UNIVERSITE BATNA 2
FACULTE DE TECHNOLOGIE **27/01/2021**
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE **MODULE: Elec. Puiss.**

TD N03

- **EXO1 :**

On considère le montage de la figure 1 dans lequel le thyristor est monté en série avec une résistance . R =5 Ω . L'ensemble est alimenté par une tension sinusoïdale v(t)= $v\sqrt{2}\sin\omega t$, avec v=220V.

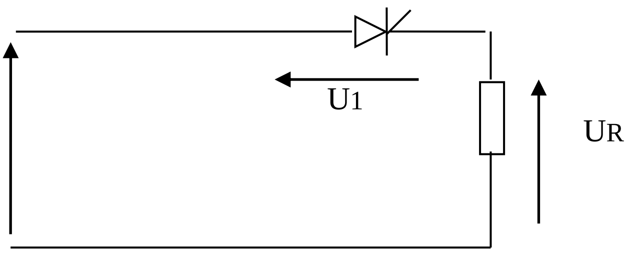


Fig.1

On applique entre la cathode et la gâchette une tension de commande :

$$u_g = 5 + 10\sin(\omega t - \pi/2)$$

On admet que le thyristor s'amorce dés que u_g est positive, que sa résistance directe est négligeable et qu'il se désamorce quand $U_1 \leq 0$ et i=0.

1- On considère la période comprise entre t=0 et t=T. calculer l'instant d'amorçage du thyristor. Préciser les différents états du thyristor au cours d'une période.

2- Tracer u=f(t= et i=g(t)

En déduire les valeurs moyennes et efficaces du courant et de la tension

3- Le montage étudié est celui de la figure 2, dans lequel un transformateur à point milieu délivre deux tensions de 220V efficace en opposition de phase. α désigne le retard à l'amorçage par rapport à la commutation naturelle. La résistance de charge est de R=5 Ω .

- Déterminer pour $\alpha = 14^0, 30^0, 60^0, 90^0, 120^0$
- Les courants moyen et efficace dans R
- Les courants moyen et efficace dans un thyristor
- Les tensions moyennes et efficaces u_T, u_R

4- La charge est modifiée et constituée par un circuit R, L ou L est une inductance de très grande valeur . Qu'ya t-il de modifiée dans les résultats.

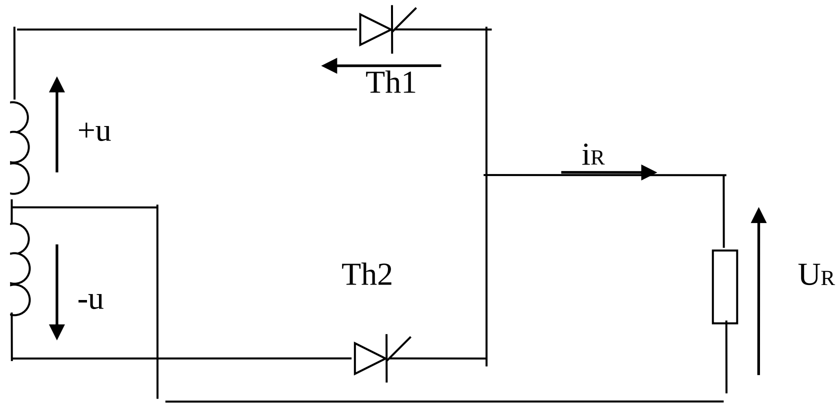


Figure 2

EXO 2:

Le pont est alimenté par un réseau 220V - 50Hz. On pose v(t)= $v\sqrt{2}\sin\omega t$, en effectuant le changement de variable $\theta = \omega t$ (θ : angle électrique). On notera α l'angle de retard a l'amorçage des thyristors. (figure 3)

La charge est constituée de la f.e.m E=100V , de la résistance R =1 Ω et d'une inductance L en série. On place aux bornes de la charge une diode de roue libre.

1- Quel est le rôle de l'inductance et quel est le rôle de la diode de roue libre.

2- Montrer que la tension moyenne aux bornes de l'inductance est nulle sur une période.

