4. Hacheur dévolteur sur charge E

a. L'inductance (source de courant) est un élément d'interconnexion entre les deux sources de tension que sont l'alimentation et la batterie. Si on enlève l'inductance, on connecte directement l'alimentation de 12 v sur la batterie de 5 V, ce qui provoquera des destructions de matériel.

b. $R \ll L\omega$

c. Loi des mailles : $\begin{cases} v_e = v_{K1} + v_{K2} \\ v_{K2} = v_L + v_s \end{cases}$, avec $\begin{cases} v_e = U \\ v_s = E \end{cases}$, d'où : $\begin{cases} v_{K1} + v_{K2} = U \\ v_{K2} = v_L + E \end{cases}$

Pour $t \in [0, \alpha T[$: K1 fermé, donc $v_{K1} = 0$, $v_{K2} = U$, $v_L = U - E$
Pour $t \in [\alpha T, T[$: K2 fermé, donc $v_{K2} = 0$, $v_{K1} = U$, $v_L = -E$

d. $\langle v_L \rangle = \frac{1}{T} [(U - E) \times \alpha T + (-E) \times (1 - \alpha)\, T] = \alpha\, U - E$

Par ailleurs : $\langle v_L \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T L.\frac{di}{dt}.dt = \frac{L}{T}\, [i(t)]_0^T = 0$ car $i(0) = i(T)$ en régime périodique

On en déduit que $\alpha\, U - E = 0$ et donc $\alpha = \frac{E}{U}$ a.n : $\alpha = \frac{5}{12} = 0.42$

e. On calcule le courant à partir de la relation $v_L = L.\frac{di}{dt}$

Pour $t \in [0, \alpha T[$: $L.\frac{di}{dt} = U - E$, d'où $i(t) = \frac{U-E}{L}\, t + i_0$ car $i(0) = i_0$

Pour $t \in [\alpha T, T[$: $L.\frac{di}{dt} = -E$, d'où $i(t) = \frac{-E}{L}\, t + K$ où K est une constante à déterminer

Le courant traverse l'inductance, il est donc continu et $i(\alpha T^-) = i(\alpha T^+)$

On en déduit : $\frac{U-E}{L}\, \alpha T + i_0 = \frac{-E}{L}\, \alpha T + K$, d'où $K = i_0 + \frac{U}{L}\, \alpha T$

Si on exprime le courant uniquement en fonction de U et α, on obtient :

Pour $t \in [0, \alpha T[$: $i(t) = \frac{(1-\alpha)\, U}{L}\, t + i_0$

Pour $t \in [\alpha T, T[$: $i(t) = \frac{-\alpha U}{L}\, t + i_0 + \frac{U}{L}\, \alpha T$ nb : $i(T^-) = i_0$, la périodicité est vérifiée

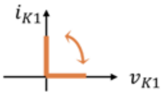
f. $i_\alpha = i(\alpha T) = \frac{\alpha(1-\alpha)\, U}{L}\, T + i_0$, d'où l'ondulation de courant $\Delta i = \frac{\alpha(1-\alpha)\, U}{L}\, T = \frac{\alpha(1-\alpha)\, U}{Lf}$

Pour obtenir une ondulation donnée, il faut choisir une valeur d'inductance $L = \frac{\alpha(1-\alpha)\, U}{\Delta i\, .f}$.

a.n : $L = \frac{\frac{E}{U}\left(1-\frac{E}{U}\right) U}{\Delta i\, .f} = \frac{\frac{5}{12}\left(1-\frac{5}{12}\right) 12}{0{,}1\, .2\times 10^4} = 1{,}45\ \times 10^{-3} H$

