

## DEVOIR SURVEILLE - Conversion DC-DC

Durée : 3 h -

Seules les notes de cours et les fiches manuscrites sont autorisées

Annales interdites

Le schéma de la figure 1 représente la topologie d'un hacheur dans laquelle T est le commutateur de puissance fonctionnant à la fréquence F, LL est l'inductance de lissage, Drl est la diode de roue libre, C2 est la capacité destinée à filtrer la tension aux bornes de la charge modélisée par une résistance R en série avec une fem E. Par la suite, on considérera que les constantes de temps locales sont très grandes vis-à-vis de la période de commutation de T.

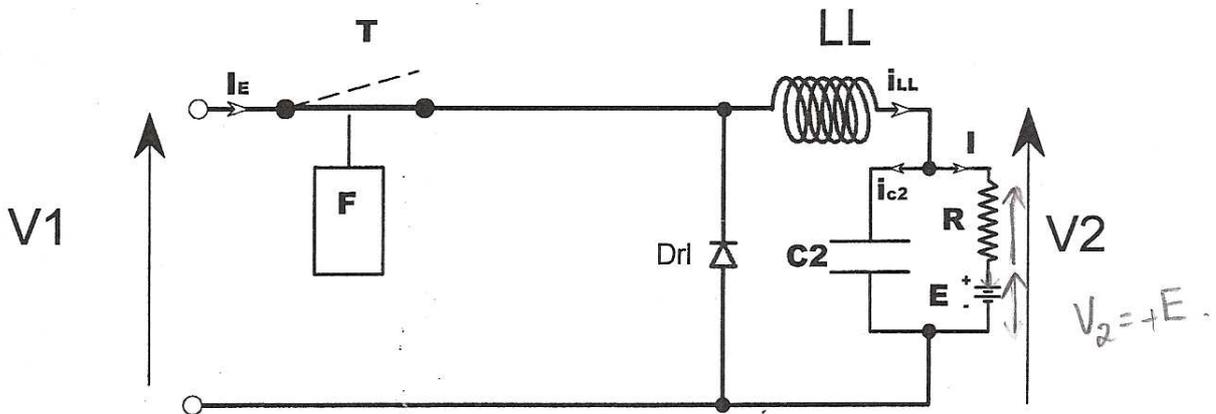


Figure (1)  $V_1 = 500 \text{ V}$ ;  $R = 1.5 \Omega$ ;  $LL = 0.0015 \text{ H}$ ;  $E = 250 \text{ V}$ ;  $F = 5 \text{ KHz}$

Lors de la commutation de T, en régime permanent, le courant  $i_{LL}$  dans l'inductance de lissage LL évolue, en fonction des composants de la structure et des temps de commutation de T, entre une grandeur maximum  $I_M$  et une grandeur minimum  $I_m$ .

- ✓ 1. Après avoir identifié le type de hacheur utilisé tracer l'allure du courant  $i_{LL}$  dans l'inductance LL puis en déduire les allures des courants dans C2 et dans la charge.
- ✓ 2. Exprimer les courants  $I_M$  et  $I_m$  en fonction des éléments du montage et du rapport cyclique  $\delta$ ; les calculer quand l'ondulation en courant est maximum. Que constatez-vous ? pour  $E = 245 \text{ V}$  quel sera le mode de fonctionnement de hacheur ?
- ✓ 3. On souhaite afin de confondre les valeurs des courants  $I_m$  et  $I_M$ , pour  $E$  inférieure à  $250 \text{ V}$ , un écart maximum entre  $I_M$  et  $I_m$  de  $0.2 \text{ A}$ . Déterminer la valeur minimum de LL pour qu'il en soit ainsi.
4. Donner l'expression du courant  $I_E$  délivré par le générateur de fem  $V_1$ .
5. Montrer que la tension aux bornes de l'inductance LL est alternative. Que vaut la valeur moyenne de cette tension ?

6. Représenter l'allure de la tension aux bornes de la diode de roue libre Drl et calculer sa valeur moyenne. Que constatez-vous ?

