1999/2000

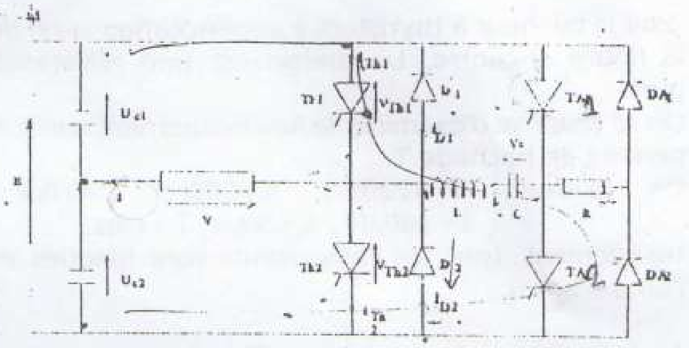
DER Génie Electrique et Informatique
Dpt. d'Electrotechnique
4ème année.

~~06 Mai 1999~~

$2^{ème}$ EMD d'Electronique de puissance

La figure ci-contre représente un onduleur monophasé à source à point-milieu muni d'un dispositif d'extinction à commutation par circuit oscillant.

On se propose d'examiner la commutation du courant I positif du thyristor Th_1 (état initial) vers la diode D_2 (état final).



A l'instant $t < t_0$, Th1 conduit le courant de charge I, les autres thyristors sont bloqués et l'on a V_c=E.

On suppose que le courant de charge I est constant durant la commutation et que les tensions $U_{c1}= U_{c2}$=E/2.

A l'instant $t=t_0$, **On amorce TA_1:**

1. <u>1ère phase de commutation:</u> ($t_0 < t < t_1$)
Dans cette phase, Th_1 ne peut se bloquer immédiatement. Pourquoi? Exprimer $V_c(t)$; $i_c(t)$; $i_{Th1}(t)$. Déterminer l'instant t_1 où Th_1 cesse de conduire.

2. <u>2ème phase de commutation:</u> ($t_1 < t < t_2$)
Dans cette phase, D_1 entre en conduction, TA_1 est toujours conducteur. Pourquoi?
Exprimer $V_c(t)$; $i_c(t)$; $i_{D1}(t)$. A quel instant t_2 la diode D_1 cesse de conduire ?

3. <u>3ème phase de commutation:</u> ($t_2 < t < t_3$)
Dans cette phase TA_1 est toujours conducteur et D_2 ne peut encore entrer en conduction. Pourquoi?
Exprimer $V_c(t)$; $i_c(t)$. A quel instant t_3 la diode D_2 entre en conduction ? Exprimer $V_c(t_3)$.

4. <u>4ème phase de commutation:</u> ($t_3 < t < t_4$)

La diode D_2 entré en conduction, le thyristor TA_1 est toujours conducteur.
Exprimer $V_c(t)$; $i_c(t)$; $i_{D2}(t)$. A quel instant t_4 le thyristor auxiliaire TA_1 cesse de conduire ? Exprimer $V_c(t_4)$

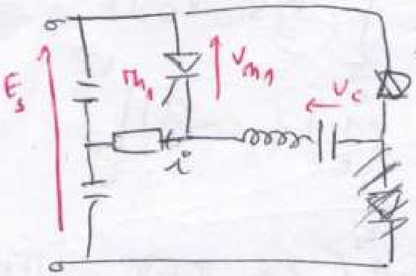
5. Après la 4ème phase, la diode DA_1 conduit le courant ic. Quel est le rôle de la résistance R ? Expliquer ! Tracer dans l'intervalle [t_0,t_4] les ondes de $V_c(t)$; $V_{Th1}(t)$; $i_c(t)$; $i_{D1}(t)$, $i_{D2}(t)$. Préciser les intervalles de conduction des éléments semi conducteurs.

6. Si t_q est le temps de blocage des thyristors, comment choisir les éléments C et L ?

GEM1D : "EP"

2000

① 1ère phase : $t_0 < t < t_1 \quad V_c(t_0) = E_s$



$$V_{Th_1} = E_s - V_c + \lambda \frac{di_c}{dt} \quad \text{donc}$$

donc : Th_1 ne peut se bloquer immédiatement à cause de la self.

$$C \frac{dV_c}{dt} = -i_c \quad ; \quad i_{Th_1} = -i_c + I \quad ;$$

$$v_c + \lambda C \frac{d^2 v_c}{dt^2} = 0 \Rightarrow \begin{cases} v_c = A\cos\omega(t-t_0) + B\sin\omega(t-t_0) \\ i_c(t) = +A\omega C\sin\omega(t-t_0) - B C\omega\sin\omega(t-t_0) \end{cases}$$

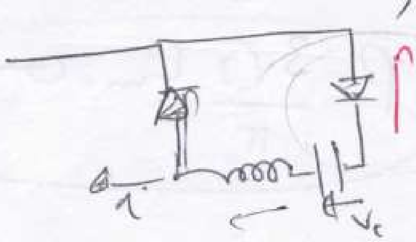
$$\begin{cases} v_c(t_0) = E_s \Rightarrow A = E_s \\ i_c(t_0) = 0 \Rightarrow B = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_c = E_s \cos\omega(t-t_0) \\ i_c(t) = E_s \omega C \sin\omega(t-t_0) \end{cases}$$

$$\boxed{i_{Th_1}(t) = I - E_s \omega C \sin(t-t_0)}$$

$$\Rightarrow \quad t_1 - t_0 = \frac{1}{\omega} \arcsin \frac{I}{E_s \omega C} \qquad \frac{1}{K} \qquad i_c(t_1) = I_d$$

