

CORRIGE ALIMENTATION SYMETRIQUE

Création d'une source de tension négative



Préambule

Dans le cas général, si la valeur du générateur E_1 est différente de la valeur du générateur E_2 , il n'est pas possible d'associer directement en parallèle deux sources de tension. Pour autoriser une telle association, il est nécessaire d'intercaler un étage intermédiaire réalisé à partir d'une source de courant (Figure 1) :

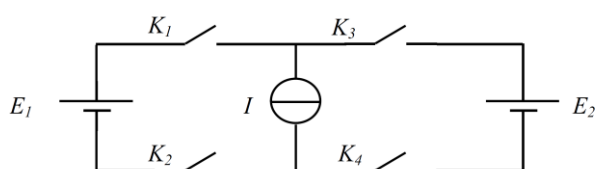


Figure 1

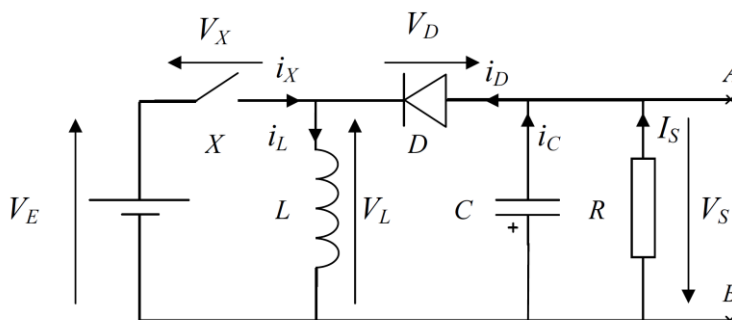


Figure 2

Q1 En rappelant au préalable les règles d'interconnexions des sources de tensions et de courants entre elles, préciser quels sont les interrupteurs qui peuvent être fermés au même instant sans risque de détérioration.

La source de courant ne peut pas être ouverte, donc soit on ferme K1 et K2 soit on ferme K3 et K4.

Q2 En déduire que seuls deux interrupteurs sont nécessaires dans ce schéma de principe et préciser lesquels. Dessiner le nouveau schéma de principe.

Donc on peut supprimer un interrupteur pour chacun de ces couples, on choisira de supprimer K2 et K4

Q3 Identifier par rapport au schéma de la Figure 2, chacun des éléments (par exemple E_1 est représenté par V_E).

E1	VE
K1	X
K3	D
Source de courant I	L
E2	C

Q4 K1 est utilisé en commutation forcée (c'est-à-dire que l'ouverture et la fermeture de ce composant sont commandées directement par son circuit de commande). Le composant qui réalise l'interrupteur K3 fonctionne-t-il en commutation forcée ? Quel risque pourrait-il y avoir à utiliser une commutation forcée pour ces deux interrupteurs ?

K3 est une diode qui fonctionne en commutation naturelle. Le risque à avoir deux composants en commutation forcée est l'ouverture simultanée des deux commutateurs et donc le risque de leur destruction à cause de l'effet de self (surtension) provoquée par l'extinction forcée du courant ou la fermeture simultanée des 2 interrupteurs entraînant la liaison directe de deux sources de tension de valeurs différentes.

Obtention de la tension négative

Afin de réaliser une tension négative, nous utilisons un principe de hacheur inverseur dont le schéma est fourni ci-dessous (Figure 2). La tension qui sera utilisée pour l'alimentation négative est la tension $V_A - V_B$. La résistance R représente la charge de ce montage et correspond à l'ensemble des charges du montage.

La tension V_S est supposée continue (attention au sens de la flèche de V_S), ainsi que le courant I_S dans la charge R. Tous les éléments de ce montage sont supposés idéaux et en particulier l'interrupteur commandé X et la diode D (Diode idéale).

La bobine L est supposée idéale, ce qui implique que sa résistance interne est considérée comme étant de valeur nulle et que la valeur de L est supposée constante.

