

## Master 1 EEA

## EMEAT1D1 : Alimentations à découpage

Examen du 21 juin 2017

Sans document

Durée : 1H30

## EXERCICE 1 : PROBLÈME : ALIMENTATION FORWARD (14 PTS)

La figure 1 représente une alimentation forward, alimentée par le secteur monophasé (230 V / 50 Hz) et délivrant en sortie une puissance nominale de 300 W sous 15 V. On suppose que les transistors  $K_a$  et  $K_b$  sont pilotés par modulation de largeur d'impulsion (MLI) à la fréquence  $F = 20$  kHz (période  $T$ ) avec un rapport cyclique  $\alpha$ , et que leur position est repérée par la variable  $u$  ( $u_a$  pour  $K_a$  et  $u_b$  pour  $K_b$ ) :

$u = 1$  pour  $K$  fermé et  $u = 0$  pour  $K$  ouvert.

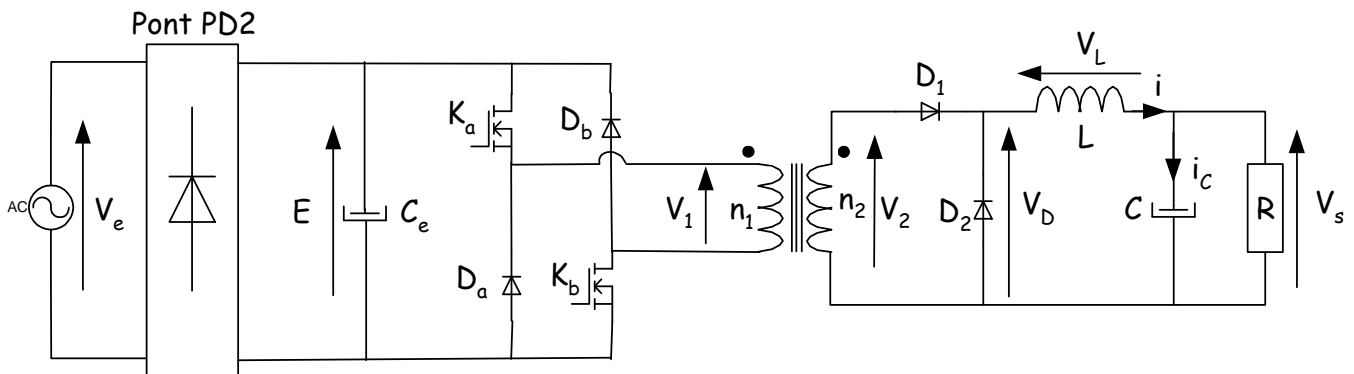


Figure 1

## • Etude de l'étage redresseur PD2

1) En considérant dans un premier temps le condensateur  $C_e$  de très forte valeur et la tension d'alimentation du réseau à la valeur nominale, calculer la valeur théorique de la tension  $E$  (ou pourra s'appuyer sur un dessin). Déterminer alors la résistance  $R_f$  équivalente à l'étage forward lorsqu'il délivre sa puissance nominale (on supposera son rendement unitaire).

2) Avec cette résistance, déterminer la capacité  $C_e$  pour que l'ondulation sur  $E$  ne dépasse pas 5 %. On tracera pour cela l'allure de la tension  $E$  et on rappellera l'approximation effectuée.

3) La tolérance sur la tension efficace du réseau d'alimentation est de  $\pm 10$  %. En prenant en compte la question précédente, en déduire les valeurs instantanées minimale ( $E_{\min}$ ) et maximale ( $E_{\max}$ ) que peut prendre la tension  $E$ .

## • Etude de l'étage Forward

On considèrera, sauf indication contraire, que les couplages magnétiques sont sans fuites et sans pertes magnétiques et que les résistances de bobinages sont négligeables, ainsi que les couplages capacitifs. On supposera aussi que le courant  $i$  n'est jamais nul.

- 4) Comment doit-on commander les interrupteurs  $K_a$  et  $K_b$  ? A quoi servent les diodes  $D_a$  et  $D_b$  ?
- 5) Dessiner alors l'évolution de la tension  $v_1$  pour un rapport cyclique de  $1/3$ .
- 6) En déduire la limite supérieure  $\alpha_{\max}$  du rapport cyclique qui en découle (justifier).
- 7) Quelle tension maximale doivent supporter les transistors  $K_a$  et  $K_b$  à l'état bloqué, ainsi que les diodes  $D_a$  et  $D_b$  ? Donner pour cela les expressions littérales et les valeurs numériques, en justifiant.

8) Dessiner qualitativement l'évolution des tensions  $v_2$  et  $v_D$  pour un rapport cyclique de  $1/3$  (On supposera que le courant  $i$  ne s'annule jamais). Déterminer alors l'expression de la valeur moyenne  $\bar{v}_D$  sur une période de découpage en fonction du rapport cyclique. En déduire l'expression de la valeur moyenne  $\bar{v}_s$  de la tension de sortie en régime permanent (on posera  $m = \frac{n_2}{n_1}$ ).

9) Sur charge nominale, on suppose une chute de tension sur  $\bar{v}_s$  de  $1,5$  V par rapport à l'expression trouvée en 8). Déterminer alors la valeur (minimale ou maximale ?) du rapport de transformation  $m$  permettant de garantir  $15$  V en sortie en prenant en compte le fonctionnement du pont redresseur et la tolérance sur la tension efficace du réseau d'alimentation.