La charge, modélisée par R et E, est un moteur à aimant permanent fournissant un couple utile C à une vitesse angulaire  $\Omega$ . La fcem E est reliée à la vitesse  $\Omega$  par la relation  $E=A.\Omega$  et le couple C au courant I par  $C=A.I$ ; A étant une constante qui caractérise cette machine. On note pour  $\Omega = 157$  rd/s une fem  $E=250$  V.

7. Exprimer numériquement le couple C en fonction de  $\delta$  et de  $\Omega$ .
8. Quelle est la puissance maximale que peut fournir le moteur avec un rapport cyclique  $\delta$  réglé à 0.3 ? Quelle est, pour ce mode, la vitesse en t/mn ?
9. Le rapport cyclique étant toujours maintenu à 0.3 ; quelle est la puissance maximum que peut délivrer la source ?
10. Dans le cadre des deux précédentes questions en déduire le rendement. Les spécifications techniques stipulent un rendement de 50% pour un rapport cyclique de 0.6 ; qu'en pensez-vous ?

Le constructeur tient compte maintenant de la réaction magnétique d'induit et constate que la chute du flux utile est proportionnelle au courant I absorbé par le moteur. Il note, pour une vitesse  $n = 1500$  t/mn, la fcem E à vide et en charge

| N = 1500 t/mn | I=0 (A) | I=100 (A) |
|---------------|---------|-----------|
| E (V)         | 250     | 232       |

11. Donner la nouvelle expression numérique de A en fonction du courant I.
12. Quelle devra être la valeur du rapport cyclique  $\delta$  qui permettra au moteur de fournir un couple C de 120 Nm à une vitesse de 55 rd/s ?

Le commutateur de puissance T est constitué par un thyristor principal Thp associé à un circuit d'extinction passif composé de L et C (figure 2). Le thyristor auxiliaire Thi assure l'inversion de la tension aux bornes du condensateur C et le thyristor auxiliaire The l'extinction du thyristor principal Thp. Les formes d'ondes relevées aux bornes des différents éléments sont représentées à la figure 3. Ce montage est dimensionné pour un courant maximum dans la charge de 80 A ( $I = 80$  A).

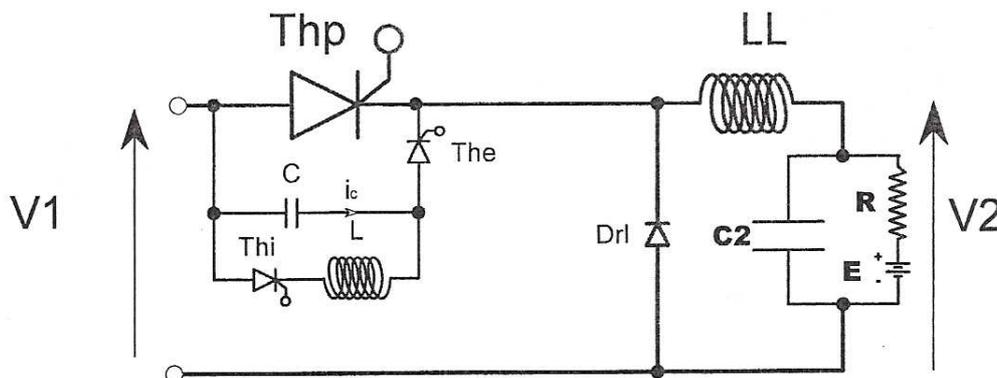


Figure 2  $L = 10 \mu\text{H}$  ;  $C = 1.25 \mu\text{F}$

13. Pouvez-vous, avec  $LL = 0.125 \text{ H}$ , en utilisant les résultats de la question 12, négliger l'ondulation du courant dans l'inductance de lissage (cf question 3) ?
- ✓ 14. Expliquer clairement, en vous aidant de la figure 3, les différentes phases de fonctionnement de cet ensemble aux instants :  $t_0$  ;  $t_1$  ;  $t_2$  ;  $t_3$  ;  $T$ .
15. Au bout de combien de temps le thyristor principal  $Th_p$  retrouvera-t-il ses propriétés de blocage quand on réapplique, en direct, une tension positive à ses bornes ?
16. Quelle sera la valeur maximale du courant dans le thyristor d'inversion  $Th_i$  ?
17. Quel sera le taux de croissance maximum du courant dans  $Th_i$  ?
18. Quelle sera la valeur minimale de la tension  $V_2$  que l'on pourra obtenir ?