g. Voir chronogrammes pages suivantes

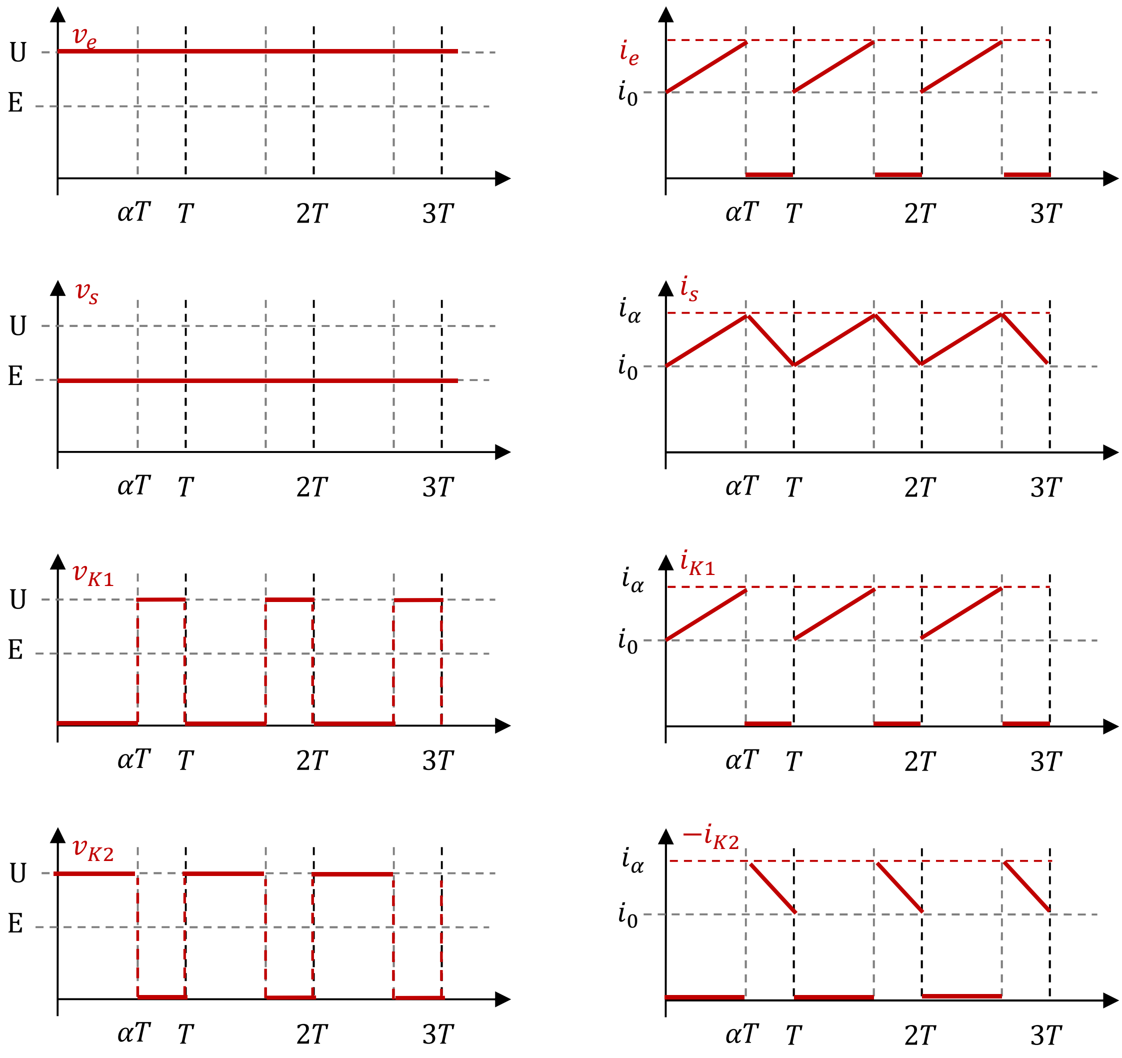
h. L'analyse des chronogrammes montre que pour K1, on a 2 états possibles : passant direct et bloqué direct Cela correspond à la caractéristique d'un transistor. Pour K2, les 2 états possibles sont passant inverse et bloqué direct. Cela nécessite une diode montée en inverse.

Interrupteur K1 : 

=> transistor

Interrupteur K2 : 

=> diode en inverse



Pour s’entraîner : Hacheur boost

a. Le condensateur filtre la tension de sortie. Sa capacité est très grande, de façon à maintenir une tension de sortie à peu près constante.

b. L’étude se fait toujours suivant la même démarche : écrire la loi des mailles pour déterminer les tensions sur chaque intervalle de temps – calculer le courant à partir de la tension aux bornes de l’inductance.

Détermination des tensions :

Loi des mailles : $\begin{cases} v_e = v_L + v_{K1} \\ v_{K1} = v_{K2} + v_s \end{cases}$, avec $\begin{cases} v_e = V_e \\ v_s = V_s \end{cases}$, d’où : $\begin{cases} v_L + v_{K1} = V_e \\ v_{K1} = v_{K2} + V_s \end{cases}$

Pour $t \in [0, \alpha T[$: K1 fermé, donc $v_{K1} = 0$, $v_{K2} = -V_s$, $v_L = V_e$

Pour $t \in [\alpha T, T[$: K2 fermé, donc $v_{K2} = 0$, $v_{K1} = V_s$, $v_L = V_e - V_s$

Détermination du rapport de transformation :

On exprime $\langle v_L \rangle$ de deux manières pour obtenir une relation entre α, V_e et V_s

