

La structure en pont complet commandée en modulation de largeur d'impulsion (MLI) montre qu'il est possible de fonctionner sur les quatre quadrants du plan (U,I) lorsque les interrupteurs sont synthétisés de la bonne manière. Cette structure permet également de fonctionner en redresseur à absorption sinusoïdale de courant, dans des cas où les amplitudes tolérées sur les harmoniques de courant sont faibles et de corriger de façon active le facteur de puissance d'une installation, en réinjectant de la puissance réactive sur le réseau. La figure 1 montre le schéma de principe de ce redresseur MLI.

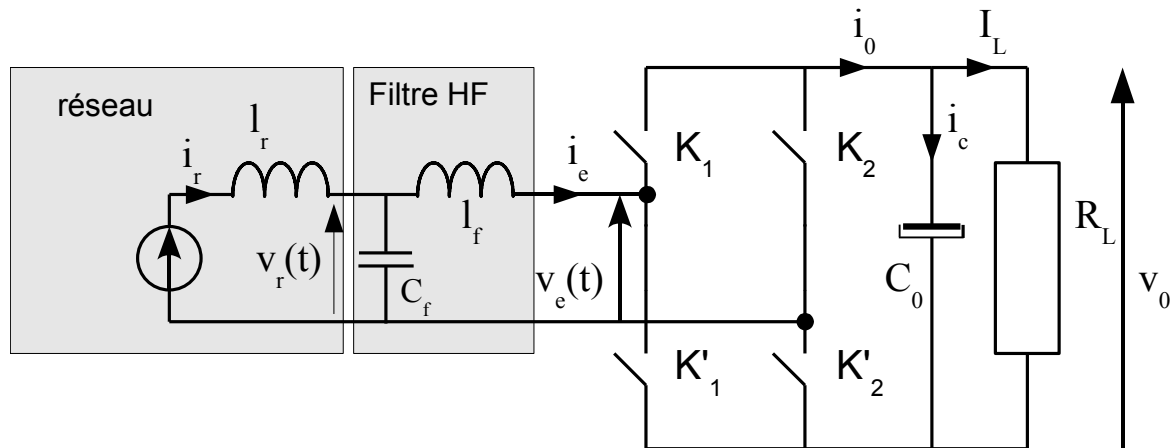


Figure 1: Redresseur MLI monophasé en absorption sinusoïdale

Sauf à la question 20, on posera $v_r(t) = V\sqrt{2}\sin(\omega t)$, $\omega = 2\pi f$

1. Stratégie et analyse.

Questions:

- 1/ Montrez que les règles d'association des sources sont respectées. Justifiez.
- 2/ Montrez que les états des interrupteurs K_1 , K_2 , K'_1 , K'_2 sont liés entre eux.
- 3/ Rappelez les différentes stratégies du redresseur MLI en pont complet.

Dans la suite du problème, on choisit $K_1 = \overline{K_2}$. Le signal de commande de K_1 est périodique de période T_d , et on appelle α le rapport cyclique. On note $\langle x(t) \rangle$ la valeur moyenne de la variable $x(t)$ sur une période de découpage.

Hypothèses:

On suppose que la tension V_0 est constante et parfaitement régulée. Par ailleurs, on suppose également que la période T_d de découpage est très petite devant la période du réseau.

On donne:

$V_0 = 100V$	$V = 60V$	$I_L = 5A$	$T_d = 20\mu\text{sec}$	$f = 50\text{Hz}$
--------------	-----------	------------	-------------------------	-------------------

4/ Ecrire, en justifiant, la valeur instantanée de $v_e(t)$ en fonction de K_1 et de V_0 .

5/ En déduire $\langle v_e(t) \rangle$ en fonction de V_0 et de α .

Pour connaître l'expression du rapport cyclique en fonction du temps, on est amené à réaliser une modélisation "au sens du fondamental", c'est à dire que l'on ne considère que les variations fondamentales des variables. On suppose pour cela:

- que le fondamental de la tension $v_e(t)$ est $\langle v_e(t) \rangle$, celui du courant $i_e(t)$ est $\langle i_e(t) \rangle$,
- que le fondamental de $i_e(t)$ est d'amplitude I_{EM} et à la pulsation ω .

