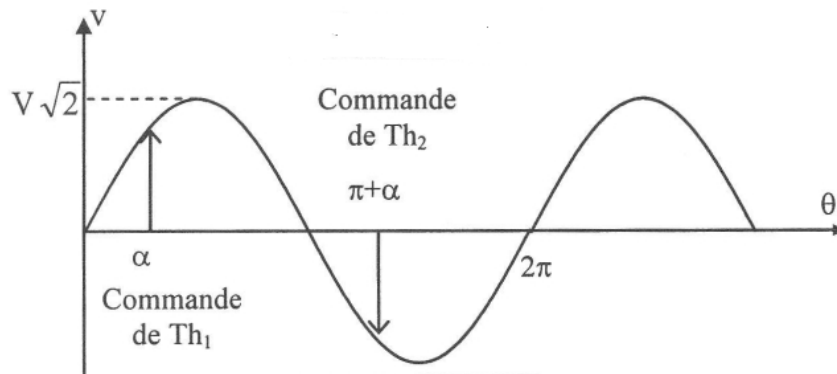


Figure 3 :Commande des thyristors.

Si : $\alpha = 45^\circ$

- a) Représenter $i(t)$, $i_{Th2}(t)$ en concordance avec v .
- b) Calculer la valeur efficace de u .

Exercice 3:

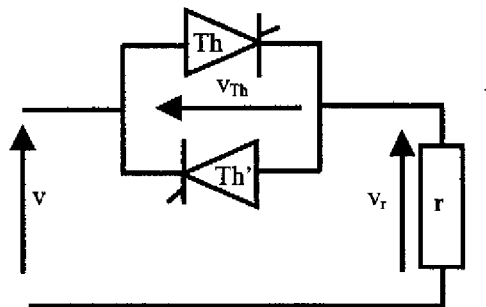
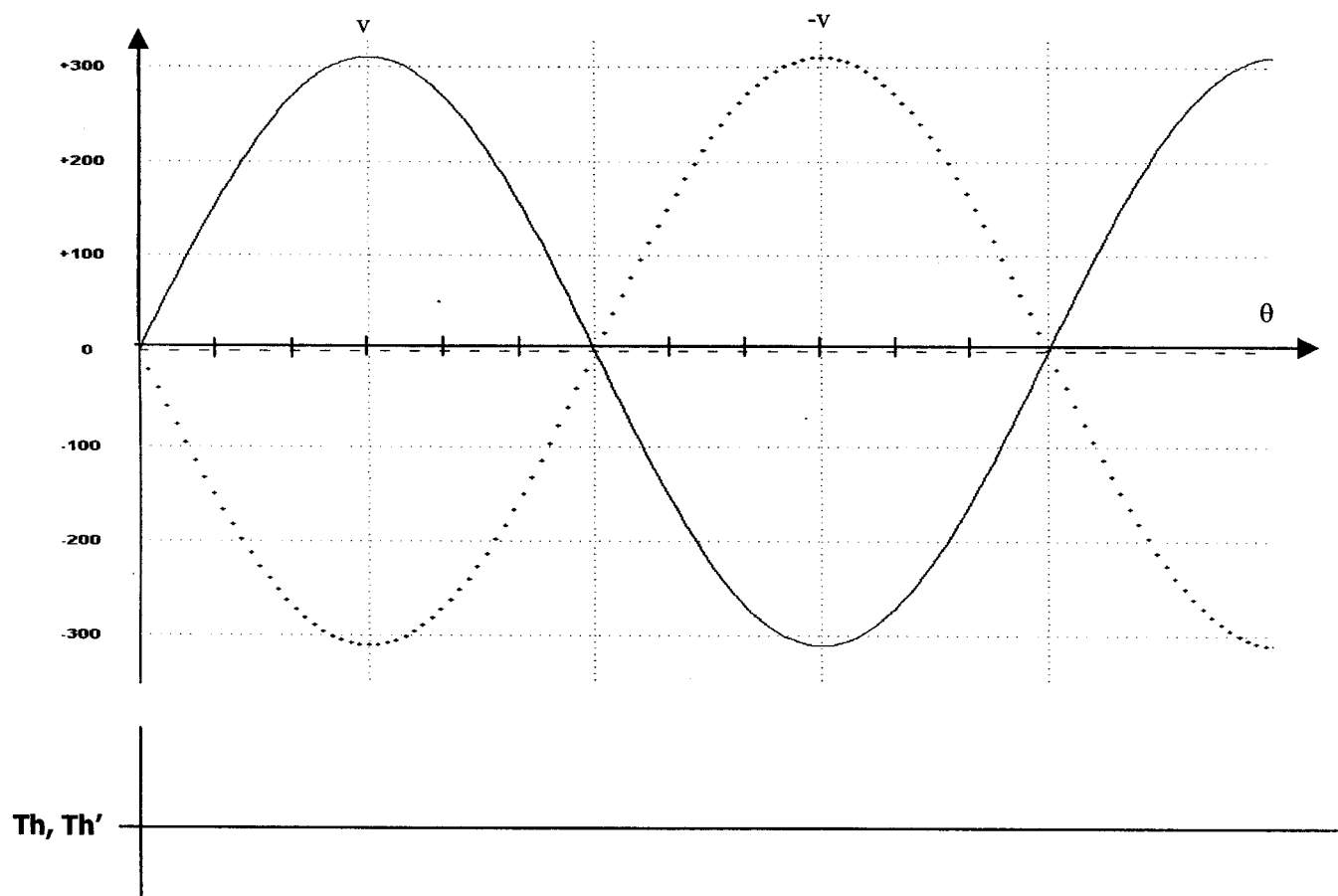