Afin de ralentir le taux de croissance du courant dans le thyristor principal  $Th_p$  on insère, en série avec son anode, une faible inductance  $L_1$  (figure 4).

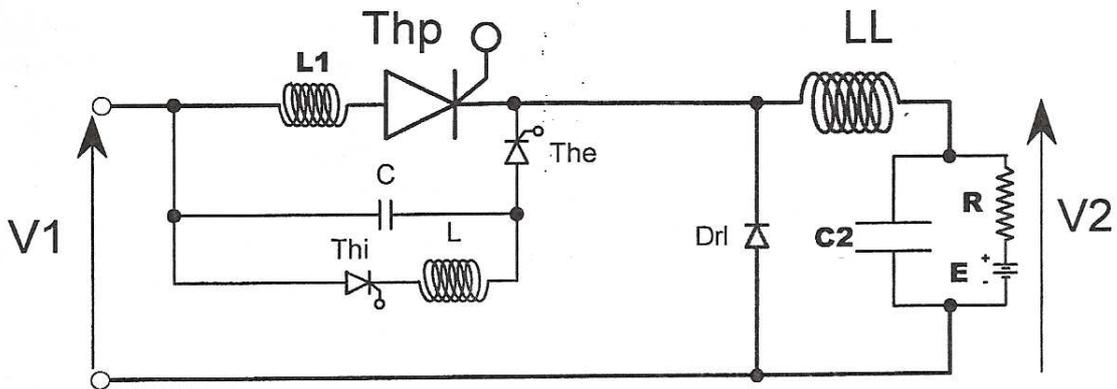


Figure 4  $L_1 = 2.L$

19. A la mise en conduction du thyristor principal  $Th_p$ , combien de temps mettra le courant à s'établir dans celui-ci à la valeur de  $I$  ?
20. La figure 5 représente, au moment de la fermeture de  $Th_e$  (le thyristor principal  $Th_p$  étant toujours en conduction), la circulation des courants dans  $L_1$  et  $C$ .

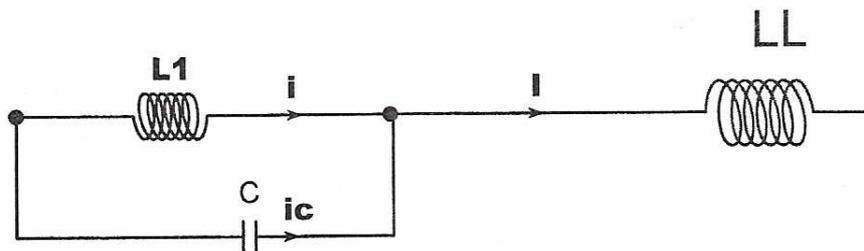


Figure 5

- a. Etablir la relation entre  $i$ ,  $i_c$  et  $I$ .
  - b. Quelles sont les expressions de la tension  $u_c$  (aux bornes de C) et du courant  $i_c$  ?
  - c. Si  $T_{hp}$  ne se bloque pas quelle sera la valeur maximale du courant susceptible de traverser  $T_{he}$  ? quel est le taux maximum de croissance du courant dans  $T_{he}$  ?
  - d. Montrer qu'à la fermeture de  $T_{he}$  le blocage de  $T_{hp}$  n'est pas instantané. Calculer le retard qu'impose  $L_1$  au blocage de  $T_{hp}$ .
  - e. Quelle sera, au moment du blocage de  $T_{hp}$  la tension  $U_1$  aux bornes de C ?
21. Représenter les distorsions apportées par la présence de  $L_1$  sur les formes d'ondes de la figure 3.
22. Pendant combien de temps le thyristor principal se trouve t-il polarisé négativement ? Cette nouvelle valeur est-elle compatible avec celle que vous avez trouvée à la question 15 ? concluez !
23. **Bonus (2pts)**. Le thyristor principal à un temps de recouvrement  $t_q$  de  $4 \mu s$ . Quelle sera, afin d'éviter l'instabilité du hacheur, la valeur maximale de  $I$  à ne pas dépasser ? (à la limite de l'instabilité essayer d'exprimer  $t_q$  en fonction de  $C$ ,  $L_1$ ,  $V_1$ ,  $I$  et de  $t_q$ ).

