

ETUDE DU HACHEUR SERIE

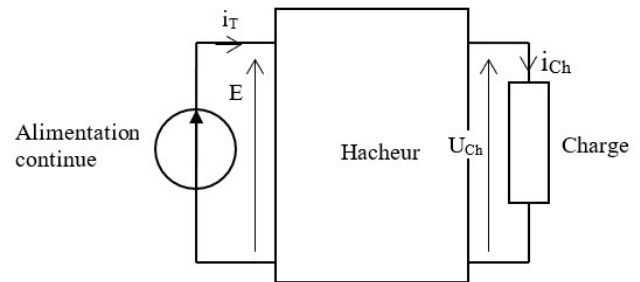
Problématique : Comment transférer de la puissance électrique depuis un générateur de tension constante E vers une charge avec les contraintes suivantes ?

- La valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge est facilement réglable,
- Les fluctuations autour de la valeur moyenne sont les plus faibles possibles,
- Le convertisseur de puissance ne consomme pas d'énergie

Un hacheur est un convertisseur continu-continu statique permettant d'alimenter une charge (par exemple un moteur à courant continu) sous une tension continue réglable, à partir d'une source de tension continue constante. On va dans ce TP l'étudier sur charge R-L.

Matériel :

Maquette hacheur ; Alimentation +/- 15 V
Bobine à noyau 0,15 – 1,5 H ; Rhéostat 100 Ω
Oscilloscope ; Alimentation continue 0-30 V
2 multimètres ; Fils de sécurité pour la partie puissance



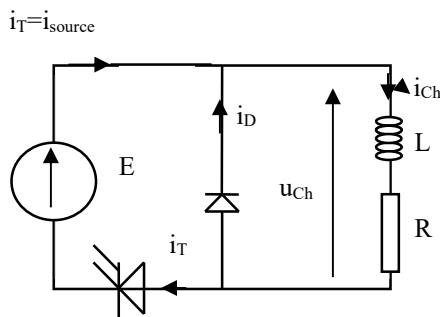
1. Principe de fonctionnement

Un hacheur doit transférer de la puissance électrique d'un générateur de tension constante à une charge, ici l'association en série d'un rhéostat R et d'une bobine L avec le cahier des charges suivant :

La valeur de la puissance transférée est réglable

Le rendement en puissance est proche de 1.

Le courant dans la charge doit être une fonction continue du temps, son ondulation autour de la valeur moyenne la plus faible possible.



Le schéma réel d'un hacheur est donné ci-contre, les deux dipôles sont une diode D parcourue par i_D et un transistor T parcouru par i_T , qui seront modélisés par des interrupteurs parfaits, ouverts et fermés alternativement.

Le hacheur a un fonctionnement périodique de période T . On appelle α le rapport cyclique avec $0 < \alpha < 1$.

Lorsque $0 < t < \alpha T$ on peut remplacer le transistor par un interrupteur fermé et la diode par un interrupteur ouvert.

Lorsque $\alpha T < t < T$, c'est le contraire, on peut remplacer le transistor par un interrupteur ouvert et la diode par un interrupteur ouvert.

Le basculement d'un état de fonctionnement à l'autre est assuré par un oscillateur électronique.

A préparer :

Représenter le circuit pour $0 < t < \alpha T$ lorsque la source est connectée à la charge, ainsi que pour $\alpha T < t < T$.

Tracer les chronogrammes, sur deux périodes et en concordance de temps de $E(t)=E = \text{const}$ et $u_{Ch}(t)$.

Rappeler la définition de $\langle u_{Ch}(t) \rangle$. En déduire que $\langle u_{Ch}(t) \rangle = U_{Ch} = \alpha E$.

Exprimer $u_{Ch}(t)$ en fonction de R , L et $i_{Ch}(t)$. Montrer que $\langle i_{Ch}(t) \rangle = I_{Ch} = \alpha E / R$.

On néglige R .

Exprimer $di_{Ch}(t) / dt$ en fonction de E et L pour $0 < t < \alpha T$. En déduire que $i_{Ch}(t)$ est croissante sur cet intervalle de temps.

Soient $I_{min} > 0$ et I_{MAX} les valeurs respectivement minimales et maximales de $i_{Ch}(t)$ sur cet intervalle.