Figure 4

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 $v = V\sqrt{2} \sin q$, avec $q = \omega_s t$.

- C.1.1. Donner, sur le document réponse n°2, figure 8, l'allure des tensions v_r et v_{Th} , si $\psi = 120^\circ$. 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 $\psi = 180^\circ$ et $\psi = 0^\circ$?

**Figure 8**

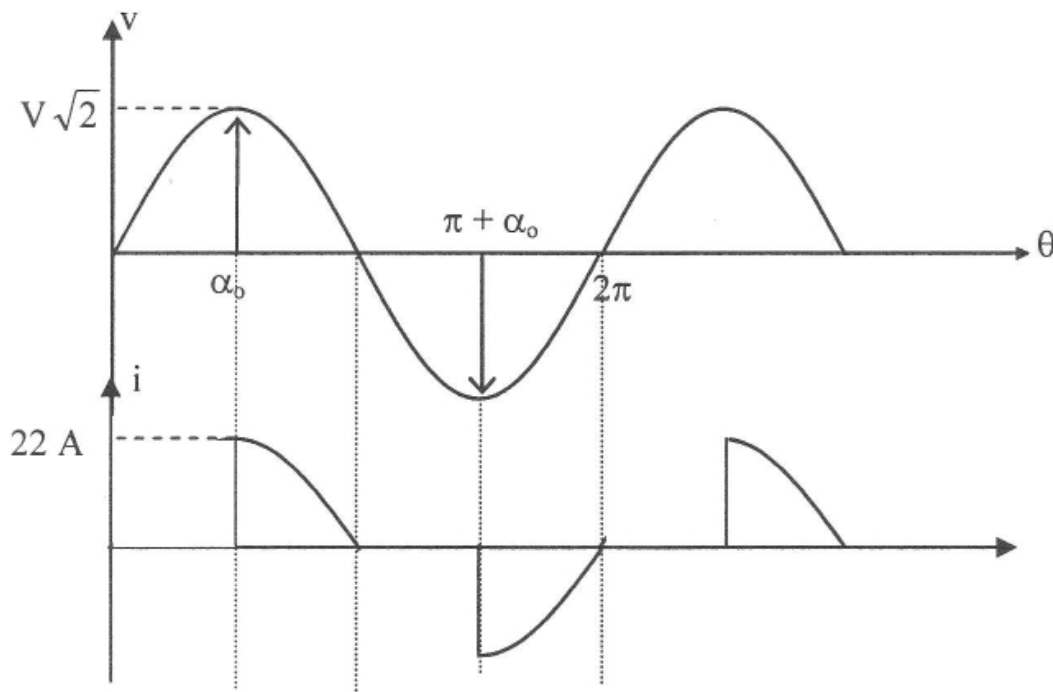
Solution 1:

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

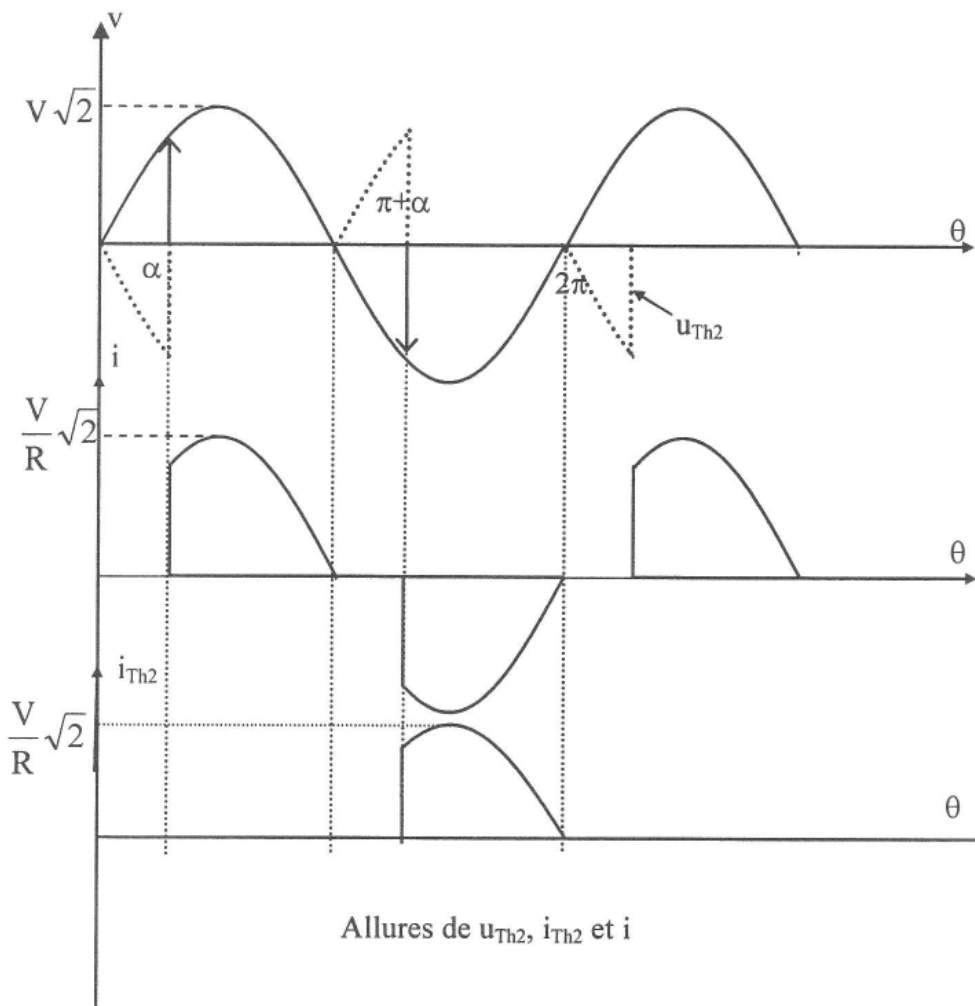
à partir de t_0 tel que $\alpha_0 = \omega t_0$. On a alors $u_c(t) = v(t)$ et comme la charge est résistive, $i(t)$ a la même allure. $i(t)$ s'annule à $T/2$ (soit pour l'angle π si l'on prend $\theta = \omega t$ comme variable). T est passant de α_0 à π .

Le comportement de T' est symétrique, T' est donc passant de $\pi + \alpha_0$ à 2π . Lorsque T' est passant, $u_c = v$ et $i = v/R$.