6/ Dans le cas d'une absorption purement sinusoïdale sans compensation de l'énergie réactive, donnez l'expression du fondamental de $i_e(t)$.

7/ A partir d'une loi des mailles, trouvez l'expression liant le fondamental de $v_e(t)$, celui de $i_e(t)$ et celui de $v_r(t)$.

8/ à partir de la question 5, exprimez le rapport cyclique α en fonction du temps. Montrez que l'on peut exprimer α sous la forme $\alpha(t) = \frac{1}{2} + \Delta\alpha \sin(\omega t - \Phi)$. Exprimez Φ et $\Delta\alpha$.

9/ On néglige la chute de tension aux bornes de l_f , si bien que l'on pose $l_f=0$. Montrez dans ce cas que pour assurer le bon fonctionnement du redresseur à absorption sinusoïdale, le redresseur doit être élévateur. Que se passe-t-il à la mise sous tension du redresseur (lorsque $V_0=0$)?

10/ A partir d'un bilan de puissance, déterminez l'expression de I_{EM} en fonction de V_0 , I_L , V . Faire l'application numérique.

11/ Exprimez $\langle i_0(t) \rangle$ en fonction du temps. On utilisera la relation établie à la question 8.

12/ reprendre les questions 10 et 11 dans le cas où l'absorption sinusoïdale s'accompagne d'une compensation de l'énergie réactive, se traduisant par un déphasage ϕ entre le fondamental de $i_c(t)$ et celui de $v_r(t)$.

Le document réponse fournit les chronogrammes sur une partie de la période réseau, en montrant que le fondamental du courant $i_c(t)$.

13/ Remplir le document réponse. En particulier, sur le graphe de $i_0(t)$, on fera apparaître I_{EM} , et I_L .

2. Dimensionnement des éléments de filtrage

On cherche à dimensionner les éléments l_f et C_f afin de limiter les ondulations de courant i_c et de tension v_r .

Dimensionnement de l_f :

14/ Donnez l'expression de v_L , la tension aux bornes de l_f , en fonction de V_0 et de v_r , sur une période de découpage quelconque.

15/ En supposant que T_d est très petite devant la période de la tension réseau, en déduire que l'évolution du courant i_c est linéaire par morceaux.

16/ Exprimez l'ondulation de courant observée sur une période de découpage.

17/ En déduire l'expression de l_f qui permette de réduire cette ondulation à une valeur maximale que l'on se fixe et que l'on note ΔI_{max} .

18/ Application numérique pour $\Delta I_{max}=10\%I_{EM}$.

19/ L'hypothèse formulée en 9 était-elle justifiée?

Dimensionnement de C_f :

$v_r(t)$ n'est pas supposée purement alternative et sinusoïdale pour cette question.

20/ Donnez l'expression approchée de C_f qui permette d'obtenir une ondulation de tension v_r égale à 1% de sa valeur maximale. Application numérique.

21/ Calculez la fréquence de coupure du filtre ($l_f C_f$) ainsi réalisé. Montrez que ce filtre permet d'assurer le passage de la fréquence du réseau.

Dimensionnement de C_0 :

Compte tenu de la forme du courant $i_0(t)$, la capacité C_0 doit filtrer les ondulations basses fréquence de ce courant, seule la composante continue devant être transmise à la charge.

22/ Utilisez la méthode de votre choix pour déterminer la valeur minimale de la capacité C_0 qui permet de réduire l'ondulation de tension V_0 à 10% de la valeur nominale.

3. Synthèse et dimensionnement

23/ A partir des chronogrammes de la question 13, synthétiser les interrupteurs du montage.

24/ Les composants utilisés seront des associations de diode et d'un transistor IGBT. Donnez les contraintes en courant tension utiles pour le choix. Pour cette question, on pourra négliger l'ondulation de courant

4. Contrôle

25/ Proposez un modèle REM du redresseur.

26/ En déduire une architecture de commande permettant de régler V_0 et d'assurer le fonctionnement en absorption sinusoïdale.

----- FIN -----