L'interrupteur X est un interrupteur commandé. Ce dernier peut ainsi avoir deux états : l'état fermé ou l'état ouvert. La commande de l'interrupteur X est périodique de période T et se décompose en deux parties. Les figures (Figure 3 et Figure 4 ci-dessous) illustrent ainsi le fonctionnement du hacheur suivant l'état de l'interrupteur X.

Notations utilisées :

Valeur instantanée $V_{E(t)}$

Valeur continue V_E

Valeur moyenne $\langle V_E \rangle$ ou \bar{V}_E

De 0 à αT : l'interrupteur X est fermé,
la diode D est bloquée.

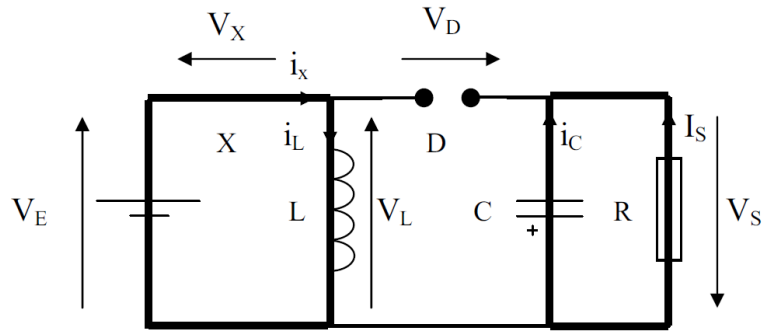


Figure 3

De αT à T : l'interrupteur X est ouvert,
la diode D est passante.

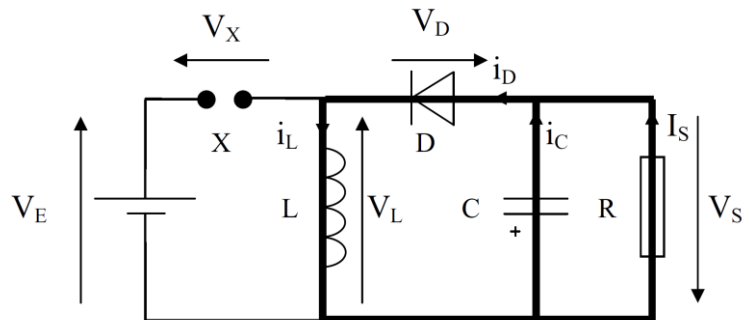


Figure 4

Q1 A partir de la Figure 2, donner l'équation reliant $V_{E(t)}$, $V_{L(t)}$ et $V_{X(t)}$.

$$V_{E(t)} = V_{L(t)} + V_{X(t)}$$

Q2 En passant aux valeurs moyennes, en déduire l'équation reliant $\langle V_E \rangle$ et $\langle V_X \rangle$.

Si le courant dans l'inductance peut être considéré comme périodique (régime établi) la valeur moyenne de V_L est nulle et donc $\langle V_E \rangle = \langle V_X \rangle$.

Q3 A partir de la Figure 3, donner l'équation de $V_{X(t)}$ pendant la première partie de la période (de 0 à αT).

$$V_X(t) = 0 \text{ de } 0 \text{ à } \alpha T$$

Q4 A partir de la Figure 4, donner l'équation de $V_{X(t)}$ pendant la deuxième partie de la période (de αT à T).

$$V_X(t) = V_E(t) + V_S(t) \text{ de } \alpha T \text{ à } T$$

Q5 A partir des deux questions précédentes, donner l'expression de la valeur moyenne de $V_{X(t)}$.

$$\bar{V}_X = (1 - \alpha) \cdot (V_E + V_S) \text{ si } V_E \text{ et } V_S \text{ peuvent être considérés comme constantes}$$

Q6 en déduire $V_S = V_E \cdot f_{(\alpha)}$. Par une étude simple du signe de la fonction, montrer alors qu'il s'agit bien d'un hacheur inverseur.