2) $t_1 < t < t_2$:

D_1 entre en cond



$$V_{Th_1} = +V_c + \lambda \frac{di_c}{dt} = E_s \sqrt{1 - \left(\frac{I}{E_s C\omega}\right)^2} > 0$$

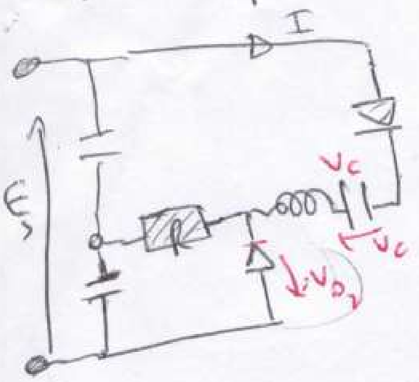
T_{A_1} conducteur (?)

$$V_c + \lambda C \frac{d^2 V_c}{dt^2} = 0 \qquad \begin{cases} v_c(t) = E_s \cos(t_1 - t_0) \\ i_c(t) = E_s C\omega \sin(t - t_0) \end{cases}$$

$$\boxed{i_{D_1} = +i_c + i = -I + E_s C\omega \sin(t - t_0)}$$

$$i_{D_1} = 0 \Rightarrow (t_2 - t_0) = \left(\frac{1}{\omega} \arcsin\left(\frac{I}{E_s C\omega}\right) + \pi\right)\frac{1}{\omega}$$

3) 3ème phase : $t_2 < t < t_3$:



$v_{D_2} = -v_C - E_s = -E_s + E_s\sqrt{1-\left(\frac{I}{E_s C\omega}\right)^2}$

$-v_C''(t_2)$

$$-E_s = v_C + \lambda C \frac{d^2 v_C}{dt^2} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} v_C(t) = A \text{ —— } + B \text{ —— } - E_s \\ i_C(t) = + A C\omega \text{ —— } - B C\omega \text{ —— } \end{cases}$$

$v_C(t_2) = A - E_s = -E_s\sqrt{1-\left(\frac{i}{E_s C\omega}\right)^2}$

$C\frac{dv_C}{dt} = -\frac{I}{C} \Rightarrow v_C(t) = -\frac{I}{C}(t-t_2) + v_C(t_2)$

$\boxed{i_C = I}$ $\quad v_C(t) = -\frac{I}{C}(t-t_2) - E_s\sqrt{1-\left(\frac{i_C}{E_s C\omega}\right)^2}$

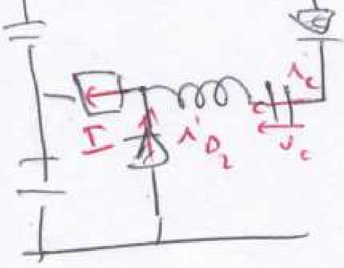
D_2 entre en conduction $v_{D_2}(t_3) = 0 \Rightarrow$

$v_C(t_3) = -E_s = -\frac{I}{C}(t_3 - t_2) - E_s\sqrt{1-\left(\frac{i}{E_s C\omega}\right)^2}$

$$\Rightarrow (t_3 - t_2) = \frac{C}{I}(E_s)\left(1-\sqrt{1-\left(\frac{i}{E_s C\omega}\right)^2}\right)$$

$V_C(t_3) = -E_s$

4) 4ème phase : D_1 entre en conduction :



$i_{D_2} = -i_C + I$

$$v_C + \lambda C \frac{d^2 v_C}{dt^2} = -E_s$$

$\cancel{v_C(t) = -2E_s\cos\omega(t-t_3)} - E_s$

$\cancel{v_C(t_3) = -E_s = -E_s + A}$

$i_C(t) = + B C\omega \cos(t - t_3) = I \Rightarrow B = \frac{I}{C\omega}$

$\Rightarrow v_C(t) = -E_s + \frac{I}{C\omega}\sin\omega(t-t_3)$

$$i_C(t) = \frac{-I}{\cancel{c\omega}}\cos\omega(t-t_3)$$

$$i_{D_2} = I + \frac{I}{\cancel{c\omega}}\cos\omega(t-T_3)$$

$$i_C(t) = 0 \Rightarrow (t_4 - t_3) = \frac{\pi}{2\omega}$$

$$V_C(t_4) = -E_s \cancel{+} \frac{I}{c\omega}$$

5)

$$V_{Th_1} = -Ri < 0$$

blocage de Th_1 ~~mort~~

6) t_q le temps de blocage de Th

comment choisir les élément :

$$t_2 - t_1 = (t_2 - t_0) - (t_1 - t_0) \geq t_q$$

$$\frac{1}{\omega}\left(\pi - \arcsin\left(\frac{i}{E_s c\omega}\right) - \frac{1}{\omega}\left(\arcsin\frac{i}{E_s c\omega}\right)\right) \geq t_q$$

5) $$\arccos\left(\frac{i}{E_s c\omega}\right) \geq \frac{t_q\,\omega}{2}$$

$$\left(\frac{i}{E_s c\omega}\right) \geq \cos\left[\frac{t_q\,\omega}{2}\right]$$

5) $$C = \frac{i}{E_s\,\omega\cos\omega\frac{t_q}{2}}$$

$$(\lambda c^2\omega^2 = 1)$$

5) $$\lambda = \frac{1}{c\,\omega^2}$$