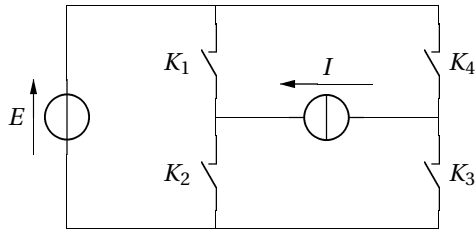


TD d'électronique de puissance

Conversion statique

1 — Association de sources

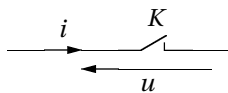
On considère la structure suivante :



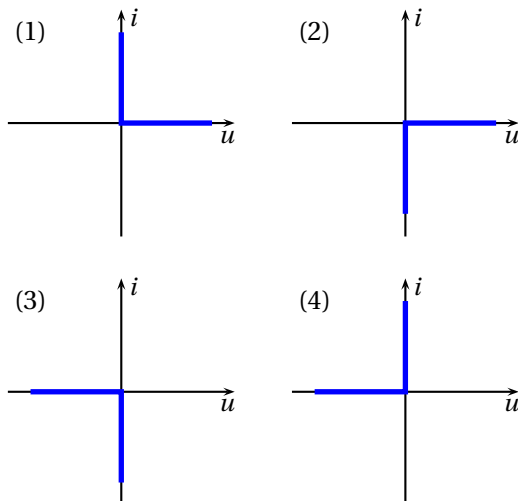
Quels sont les états interdits des interrupteurs ?
Quelques sont les états possibles des interrupteurs ?

2 — Les interrupteurs

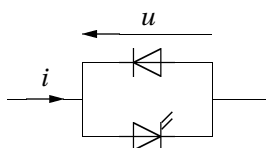
1. On oriente un interrupteur en convention récepteur :



Pour chacune des caractéristiques courant-tension suivantes, remplacer l'interrupteur par l'élément qui convient.



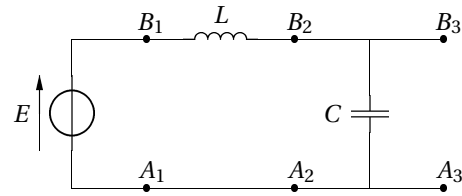
2. On considère l'association d'une diode et d'un transistor en parallèle :



Déterminer la caractéristique courant-tension de ce dipôle, en précisant la commutation commandée.

[*] 3 — Nature d'une source

On donne le schéma suivant :

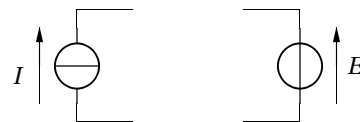


Déterminer la nature de la source (tension ou courant) :

- à gauche des points A_1 et B_1 ;
- à gauche des points A_2 et B_2 ;
- à gauche des points A_3 et B_3 .

4 — Hacheur parallèle

On veut réaliser un transfert de puissance d'une source de courant I continue vers un récepteur de tension continue E à l'aide d'un convertisseur direct comportant deux interrupteurs.



On considère $E > 0$ et $I > 0$. On se place en régime de commutation périodique, de période T .

1. En examinant la phase où les sources ne sont pas interconnectées, déterminer la structure du circuit à deux interrupteurs.

2. À partir des points de fonctionnement des interrupteurs, déterminer la nature de chaque interrupteur.

Pourquoi parle-t-on de « hacheur parallèle » ?

Le signal envoyé à l'interrupteur commandé est périodique, de période T et de rapport cyclique α : l'interrupteur est ouvert sur $[0, \alpha T[$, fermé sur $[\alpha T, T[$, avec $0 \leq \alpha \leq 1$.

3. Déterminer la puissance moyenne P_e fournie par la source d'entrée, et la puissance moyenne P_s reçue par la source de sortie. En déduire le rendement de la conversion de puissance.

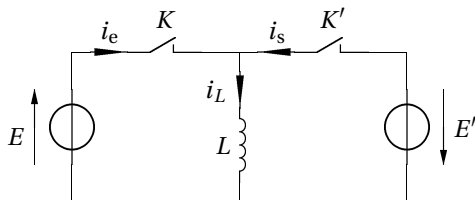
4. Expliquer pourquoi ce montage est aussi qualifié de « hacheur survolteur ».

5 — Hacheur à accumulation inductive[**]

On considère un convertisseur à accumulation dans lequel tous les éléments sont supposés idéaux. La commande des interrupteurs est périodique et se fait dans l'ordre suivant :

- pour $0 \leq t < \alpha T$, K est fermé tandis que K' est ouvert;
- pour $\alpha T \leq t < T$, K est ouvert tandis que K' est fermé.

