

TP - 11

Conversion de puissance : DC-DC

Dans ce TP, nous allons étudier un convertisseur d'énergie électrique continu-continu. Ce convertisseur va être utilisé pour commander un moteur à courant continu.

Liste du matériel

- Transistor bipolaire 2N2219A ;
- GBF ; Oscilloscope, Multimètre MTX3250 ;
- Alimentation réglable 0-30V (ALR3003-ELC) ;
- Résistances : 100Ω (x1), 10k (x1) ; Plaque d'essai ;
- Moteur DC 12V, Bobine d'induction, Diode signal (x1) ; Tacymètre.

11.1 Introduction

Un convertisseur statique d'énergie électrique "continu-continu" permet d'obtenir une tension quasi-continue u_s , de *valeur moyenne réglable*, à partir d'une tension continue E fixe.

Son symbole est le suivant :

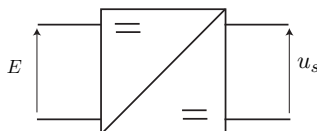


FIGURE 11.1 – Symbole d'un convertisseur continu-continu

Un convertisseur continu-continu peut être réalisé par des interrupteurs commandés, il est appelé un hacheur. Les hacheurs sont généralement utilisés pour alimenter les moteurs à courant continu dont on veut faire varier la vitesse rotation.

11.2 Interrupteur commandé

11.2.1 Présentation

Le fonctionnement du transistor bipolaire en régime de commutation blocage-saturation (voir TP3) est à la base du fonctionnement d'un hacheur.

- Indiquer sur la caractéristique $I_c = f(V_{ce})$ du transistor où doit se trouver les points de fonctionnement pour avoir le régime de fonctionnement bloqué ($I_C = 0$) puis saturé ($V_{ce} = 0$).

➤ Comment se comporte le transistor dans ces deux cas ? Conclure.

11.2.2 Principe d'un hacheur série

Considérons le circuit suivant formé d'une alimentation fixe E en série avec un interrupteur K et une charge résistive R .

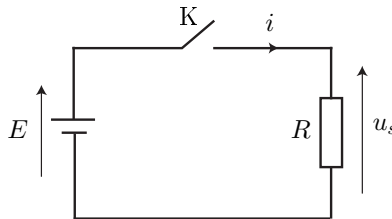


FIGURE 11.2 – Principe d'un hacheur série.

L'interrupteur K est un interrupteur commandé par une tension carré u_e de période T et de rapport cyclique α (Fig. 11.3).

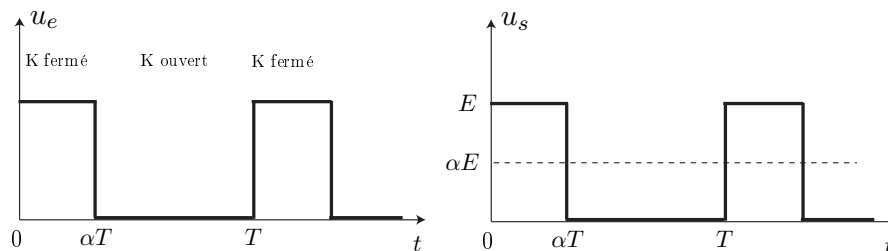


FIGURE 11.3 – Tension de commande du hacheur u_e et la tension de sortie u_s .

- lorsque $0 < t < \alpha T$: K est fermé $\rightarrow u_s = E$
- lorsque $\alpha T < t < T$: K est ouvert $\rightarrow u_s = RI = 0$

➤ Définir le rapport cyclique α d'une tension carrée.

➤ Montrer que la valeur moyenne de la tension de sortie est donnée par :

$$\langle u_s \rangle = \alpha E$$

On peut alors régler la valeur moyenne de la tension de sortie par réglage du rapport cyclique.

Remarque : La tension de sortie du hacheur n'est pas continue mais toujours positive.

