

Epreuve d'électronique de puissance

F. Costa, G. Coquery

(Durée 3h, calculatrice et documents autorisés)

Avertissement

Le sujet est composé de trois parties. Il est recommandé de traiter toutes les parties et de leur consacrer un temps proportionné.

Etude d'un convertisseur DC-DC isolé De type « Front-End »

A - Etage de conversion DC-AC

On considère la structure de conversion représentée ci-dessous. Les sources d'entrée et de sortie sont notées respectivement S_e et S_2 . La source d'entrée est supposée continue, celle de sortie alternative.

On supposera que les interrupteurs commutent à fréquence fixe F .

On note P_e la puissance d'entrée.

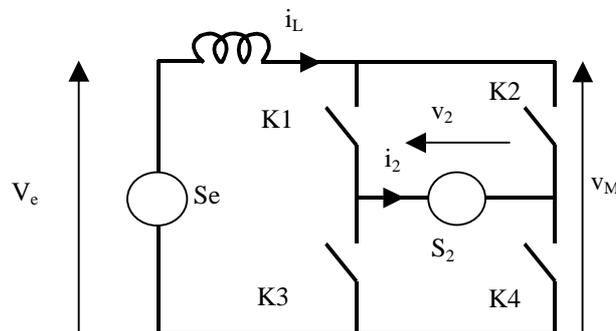


Figure 1 : structure pour la conversion DC-AC

A-1 Identifier la nature des sources et justifier la réponse.

A-2 Identifier les cellules de commutation et par conséquent les interrupteurs commandés en complémentarité, justifier la réponse.

Les cellules de commutation sont commandées par une fonction de modulation, elles sont notées respectivement $F_{m1}(t)$ et $F_{m2}(t)$. Ces fonctions sont représentées ci-dessous, on utilisera les notations des figures 1 & 2, α est limité à $\frac{1}{2}$. On supposera que la valeur de L est telle que le courant i_L est quasi-constant en première approximation.

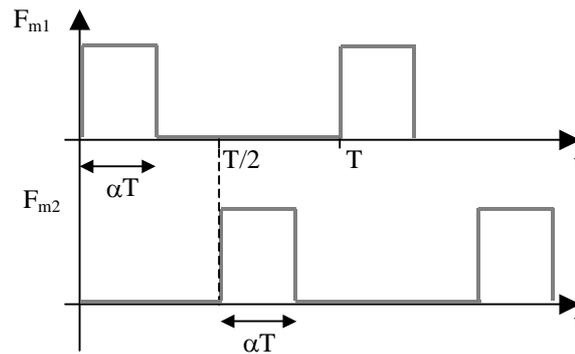


Figure 2 : fonctions de modulation

A-3 Exprimer i_2 en fonction de i_L et des fonctions de modulation.

A-4 On suppose que la tension v_2 est conditionnée par le signe de i_2 selon la loi suivante :

$$\begin{aligned} \text{Si } i_2 > 0 &\rightarrow v_2 = +V_0 \\ \text{Si } i_2 < 0 &\rightarrow v_2 = -V_0 \\ \text{Si } i_2 = 0 &\rightarrow v_2 = 0 \end{aligned}$$

V_0 est une grandeur continue telle que $V_0 > V_e$.

Représenter dans un même repère temporel, F_{m1} , F_{m2} , i_2 , v_2 et v_M , préciser les valeurs remarquables sur les graphes.

A-5 En déduire l'expression de V_0 en fonction de V_e et de α . Donner l'expression de $\langle i_L \rangle$ en fonction de P_e , α et V_0 .

A-6 Représenter le courant i_{k1} dans K1, donner l'expression de sa valeur moyenne et efficace. En déduire l'expression des pertes par conduction dans l'interrupteur (transistor MOSFET), on justifiera le choix du modèle de perte du transistor.

A-7 On suppose à présent que l'inductance L a une valeur telle que le courant i_L est ondulé, on note Δi_L cette ondulation. Donner l'expression temporelle $i_L(t)$ sur une période T et représenter i_L .

A-8 Quelle est la fréquence de Δi_L , en quoi est-ce intéressant ?

A-9 Calculer l'expression de Δi_L en fonction de V_e , α , F et L . On note $\zeta = \Delta i_L / \langle i_L \rangle$. Calculer l'expression de L en fonction de V_e , α , F , P_e et ζ .

B - Etage de conversion AC-DC

L'étage de conversion AC-DC est représenté ci-dessous. i_2 est la source de courant telle que définie à la question A-3 en supposant le courant i_L parfaitement lissé. On suppose de plus que la valeur du condensateur C est telle que la tension V_0 est parfaitement lissée.