- **Conduction non interrompue** :

a- Représenter le chronogramme de la tension pour α = 60°. Justifier votre réponse

b- Déterminer l'expression de la valeur moyenne u(t) en fonction de α et de V. en déduire l'expression de la valeur moyenne Imoy de l'intensité de courant dans la charge en fonction de α, V, E et R.

c- En supposant u lissage parfait du courant, déterminer en fonction de E et v la condition nécessaire que doit vérifier α pour que la valeur moyenne de l'intensité du courant soit nulle. Calculer cet angle limite

d- Calculer l'angle d'amorçage α permettant d'obtenir un courant égal à 20A.

- **Conduction interrompue**

On suppose que la valeur de l'inductance est telle que la conduction ne dure que 5 ms par période lorsque α vaut 120° et E = 100V.

- Tracer les formes d'onde de la tension u(θ) et de l'intensité i(θ). Justifier.

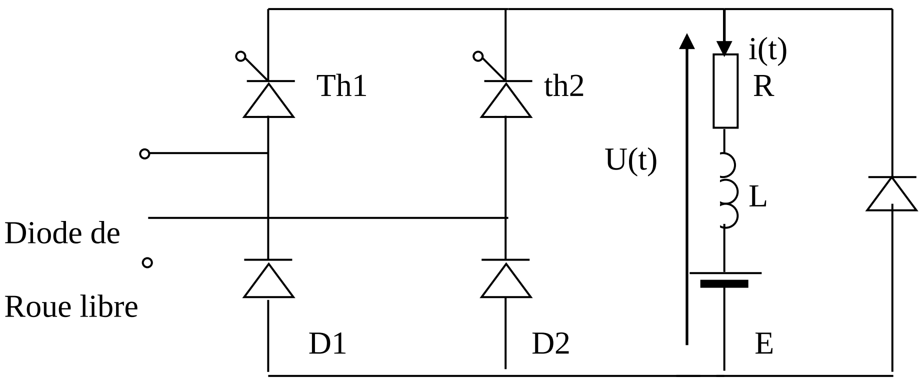


Figure 3

SOLUTION :

EXO 1 :

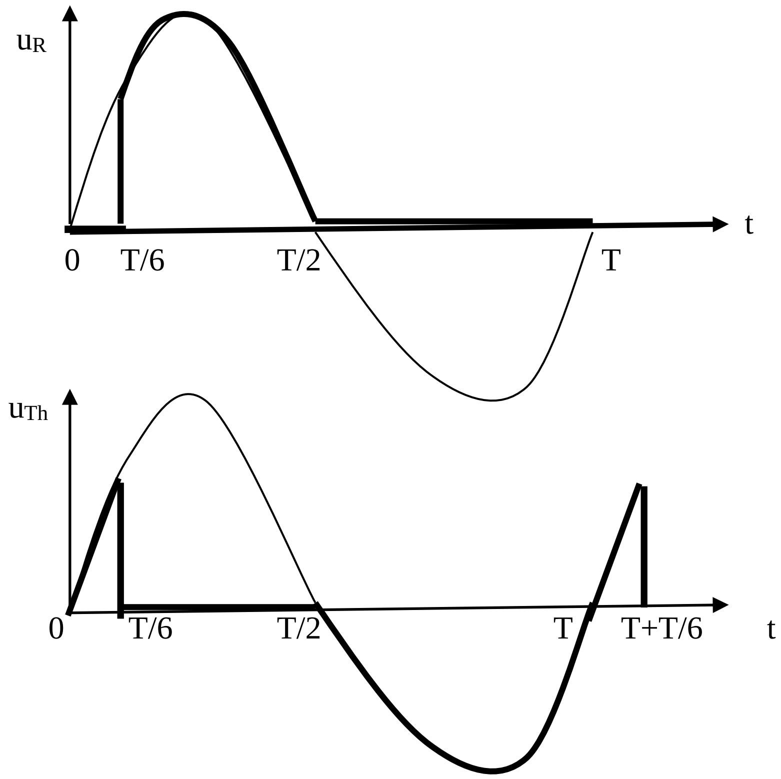
1-On cherche l'instant t_0 pour lequel :

$$u_g = 0 = 5 + i_0 \sin\left(\omega t_0 - \frac{\pi}{2}\right)$$

On obtient : $\omega t_0 = \frac{\pi}{3} \quad \rightarrow \; t_0 = \frac{T}{6}$

Les diagrammes suivants précisent les tensions aux bornes de la charge et du thyristor

