

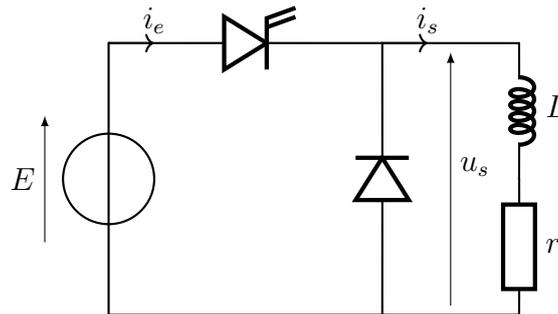
ET3-TD

Conversion d'énergie électrique

ET3 – 01 Hacheur sur charge inductive (TD-Cours)

On étudie le montage hacheur dévolteur du cours, en utilisant cette fois comme charge (c'est-à-dire comme récepteur) une bobine réelle modélisée par l'association série d'une inductance L et d'une petite résistance interne r . On donne les valeurs numériques suivantes : inductance $L = 0,4 \text{ H}$, $E = 100 \text{ V}$, $r = 10 \Omega$ et $\alpha = 0,3$.

Dans ce circuit le transistor est commandé périodiquement (période T) de sorte à être passant sur l'intervalle de temps $[0; \alpha T]$ et bloqué sur $[\alpha T; T]$.



- 1) Préciser l'état (passante ou bloquée) de la diode sur les deux intervalles de fonctionnement du circuit.
- 2) Obtenir les équations différentielles vérifiées par i_s dans les deux cas.
- 3) Résoudre ces équations différentielles (sans chercher à déterminer les constantes d'intégration) puis donner l'allure de $i_s(t)$. À quelle condition cette allure est-elle affine par morceaux ?
- 4) Calculer d'abord la valeur moyenne de i_s en fonction de α , E et r . Ensuite, la calculer de nouveau en fonction de I_{\max} et I_{\min} , en considérant que i_s est affine par morceaux (valable dans toute la suite de l'exercice).
- 5) On définit maintenant le **taux d'ondulation**, ou **ondulation** tout court, comme la différence

$$\Delta i_s = I_{\max} - I_{\min}$$

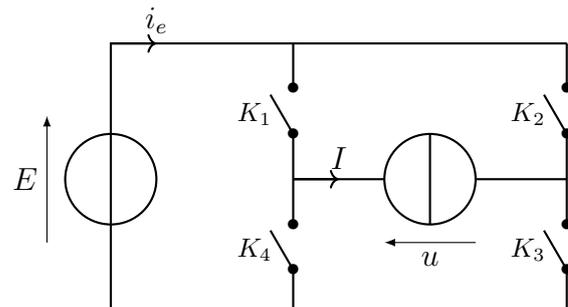
Calculer ce taux d'ondulation en fonction de E , T , L et α . Comment choisir la fréquence $f = 1/T$ pour avoir un taux d'ondulation inférieur au centième de la valeur moyenne de i_s ?

- 6) Calculer la puissance reçue par la charge, et en faire l'application numérique. Au passage, définir puis calculer le rendement du circuit hacheur.

ET3 – 02 Hacheur en pont

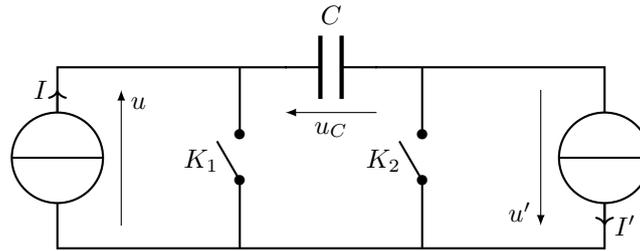
Le générateur du montage ci-dessous est modélisé par une source de tension idéale et délivre une tension constante $E > 0$. Le récepteur est quant à lui modélisé par une source de courant continu $I > 0$. Le circuit fonctionne par des bascules périodiques (période T) des interrupteurs. Les interrupteurs K_1 et K_3 sont ouverts sur les intervalles $[0; \alpha T]$ et fermés sur $[\alpha T; T]$. C'est l'inverse pour les interrupteurs K_2 et K_4 .

- 1) Comment s'appelle α ?
- 2) Identifier la nature des quatre interrupteurs.
- 3) Tracer les formes d'onde du courant d'entrée i_e et de la tension de sortie u . En déduire leurs valeurs moyennes respectives.
- 4) Au regard de ces valeurs moyennes, quelle est la particularité de ce montage hacheur en pont ?
- 5) Calculer les puissances produite en entrée et absorbée en sortie, puis en déduire le rendement du hacheur.



