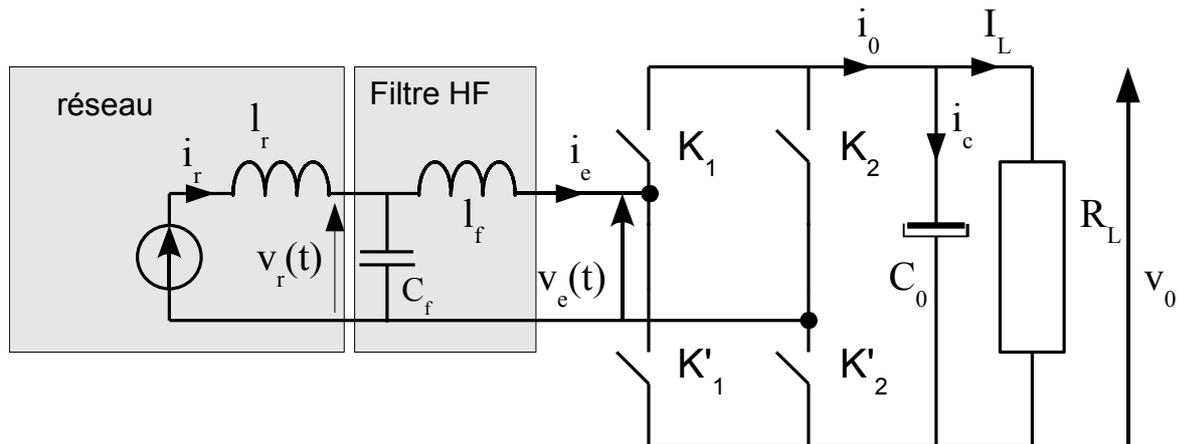


La structure en pont complet commandée en modulation de largeur d'impulsion (MLI) montre qu'il est possible de fonctionner sur les quatre quadrants du plan (U,I) lorsque les interrupteurs sont synthétisés de la bonne manière. Cette structure permet également de fonctionner en redresseur à absorption 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  $\alpha$  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  $\alpha$ .

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  $\omega$ .

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

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

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

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 -----