On a $E = 50 \text{ V}$, $T = 50 \mu\text{s}$, $\alpha = 0,7$ et $L = 10 \text{ mH}$.



1. On suppose le régime périodique atteint et on note I_m la valeur de l'intensité dans la bobine au début d'une période.

Exprimer, par deux relations indépendantes faisant intervenir d'une part E et d'autre part E' , l'intensité I_m lors du blocage de K .

En déduire une relation entre E et E' obtenue pour ce régime périodique.

2. La puissance moyenne échangée est égale à 70 watts. Déterminer I_m et I_M .

3. On désire définir quelles fonctions de commutation peuvent être utilisées.

Tracer les évolutions de l'intensité du courant dans la bobine et dans chaque interrupteur avec les valeurs numériques précédentes.

Représenter dans le plan tension-courant les zones de fonctionnement de chaque interrupteur K et K' . Quelle fonctions de commutation peut-on envisager pour K et K' ? Décrire les commutations.

4. On reprend l'étude avec les fonctions de commutation précédentes dans le cas où $L = 1 \text{ mH}$.

Qu'impose le choix des fonctions de commutation précédent sur le signe des courants dans les interrupteurs? En déduire qu'il existe une valeur minimale de la puissance moyenne échangée permettant de conserver l'étude précédente.

6 — Alimentation à découpage [**]

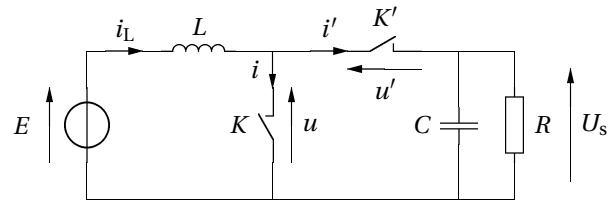
On s'intéresse au système constituant un convertisseur élévateur de tension entre une source de tension idéale E et une charge résistive R (jouant le rôle du dispositif à alimenter). Cette structure est représentative de dispositifs utilisés dans les alimentations dites à découpages, fréquemment utilisées dans les appareils électriques.

Le fonctionnement considéré ici est périodique, la séquence de commande des interrupteurs étant la suivante :

- si $0 \leq t < \alpha T$, K est fermé tandis que K' est ouvert;
- si $\alpha T \leq t < T$, K est ouvert tandis que K' est fermé.

On donne $T = 50 \mu\text{s}$ et $E = 40 \text{ V}$.

On considère l'association $R//C$ comme une source de tension de valeur $U_s = E'$.



1. Étudier l'évolution de $i_L(t)$ sur une période et en déduire la valeur de E' permettant d'obtenir un fonctionnement périodique.

2. On désire obtenir une valeur $E' = 80 \text{ V}$ avec une variation de courant dans la bobine $\Delta i_L \leq 0,2 \text{ A}$. Déterminer α puis la valeur minimale de l'inductance L .

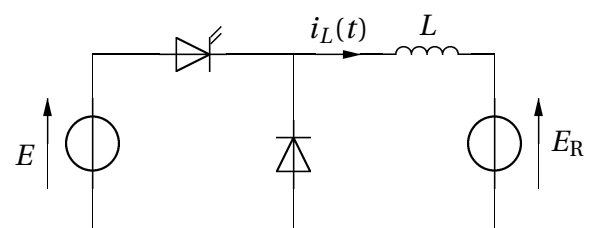
3. Lorsque la puissance moyenne échangée est $P = 160 \text{ W}$:

- déterminer les valeurs minimale et maximale de l'intensité dans la bobine si l'on adopte l'inductance minimale déterminée précédemment;
- définir les fonctions de commutation utilisables pour K et K' dans ce fonctionnement.

7 — Régime transitoire d'un hacheur série [***]

On considère un hacheur série transférant de l'énergie d'un générateur de fém E vers un récepteur de fém E_R . Le rapport cyclique de hachage de période T est α . On fait l'hypothèse que l'intensité dans la bobine ne s'annule jamais.

Supposons qu'à l'instant $t_0 = nT$ (n entier), l'intensité qui traverse la bobine est i_0 .



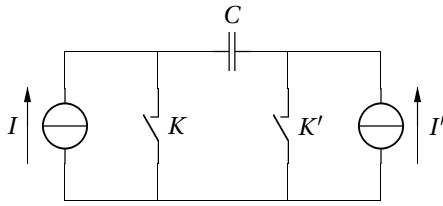
1. Donner l'expression de cette intensité à l'instant $t_0 + T$. La relation entre $i(t_0 + T)$ et $i(t_0)$ est-elle encore valable si n n'est pas entier?