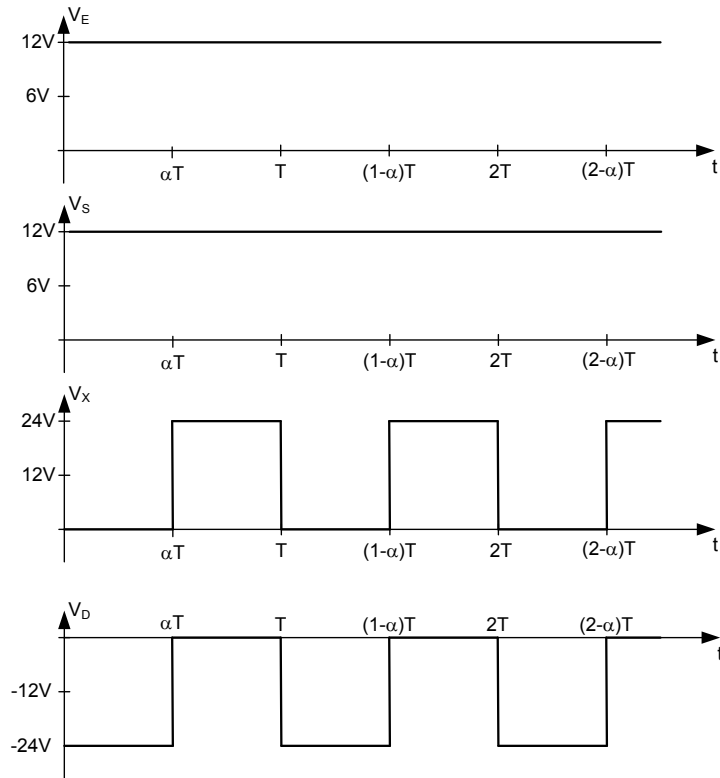
$$\bar{V}_X = \bar{V}_E = V_E = (1 - \alpha) \cdot (V_E + V_S) \Rightarrow \alpha V_E = (1 - \alpha) \cdot V_S$$

$$\frac{V_S}{V_E} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

Q7 Application numérique : On pose $\alpha = 0,5$ et $V_E = 12$ V, déduire de la question précédente la valeur de V_S .

$$1 \geq \alpha \geq 0 \Rightarrow \frac{V_S}{V_E} \geq 0 \Rightarrow V_A - V_B \text{ négative (C'est aussi un hacheur élévateur pour } \alpha > 0,5). V_S = 12V$$

Q8 Compléter les chronogrammes du Document réponse DR1.



Q9 On souhaite pouvoir obtenir une tension V_S comprise entre 11 et 13 Volts. Donner les valeurs extrêmes du rapport cyclique α .

$$\frac{V_S}{V_e} = \frac{\alpha}{1-\alpha}, \quad V_e = 12V \quad \text{si } V_S = 11V \Rightarrow \alpha = \frac{11}{23} = 0,478 \quad \text{si } V_S = 13V \Rightarrow \alpha = \frac{13}{25} = 0,52$$

Détermination de la valeur de la bobine

Afin de se prémunir d'un fonctionnement discontinu de ce hacheur, nous souhaitons dimensionner la valeur de la bobine en maintenant l'ondulation du courant I_L dans une valeur inférieure à 0,25 A avec un courant moyen de l'ordre de 2 A pour un rapport cyclique α de 50 %.

En régime permanent, le courant circulant dans la bobine évolue entre I_{Lmin} et I_{Lmax} comme présenté sur le chronogramme de la Figure 5. Attention, cette figure n'est qu'indicative sur la forme du courant $i_{L(t)}$ circulant dans la bobine et n'est donc pas à l'échelle pour le courant moyen $\langle i_L \rangle$!