Fig. 1



On voit que le thyristor conduit de T/6 à T/2 et est bloqué de T/2 à T+T/6,

2- Le courant est évidemment donné par la la figure 1 puisque la charge est purement résistive (Pour une charge R, le courant aura la même allure que la tension)

-Calcul de la valeur moyenne du courant :

$$I_{moy} = \frac{1}{T}\int_{T/6}^{T/2} I_{max} \sin(\omega t)\, dt = \frac{1}{T} I_{max}[-cos\omega t]_{T/6}^{T/2}$$

Puisque $I_{max} = 220.\sqrt{2}\,/5$ $\quad I_{moy} = 14.86$

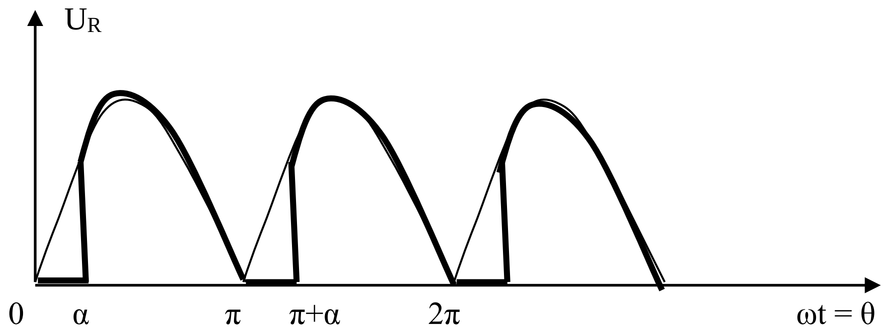
-Calcul de la valeur efficace du courant I_{eff}

$$I_{eff}^2 = \frac{1}{T}\int_{T/6}^{T/2} I_{max}^2 . \sin\,(\omega t)^2 d(\omega t) = \frac{1}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{3}}^{\pi} I_{max}^2 sin\theta^2 d\theta = \left(\frac{I_{max}^2}{2\pi}\right)\left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{8}\right)$$

I = 11,1 A, U_{moy} = 74,30V, U_R = 55.5V

3-Dans le cas ou le récepteur est purement résistif, les thyristors s'éteignent à chaque passage à zéro de la tension.

On obtient alors la tension de charge de la figure ci-dessous :



Pour une valeur de l'angle d'amorçage α, on obtient :

$$I_{moy=({}^{V_{moy}}/_{\pi R}}) (1 + cos\alpha)$$

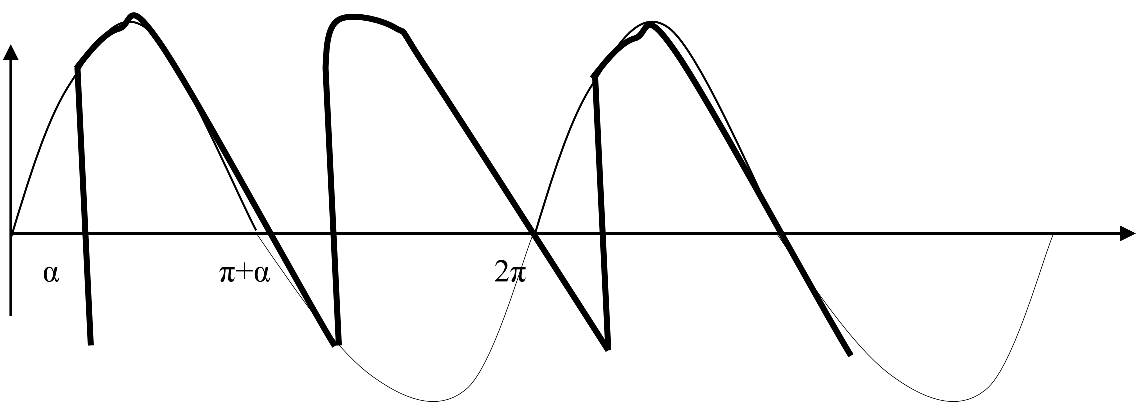
$$I_{eff} = (\frac{V_{max}}{R\sqrt{2}}\sqrt{(\pi - \alpha) + \frac{sin2\alpha}{2}}$$

D'où le tableau suivant :