2. Déterminer $\langle \frac{di}{dt} \rangle$. Commenter.

8 — Hacheur à accumulation capacitive

[**]

On étudie le hacheur à stockage capacitif ci-dessous :

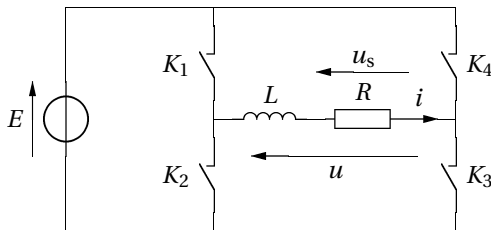


1. Quel est le rôle du condensateur?
2. Décrire le fonctionnement des interrupteurs.
3. Étudier les caractéristiques des interrupteurs. Comment peut-on les réaliser?
4. Calculer le courant I' dans la charge dans le cas d'un fonctionnement périodique stabilisé.
5. La charge est en réalité une résistance. Quel élément faut-il ajouter pour simuler la source de courant I' ?

9 — Onduleur avec charge R - L

[**]

On considère un onduleur à quatre interrupteur, avec une charge R - L , dont la structure est la suivante :



On précise la séquence de fonctionnement des interrupteurs.

$0 \leq t \leq T/2$: les interrupteurs K_1 et K_3 sont fermés, tandis que K_2 et K_4 sont ouverts;

$T/2 \leq t \leq T$: les interrupteurs K_1 et K_3 sont ouverts, tandis que K_2 et K_4 sont fermés.

1. Tracer la courbe $u(t)$.
2. Établir l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$ entre 0 et $T/2$, et entre $T/2$ et T .
3. Déterminer la forme générale $i_1(t)$ de $i(t)$ sur $[0, T/2[$ ainsi que sa forme générale $i_2(t)$ sur $[T/2, T[$. On introduira deux constantes A_1 et A_2 .
4. À partir d'une condition en $t = T/2$ que l'on justifiera, écrire une relation entre A_1 et A_2 .

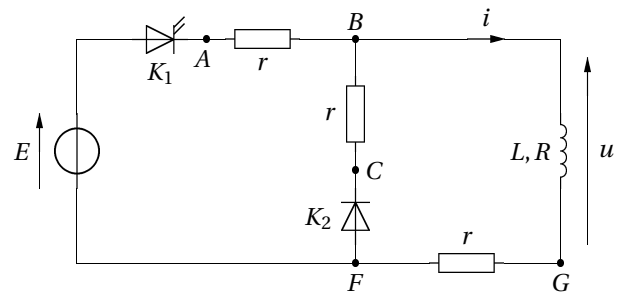
5. En écrivant que le courant est périodique, écrire une seconde relation entre A_1 et A_2 .

6. Résoudre le système, et tracer le graphe de $i(t)$.

10 — Étude expérimentale d'un hacheur série

[**]

On réalise le montage suivant permettant l'alimentation d'une charge inductive par une tension continue à l'aide d'un hacheur série. Les résistances $r = 0,1 \Omega$ seront négligées dans l'étude théorique du montage.



On utilise trois branchement différents pour l'oscilloscope :

(1) : $A \rightarrow \text{CH1}$, $B \rightarrow \text{masse}$, $C \rightarrow \text{CH2}$

(2) : $B \rightarrow \text{CH1}$, $G \rightarrow \text{masse}$, $F \rightarrow \text{CH2}$

(3) : $A \rightarrow \text{CH1}$, $B \rightarrow \text{masse}$, $G \rightarrow \text{CH2}$

On relève les trois oscillogrammes ci-après selon les trois branchements différents utilisés.

1. Associer les trois branchements envisagés aux oscillogrammes précédents. On indiquera les cas où il est nécessaire d'inverser le signe de la voie CH2. À quoi servent les trois résistances r ?

2. La période du signal étant T , on prend comme origine des temps le début de la conduction du transistor et on note αT l'instant où il se bloque. Établir l'expression de $i(t)$ dans chaque intervalle en fonction de $I_{\max}$, $I_{\min}$ et de $\tau = L/R$, notamment.

3. Au vu des oscillogrammes observés, que pensez-vous du rapport T/τ ? Simplifier en conséquence les expressions du courant $i(t)$.

4. Donner les expressions de la tension moyenne U aux bornes de la charge et du courant moyen I dans la charge.

5. Dédire des oscillogrammes les valeurs de T , α , E , L et R .