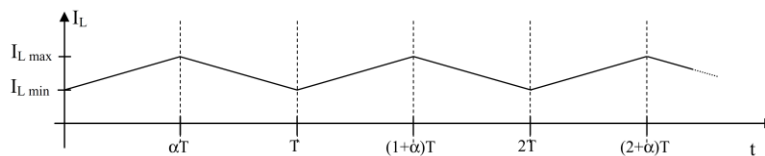
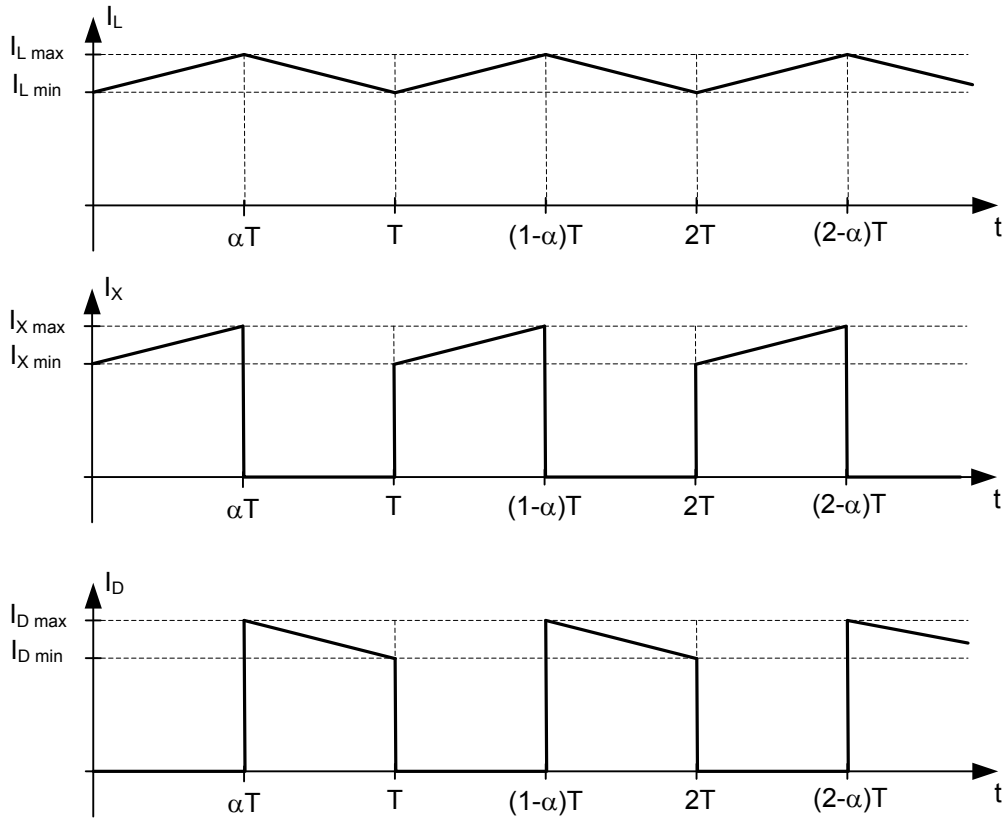


Figure 5

Q1 En expliquant votre raisonnement, compléter les chronogrammes des courants I_D et I_X du Document réponse DR2.

Entre 0 et αT l'interrupteur X est fermé, le courant I_X est égal au courant I_L , entre αT et T, la diode est passante le courant dans la diode I_D est égal au courant I_L .



Q2 En se référant au montage de la Figure 3, donner l'équation d'évolution du courant dans la bobine sur la durée $[0, \alpha T]$ et en déduire l'équation $\Delta I_L = f(V_{E, \alpha, L, F})$ avec $\Delta I_L = I_{L \max} - I_{L \min}$ et F : Fréquence de commutation de l'interrupteur commandé.

$$V_E = V_L = L \cdot \frac{di_L}{dt} \Rightarrow i_L(t) = \frac{V_E}{L} \cdot t + I_{L \min}$$

$$I_L(\alpha T) = I_{L \max} = \frac{V_E}{L} \cdot \alpha T + I_{L \min} \Rightarrow \Delta I_L = \frac{\alpha \cdot V_E}{L \cdot F}$$

Q3 Application numérique : On pose $\alpha = 0,5$; $V_E = 12 \text{ V}$ et $F = 50 \text{ kHz}$. Calculer la valeur de la bobine, pour obtenir $\Delta I_L = 0,25 \text{ A}$.

$$\Delta I_L = \frac{\alpha \cdot V_E}{L \cdot F} \Rightarrow L = \frac{\alpha \cdot V_E}{\Delta I_L \cdot F} = \frac{0,5 \cdot 12}{0,25 \cdot 50000} = 0,48 \text{ mH}$$