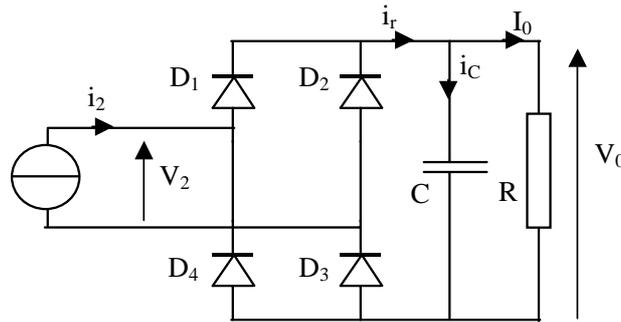


Figure 3 : structure pour la conversion AC-DC

B-1 Représenter la tension v_2 . Calculer l'expression du courant i_{2max} en fonction de R , α et V_e . Donner cette expression si le courant n'est plus lissé dans l'inductance en fonction de ζ .

B-2 Représenter le courant dans une diode et donner l'expression de sa valeur moyenne et efficace. En déduire l'expression théorique des pertes par conduction, on justifiera le modèle de diode choisi.

B-3 Représenter les courants i_r , i_C et I_0 . Quelle est la fréquence de i_C ?

B-4 Etablir la relation entre i_r et i_L .

B-5 La valeur de C est à présent telle qu'une ondulation de tension ΔV_0 existe. Calculer l'expression de cette ondulation en fonction de C , I_0 , α et F . En déduire l'expression de C en fonction de R , F , α , et ζ_v défini par $\zeta_v = \Delta V_0 / V_0$.

C – régime d'absorption sinusoïdale

La structure complète est représentée à la figure 4. On suppose qu'elle est contrôlée de telle sorte que le courant i_e absorbé soit sinusoïdal et en phase avec la tension v_{res} .

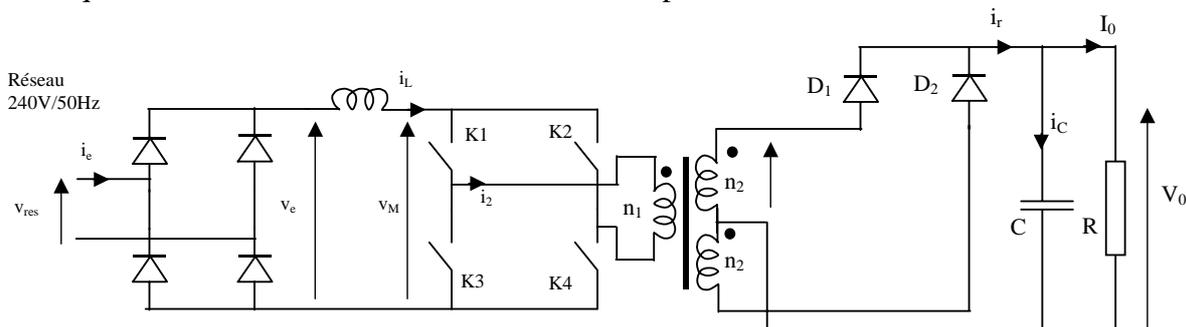


Figure 4 : structure complète

Dans cette partie, on supposera à nouveau que le condensateur C est de valeur telle que la tension V_0 est parfaitement lissée. La période du réseau est notée T_0 , sa pulsation Ω_0 . La fréquence de découpage est notée F . On supposera le rendement de conversion unitaire (pertes négligées). On donne :

$$V_{res}(t) = V \cdot \sin(\Omega_0 t) \quad V=310V$$

$$m = n_2/n_1$$
$$V_0 = 48V \quad R = 2,3\Omega \quad L = 2mH$$

C-1 Si on suppose initialement que la structure est alimentée par une tension constante de valeur V comme dans le cas de la partie A, donner l'expression de V_0 en fonction de V , α et m . En déduire la valeur de m .

C-2 Donner l'expression $i_c(t)$ en fonction de V_0 , R et V . Représenter l'allure de $i_L(t)$ sur un intervalle de temps $[0, T_0/2]$. On notera $i_{L_BF}(t)$ l'évolution de i_L à la pulsation Ω_0 ; quelle est sa période ?

C-3 En supposant l'ondulation de courant négligeable dans l'inductance, donner l'expression de l'évolution temporelle BF (à la pulsation Ω_0) de la tension v_M sur un intervalle de temps $[0, T_0/2]$ pour que le courant i_c soit en phase avec la tension V_{res} .

C-4 En déduire que la loi de variation à la pulsation Ω_0 de α sur une demi-période T_0 peut s'exprimer sous la forme :

$$\alpha(t) = K.[\sin(\Omega_0 t) - A.\cos(\Omega_0 t)]$$

Exprimer K et A en fonction de V_0 , V , m , L , R et Ω_0 . Quelle approximation peut-on faire ?

C-5 En ne considérant que les termes de pulsation Ω_0 , établir l'expression du courant $i_{r_BF}(t)$ en fonction de $i_{L_BF}(t)$, $\alpha(t)$ et m ; montrer qu'elle est constituée d'un terme constant et d'un terme variable, identifier chaque terme.

C-6 En déduire l'expression de $i_{C_BF}(t)$, quelle est sa fréquence BF ?

C-7 Exprimer l'ondulation de la tension V_0 aux bornes de C relativement à cette composante BF, en déduire la valeur de C pour une ondulation relative $\zeta_{v_BF} = 5\%$.

C-8 Proposez et détaillez une structure de contrôle pour assurer le fonctionnement en absorption sinusoïdale.