11.2.3 Étude d'un hacheur série

Pour réaliser un interrupteur commandé, nous pouvons utiliser un transistor bipolaire en régime de commutation (bloqué-saturé) comme le montre la figure 11.4.

- ☞ Réaliser le montage avec : $v_e(t)$ est tension carré d'amplitude $20 V_{pp}$ et de fréquence 1 kHz (commande) ; $R_B = 10 \text{ k}\Omega$ (protection) ; $E = 5 \text{ V}$ (source continue) et $R = 1 \text{ k}\Omega$ (charge résistive).

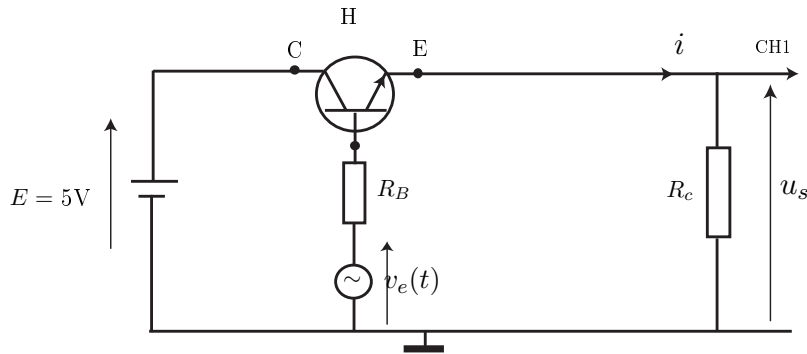


FIGURE 11.4 – Transistor en mode de commutation.

- ☞ Visualiser la tension de sortie u_s aux bornes de la charge R et la tension de commande $v_e(t)$.
- ☞ Expliquer le fonctionnement de ce circuit.
- ☞ Que peut-on dire de courant de sortie du hacheur i . Conclure.
- ☞ Mesurer la valeur moyenne de la tension u_s pour différentes valeurs du rapport cyclique α (DtyCyc) de la tension v_e .

α (%)	20	40	60	80
$\langle u_s \rangle$ (V)				

- ☞ Tracer la courbe $\langle u_s \rangle = f(\alpha)$. Conclure sur le fonctionnement de ce hacheur série (dévolteur).
- ☞ Déterminer la puissance à la sortie du hacheur. Quelle est l'intérêt de ce montage par rapport à un montage diviseur de tension ?

Remarque : Le symbole d'un hacheur ou interrupteur commandé (par la tension v_e) est représenté figure 11.5.

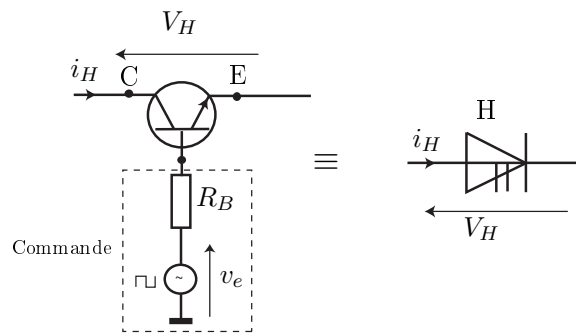


FIGURE 11.5 – Symbole d'un interrupteur commandé : Hacheur H.

11.3 Application : commande d'un moteur

11.3.1 Lissage du courant de sortie

Lorsqu'on utilise une charge résistive, on constate que le courant de sortie n'est pas constant (paragraphe précédent). Pour rendre ce courant quasi-constant on va utiliser une bobine d'inductance suffisante, appelée *bobine de lissage*.

En effet, on sait que le courant dans une bobine ne peut pas subir de discontinuité (voir cours 1ère année). La bobine s'oppose aux variations du courant qui la traverse, et ce d'autant plus que son inductance L est grande.

Donc, l'ajout d'une inductance L de valeur suffisante en série avec la charge du hacheur (figure 11.6) permettra le lissage du courant.