$\langle v_L \rangle = \frac{1}{T}\,[V_e \times \alpha T + (V_e - V_s) \times (1-\alpha)\,T] = V_e - (1-\alpha) \times V_s$

Par ailleurs : $\langle v_L \rangle = \frac{1}{T}\int_0^T L.\frac{di}{dt}.dt = \frac{L}{T}\,[i(t)]_0^T = 0$ car $i(0) = i(T)$ en régime périodique

On en déduit que $V_e - (1-\alpha) \times V_s = 0$, d'où $\frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{1-\alpha}$

$\frac{V_s}{V_e} > 1$, donc $V_s > V_e$, d'où l'appellation de hacheur « survolteur » ou « hacheur boost »

Détermination du courant :

$v_L(t) = L.\frac{di}{dt}(\mathrm{t})$ i est continu et périodique, donc $i(0) = i(T) = i_0$,

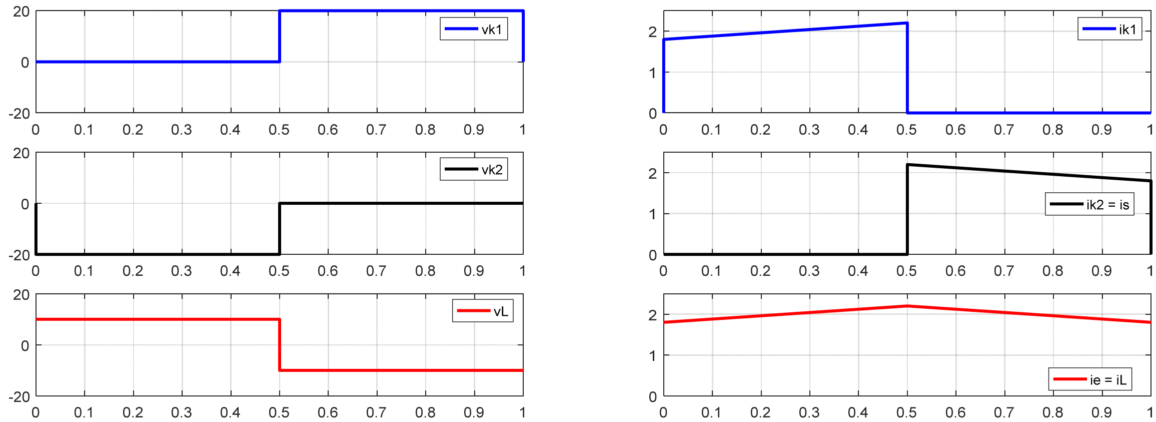
Pour $t \in [0, \alpha T[$: $L.\frac{di}{dt} = V_e$, donc : $i(t) = \frac{V_e}{L}t + i_0$

Pour $t \in [\alpha T, T[$: $L.\frac{di}{dt} = V_e - V_s$, donc : $i(t) = \frac{V_e - V_s}{L}(t-T) + i_0$

c. Pour $\alpha = 0{,}5$, $\frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{1-\alpha} = 2$

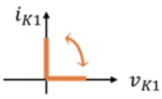
Chronogrammes tracés avec les valeurs arbitraires suivantes :

$V_e = 10\ V$ - $V_s = 20\ A$ $i_0 = 1.8\ A$ - $i_0 = 2.2\ A$

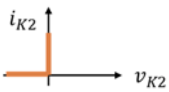


d. $i_\alpha = i(\alpha T) = \frac{V_e}{L}\alpha T + i_0$, d'où l'ondulation de courant $\Delta i = \frac{\alpha\, V_e}{L}\ T = \frac{\alpha\, V_e}{Lf}$

e. L'analyse des chronogrammes montre que pour K1, on a 2 états possibles : passant direct et bloqué direct Cela correspond à la caractéristique d'un transistor. Pour K2, les 2 états possibles sont passant direct et bloqué inverse. Cela correspond à la caractéristique d'une diode.

Interrupteur K1 : 

=> transistor

Interrupteur K2 : 

=> diode

f. $i_s = \frac{v_s}{R} = \frac{V_e}{R(1-\alpha)}$

Côté sortie : $P = \langle v_s . i_s \rangle = \frac{{V_e}^2}{R\,(1-\alpha)^2}$

Côté entrée : $P = \langle v_e . i_e \rangle = \langle V_e . i_e \rangle = V_e . \langle i_e \rangle$

Il n'y a pas de pertes dans le convertisseur, donc la puissance en sortie est égale à la puissance en entrée, donc $\langle i_e \rangle = \frac{V_e}{R\,(1-\alpha)^2}$.

On remarque que $\frac{\langle i_e \rangle}{\langle i_s \rangle} = \frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{1-\alpha}$