α	15°	30°	60°	90°	120°	180°
i_{moy}	38.4	36.96	29.7	19.8	9.9	0
I_{eff}	43.9	43.4	39.5	31.1	19.5	0

4-Dans un thyristor, il n'y a conduction que pour une demi-période donc :

$$i_{Tmoy} = \frac{i}{2}, \qquad i_{eff} = \frac{I}{\sqrt{2}}$$



EXO 2 :

1-L'inductance L sert à filtrer le courant dans la charge, à le 'lisser', en réduisant la vitesse d'évolution di/dt (forte chute de tension L.di/dt aux grandes vitesses de variation de i). On réduit la durée de service des composants du pont, et donc leur échauffement, en disposant une diode de roue libre pour assurer uniquement cette fonction.

2-Si on note v_L la chute de tension aux bornes de l'inductance L, dans la convention signe des récepteurs pour i et v_L, on peut donc écrire :

$$v_l = L.\frac{di}{dt}$$

D'où la valeur moyenne sur une période de v_L est :

$$v_{Lmoy} = \frac{1}{T}\int_0^T L.\frac{di}{dt}dt = \frac{L}{T}\int_0^T \frac{di}{dt}dt = \frac{L}{T}\int_{i(0)}^{i(T)} di = \frac{L}{T}i(T) - i(0)$$

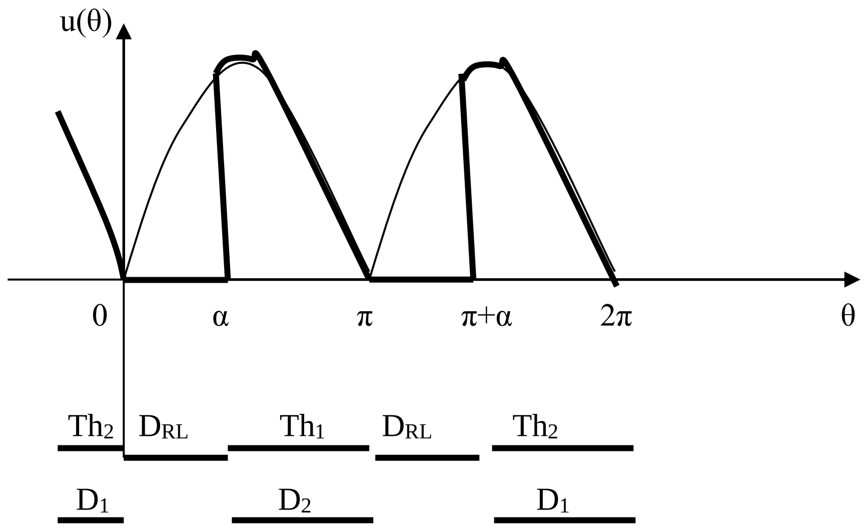
Par définition de la période en régime permanent établi on a :

I(0) = i(T) d'où $\quad v_{Lmoy} = 0$

- **Conduction interrompue :**

a- Pour α = 60° = π/3 on peut décrire ainsi le fonctionnement du pont redresseur :

- Pour $0 \leq t < {}^{\alpha}/_{\omega}$ les éléments du pont sont bloqués mais D_{RL}(diode de roue libre) conduit (ininterrompu d'où $u(\theta) = 0$.
- Pour ${}^{\alpha}/_{\omega} \leq t \leq T/2$ Th_1 et D_2 sont conducteurs et : $u(\theta) = v\sqrt{2}sin\theta$.
- Pour $\frac{T}{2} \leq t \leq (\pi + \alpha)/\omega$ le pont est bloqué et D_{RL} conduit $u(\theta) = 0$.
- Pour $(\pi + \alpha)/\omega \leq t \leq T$ Th_2 et D_1 conduisent et $u(\theta) = -v\sqrt{2}sin\theta$.



b- u(θ) est une fonction périodique de période π et donc de valeur moyenne :

$$U_{moy} = \frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi} u(\theta)d\theta = \frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi} v\sqrt{2}sin\theta d\theta = \frac{v\sqrt{2}}{\pi}(1 + cos\theta)$$