ET3 – 03 Hacheur à stockage capacitif

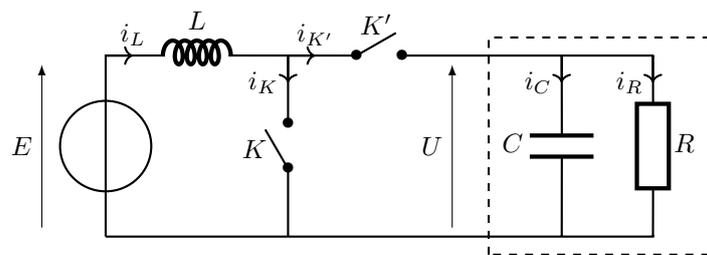
Dans le convertisseur ci-dessous, le générateur est la source de courant d'intensité $I > 0$ et le récepteur celle d'intensité $I' > 0$. La puissance électrique est transmise de l'un à l'autre par l'intermédiaire du condensateur de capacité C . On indique que la tension $u_C(t)$ est toujours positive également.



- 1) Montrer que les interrupteurs ne peuvent être ni ouverts ni fermés en même temps.
- 2) Identifier la nature des interrupteurs en traçant leur caractéristique courant-tension. Dans toute la suite, l'interrupteur commandé est fermé sur $[0; \alpha T]$ et ouvert sur $[\alpha T; T]$.
- 3) Tracer la forme d'onde du courant dans le condensateur. En déduire un lien entre I , I' et α .
- 4) Représenter aussi les formes d'onde des tensions $u_C(t)$, $u(t)$ et $u'(t)$.
- 5) Calculer les valeurs moyennes U et U' des tensions $u(t)$ et $u'(t)$, en fonction de U_C , la valeur moyenne de $u_C(t)$.
- 6) En déduire la valeur du rapport U'/U en fonction de α . Que dire du cas $\alpha = 1$?
- 7) Dresser le bilan de puissance du convertisseur en calculant la puissance moyenne cédée par la source de courant I , la puissance moyenne consommée par la source de courant I' , et les puissances moyennes consommées par le condensateur et les interrupteurs.
- 8) Quels interrupteurs faudrait-il choisir si la tension $u_C(t)$ était toujours négative au contraire ?

ET3 – 04 Hacheur survolteur

On étudie l'alimentation à découpage (c'est-à-dire le montage hacheur) suivante :



La séquence de commande des interrupteurs est la suivante :

- pour $0 \leq t \leq \alpha T$, K est fermé et K' ouvert ;
- pour $\alpha T \leq t \leq T$, c'est l'inverse.

On donne les valeurs numériques suivantes : $E = 50 \text{ V}$ et $T = 50 \mu\text{s}$.

On suppose dans un premier temps que l'association RC parallèle entourée en pointillés se comporte comme une source de tension idéale $U = E'$; et on se place dans l'hypothèse où le courant dans la bobine i_L ne s'annule jamais.

- 1) Déterminer les expressions de $i_L(t)$, $i_K(t)$ et $i_{K'}(t)$ sur une période $[0; T]$. On note pour cela I_M (resp. I_m) la valeur maximale (resp. minimale) de i_L .
- 2) Représenter graphiquement ces trois intensités.
- 3) Déterminer la valeur moyenne E' de U , en fonction de E et α .

On choisit $\alpha = 0,6$. On donne que la puissance moyenne fournie par la source de tension E est alors $P = 150 \text{ W}$. On accepte dans ce cas une ondulation $\Delta i_L (= I_M - I_m)$ maximale $\Delta i_{L,\text{max}} = 0,3 \text{ A}$.

- 4) Déterminer la valeur minimale de L nécessaire pour cette ondulation.
- 5) Déterminer pour l'inductance L précédente les valeurs de I_M et I_m .
- 6) Tracer les portions des caractéristiques courant/tension des deux interrupteurs dans chacun des deux régimes du circuit.
- 7) Dédire alors la nature (transistor ou diode) des interrupteurs K et K' .
- 8) Que vaut la valeur moyenne U_K de la tension aux bornes de l'interrupteur K ?

On se place encore dans les conditions de la question 4 : $\alpha = 0,6$ et $P = 150$ W. On ne suppose par contre plus désormais que l'association RC parallèle est une source de tension idéale. La tension U devient alors une fonction elle aussi périodique qui présente une légère ondulation. On suppose par contre que cela n'affecte pratiquement pas les courants $i_L(t)$, $i_K(t)$ et $i_{K'}(t)$, qui conservent donc les mêmes formes que précédemment.

- 9) Déterminer littéralement puis numériquement les intensités moyennes I_R et I_C des courants dans la résistance et le condensateur en fonction de α , P et E .
- 10) Déterminer numériquement les valeurs moyennes P_R et P_C des puissances dissipées dans R et dans C .