- ☞ Réaliser le montage suivant avec : $E = 5\text{ V}$ (source continue) et $R = 100\ \Omega$ et $L = 1\text{ H}$.

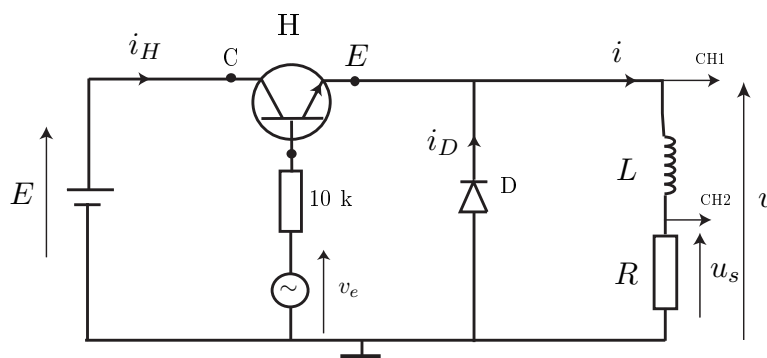


FIGURE 11.6 – Symbole d'un interrupteur commandé.

$v_e(t)$ est une tension carré TTL (0-5V) de période T et de rapport cyclique α .

Rôle de la diode : À l'ouverture de l'interrupteur (H), une surtension apparaît dans le circuit ce qui peut détruire le transistor. Pour résoudre de ce problème on ajoute une diode en parallèle avec la charge. Cette diode est appelée *diode de roue libre*.

- ☞ Expliquer le fonctionnement de la diode.
- ☞ Tracer l'allure théorique des courants i , i_H et i_D ainsi de celle de u_s .
- ☞ Mesurer la valeur de l'ondulation Δi définie par.

$$\Delta i = \frac{i_{max} - i_{min}}{2}$$

- ☞ Faire varier la valeur de l'inductance L . Que constatez-vous ?
- ☞ Faire varier la valeur de la fréquence f . Que constatez-vous ?
- ☞ La résistance R est généralement faible. Justifier les constatations précédentes.
- ☞ Déterminer la valeur moyenne de i en fonction de α et les autres paramètres.
- ☞ Mesurer $\langle i \rangle$ et comparer avec la valeur théorique.

11.3.2 Commande de la vitesse d'un moteur DC

☞ Remplacer la résistance R par le moteur à courant continu 12 V DC comme le montre le schéma de la figure suivante :

- ☞ Quelle est la valeur moyenne de la tension u_s aux borne du moteur ?
- ☞ La vitesse de rotation n du moteur à courant continu est proportionnelle à sa f.é.m : $n = K \langle u_s \rangle$. En déduire la relation entre la vitesse de rotation et le rapport cyclique de $v_e(t)$.
- ☞ À l'aide du tachymètre, mesurer la vitesse de rotation n du moteur (en rpm ou tr/min) pour différentes valeurs de α . Tracer la courbe $n = f(\alpha)$ et conclure.

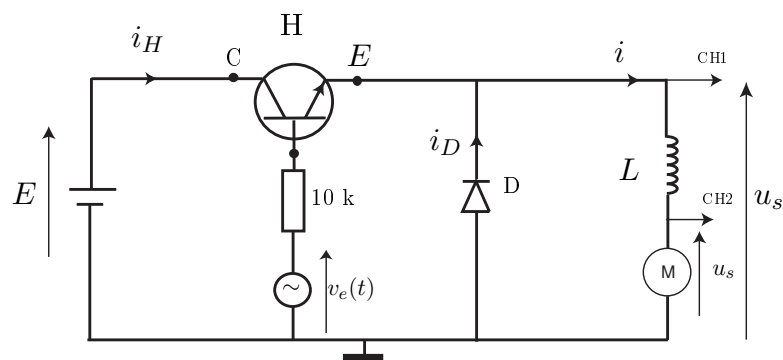


FIGURE 11.7 – Commande de la vitesse d'un moteur DC.