Solution 2:

1. a)



- 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, $i = \frac{v}{R}$ 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 $u_{Th} = u - v = -v$.

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 : $U^2 = \langle u^2 \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u^2(\theta) d\theta = \frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} v^2(\theta) d\theta$. Remplaçons u

par son expression :

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

$$\sin^2(\theta) = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}.$$

On a alors :

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

La valeur efficace de u est donc :

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

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

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

Solution 3:

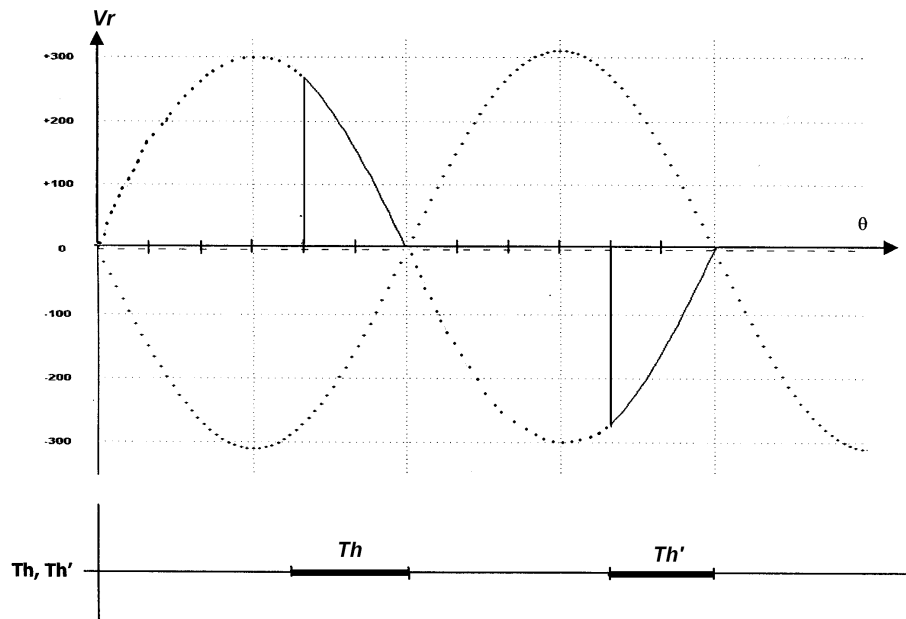
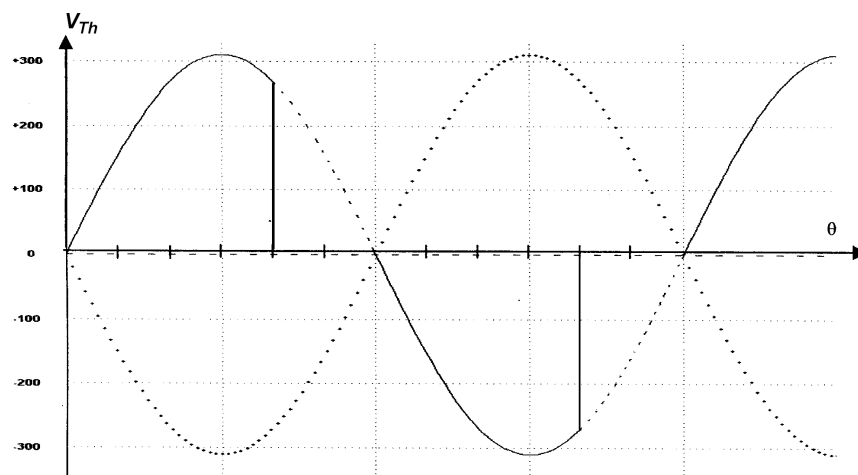


Figure 8



C.12
$$V_R^2 = \frac{\int_0^\pi \hat{V}^2 \sin^2 \theta d\theta}{\pi}$$

$$V_R = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\pi \hat{V}^2 \sin^2 \theta d\theta}$$

C.13 $\psi = 0 \quad V_R = V = \underline{\underline{230V}}$

$\psi = 180^\circ \quad \underline{\underline{V_R = 0}}$