La loi des mailles appliquée à la sortie du pont s'écrit :

$$u(\theta)=R.i(\theta) + v_L(\theta) +E$$

La distributivité de l'intégration implique que cette relation lie aussi les valeurs moyennes :

$$u_{moy} = R.I_{moy} + V_{Lmoy} + E = R.I_{moy} + E \ (car\ V_{Lmot} = 0)$$

D'où : $$I_{moy} = \frac{U_{moy}-E}{R} = \frac{1}{R}\left[\frac{v\sqrt{2}}{\pi}(1 + cos\alpha) - E\right]$$

c- On n'aura donc une valeur de I_{moy} non nulle que si :

$$\frac{v\sqrt{2}}{\pi}(1 + cos\alpha) \geq E, \quad \text{soit} \quad cos\alpha \geq \frac{\pi E}{v\sqrt{2}} - 1$$

Ou encore, comme α est compris entre 0 et π :

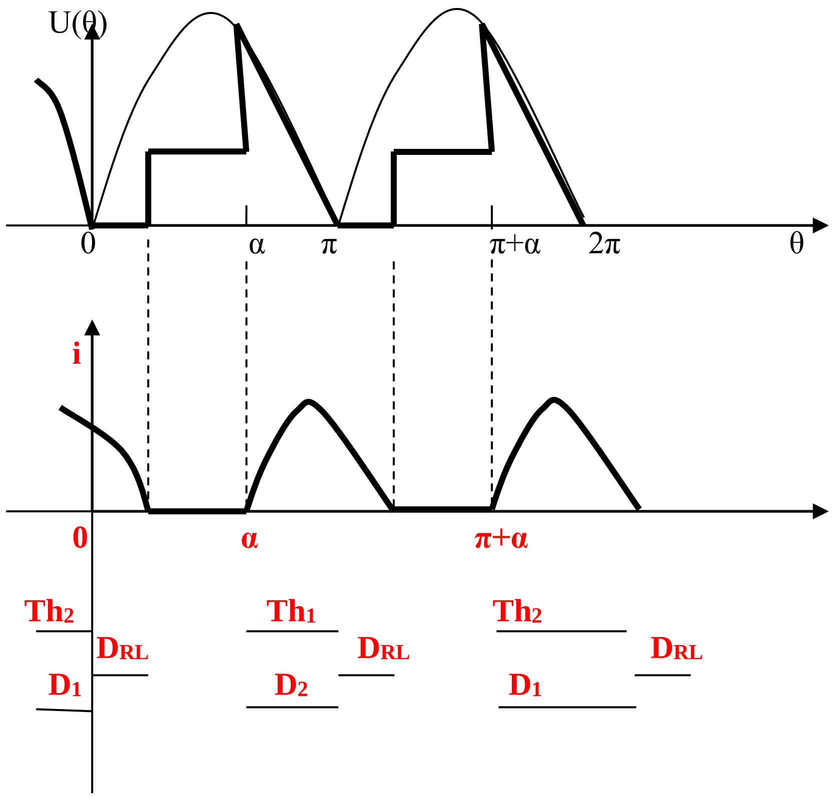
$$\alpha \leq arc\cos\left(\frac{\pi E}{v\sqrt{2}} - 1\right) = \alpha_{limite}$$

Pour E = 100V, v= 220V, α_L=89,4°

- **Conduction interrompue**

Si la conduction dans la charge dure 5 ms par période elle vaut donc aussi T/4. On peut donc analyser ainsi le fonctionnement :

- **Le thyristor Th₁** est amorcé à la date $t_1 = 0 + {}^{\alpha}/_{\omega} = \frac{T}{3}(pour\ \alpha = 120° = {}^{2\pi}/_{3}\, rd)$; pour t compris entre t_1 et T/2 (durée T/2 – T/3 = T/6) Th_1 et D_2 conduisent u(t) = v(t).
- **Au déla de T/2, la diode de roue libre entre en conduction pendant T/4 – T/6 = T/12 ou u(t) = 0.**
- **Entre les dates T/2 + T/12 = 7T/12 (extinction de i) et T/2 + T/3 = 5T/6 (amorcage de Th_2** pour α = 120°) tous les composants sont bloqués et i(t) = 0, u(t) = E.



U(θ)
0
α
π
π+α
2π
θ
i
0
α
π+α
Th2
DRL
D1
Th1
DRL
D2
Th2
DRL
D1