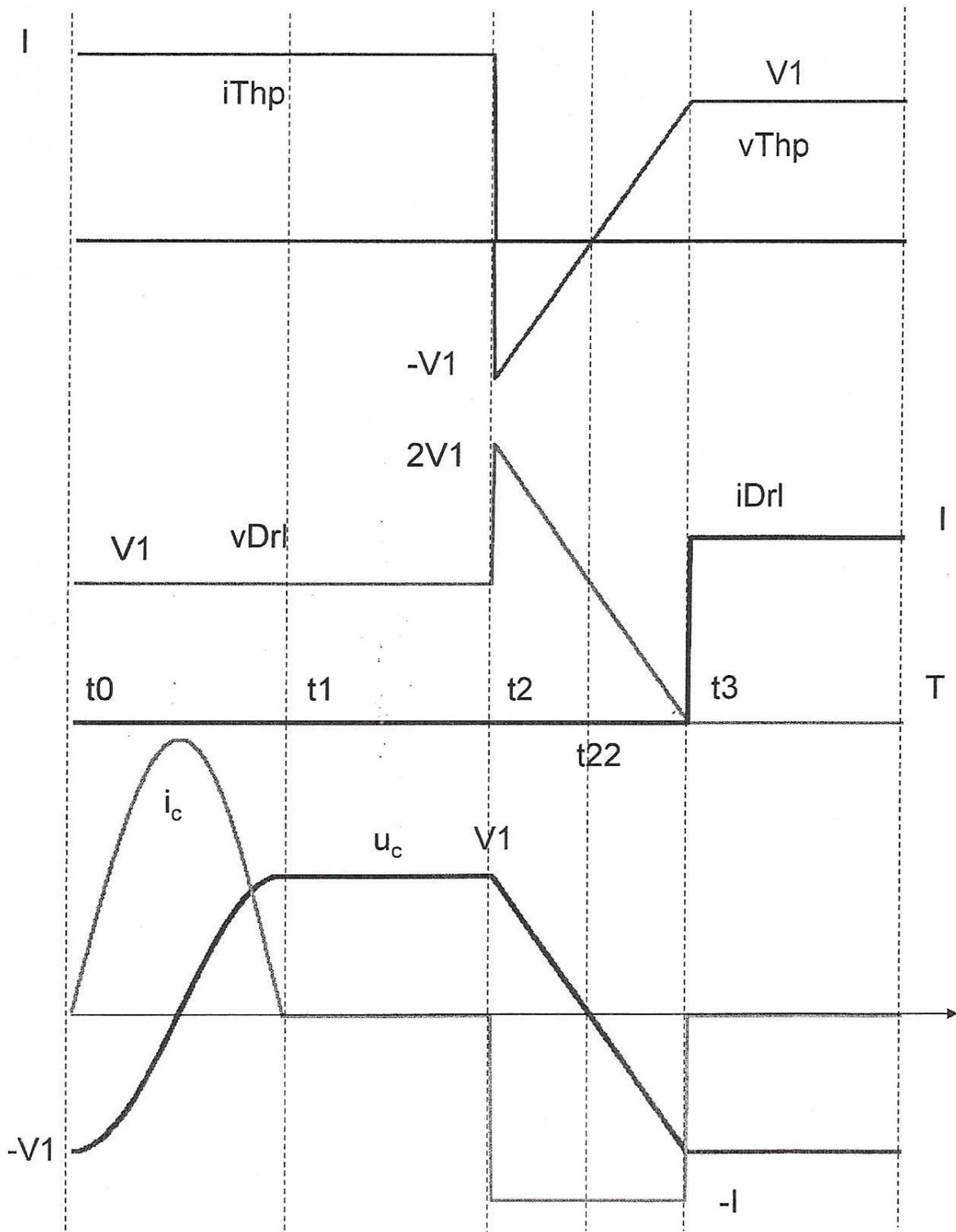


Figure 3 ( à rendre avec vos annotations )

NOM :

Prénom :

Groupe :