10) Toujours dans les conditions de fonctionnement précédentes, déterminer les tensions maximales que doivent supporter les diodes  $D_1$  et  $D_2$  à l'état bloqué. Donner pour cela les expressions littérales et les valeurs numériques, en justifiant.

11) Tracer l'allure de l'évolution du courant  $i$  en régime de conduction continue, en rappelant l'hypothèse sur la tension de sortie  $v_s$ . En déduire l'expression de son ondulation crête à crête  $\Delta i$ .

12) Calculer le courant nominal en sortie et en déduire la valeur de  $L$  permettant de garantir que l'ondulation  $\Delta i$  ne dépasse pas  $10\%$  de ce courant nominal. Justifier le choix de la valeur de  $E$  pour ce calcul.

13) Pour la tension réseau nominale, pour un rapport cyclique de  $0,5$  et en négligeant les chutes de tension, déterminer la valeur du courant de sortie en deçà de laquelle le courant dans la bobine  $L$  passe en conduction discontinue.

14) Pour un rapport cyclique de  $0,5$ , tracer l'évolution du courant  $i_c$  dans le condensateur  $C$ , en supposant que l'ondulation crête à crête à ses bornes  $\Delta v_s$  est faible.

15) Déterminer alors l'expression de la valeur efficace de ce courant en fonction de  $\Delta i$ .

**EXERCICE N°2 : ALIMENTATION FLYBACK ( 7 PTS)**

La figure 2 ci-dessous représente la structure de puissance d'un convertisseur statique de tension DC-DC de type flyback. On supposera le couplage magnétique sans fuites, sans perte magnétiques, le matériau de perméabilité constante, et les enroulements sans résistances. On notera  $L_\mu$  l'inductance magnétisante **vue du secondaire** et  $\mathcal{R}$  la réluctance du circuit magnétique. On supposera les semi conducteurs parfaits et la tension  $v_s$  quasi-constante. La fréquence de découpage  $F_d$  est de 20kHz et on note  $\alpha$  le rapport cyclique.

On souhaite les conditions nominales suivante :

**Fonctionnement en démagnétisation incomplète ;**

$\alpha=0,5$  ;  $E=50V$  ;  $v_s=5V$  ;

Le courant de sortie maximum vaut  $i_{smax}=20A$ .

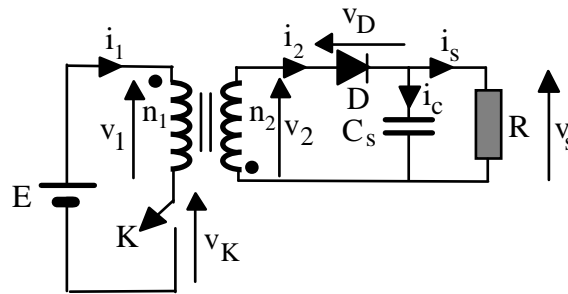


Figure 2

- 1) Proposer en justifiant un schéma équivalent au couplage magnétique.
- 2) Montrer que, vis à vis de la charge R, cette structure est équivalente à un convertisseur de type abaisseur-élevateur alimenté par une source de tension  $E_1$ .
- 3) Donner pour cela les expressions de :
  - la source  $E_1$  en fonction de  $E$  ;
  - $L_\mu$  en fonction de  $\mathcal{R}$  ;
  - $v_{k1}$  et  $i_{k1}$  respectivement tension et courant appliqués à l'interrupteur statique du convertisseur abaisseur-élevateur équivalent en fonction de  $v_k$  et  $i_1$ .
- 4) Dessiner qualitativement l'évolution de la tension  $V_\mu$  aux bornes de l'inductance  $L_\mu$  en régime établi. En déduire la relation entre  $E$  et la tension de sortie moyenne  $\bar{v}_s$ .
- 5) Déterminer la valeur du rapport de transformation  $m = n_2/n_1$  afin d'obtenir les conditions nominales de fonctionnement.
- 6) Tracer qualitativement l'évolution du courant  $I_\mu$  dans l'inductance magnétisante  $L_\mu$ . En déduire l'expression de l'ondulation crête à crête  $\Delta i$  du courant  $I_\mu$  en fonction de  $E$ ,  $m$ ,  $\alpha$ ,  $L_\mu$ ,  $F_d$ .
- 7) On souhaite que l'ondulation  $\Delta i$  soit au maximum égale à  $i_{smax}/10$ . Déterminer la valeur minimale de  $L_\mu$  que l'on conservera pour la suite.
- 8) Pour le rapport cyclique nominal, déterminer la valeur minimale du courant de sortie en dessous de laquelle le flyback passe en démagnétisation complète.
- 9) Exprimer puis calculer l'énergie magnétique maximale  $W_{Lmax}$  stockée dans le circuit magnétique dans les conditions de fonctionnement nominales.
- 10) Exprimer puis calculer la variation d'énergie  $\Delta W_L$  stockée dans le circuit magnétique, qui correspond à l'ondulation  $\Delta i$  pour  $\alpha=0,5$ .
- 11) Comparer  $W_{Lmax}$  et  $\Delta W_L$ . Conclusion ?

\* \* \*