Exprimer $di_{Ch}(t) / dt$ en fonction de I_{min} , I_{MAX} , α et T .

Pourquoi la fonction $i_{Ch}(t)$ est-elle continue ?

Par hypothèse $i_{Ch}(t)$ est T périodique. Quel est forcément son sens de variation pour $\alpha T < t < T$?

Représenter l'allure de $i_{Ch}(t)$ sur deux périodes en concordance de temps avec $u_{Ch}(t)$.

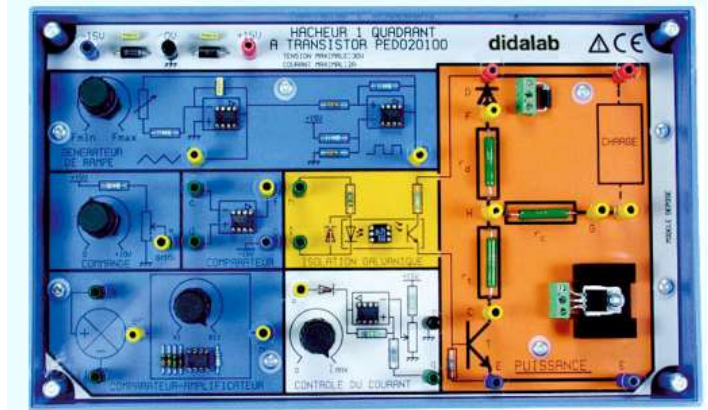
Par définition, l'ondulation Δi de $i_{Ch}(t) = I_{MAX} - I_{min}$. Montrer que dans ce cas $\Delta i = \alpha T * E/L$.

2. Description du montage utilisé :

Il se compose de deux parties :

- le circuit de commande destiné à générer la tension de commande $u(t)$ du transistor : générateur de rampe, commande et comparateur ; c'est un circuit électronique : les courants, les tensions et les puissances restent faibles ; (en bleu sur la plaquette)
- la partie puissance, composée de la charge à commander (ici représentée par l'association R,L, en général il s'agit d'un moteur) et de son alimentation, associées à une diode et à un transistor. Les courants et les puissances peuvent atteindre des valeurs importantes, on utilisera des fils appropriés pour cabler la partie puissance. (en orange sur la plaquette)

Les parties commande et puissance sont reliées par un circuit d'isolation évitant tout contact électrique. (en jaune sur la plaquette)



Alimenter le circuit de commande en ± 15 V.

3. Etude rapide de la commande (partie bleue de la plaquette) :

Montage :

Connecter les bornes ac, ed, fh et gi comme indiqué sur la figure 1, en fin de TP.

Visualiser à l'oscilloscope la tension de sortie du comparateur, entre f et la masse. C'est cette tension qui commande l'ouverture et la fermeture du transistor.

Agir sur le potentiomètre de commande. Comment évolue la tension de sortie ?

Agir sur la résistance réglable du générateur de rampe. Comment évolue la tension de sortie ?

4. Etude du circuit de puissance sur charge RL :

a. Montage :

A préparer :

La charge est un circuit RL : une bobine d'inductance L pouvant varier de 0,1 à 1,1 H de résistance interne $r = 12 \Omega$ en série avec un rhéostat 100Ω de résistance réglable.

Dessiner le schéma du montage avec les appareils de mesure :

un voltmètre et un ampèremètre permettant de mesurer la tension moyenne U_{Ch} aux bornes de la charge et l'intensité moyenne I_{Ch} la traversant (montage courte dérivation). Les mesures se font-elles en AC ou en DC ?

un oscilloscope permettant la visualisation simultanée de la tension u_{Ch} aux bornes de la charge ainsi que l'intensité i_{Ch} du courant la traversant (à l'aide du rhéostat).

Placer sur ce schéma, les points A, E, G et H notés sur la figure 1, en fin du TP.

Placer un générateur délivrant une tension de 30 V entre les bornes A (+) et E (-).

Réaliser le montage décrit ci-dessus avec tous les appareils de mesure

Remarque : le point E n'est pas relié au 0 de l'alimentation de la maquette; la masse du circuit peut en conséquence être positionnée en tout point du circuit de puissance, l'observation des courants dans la diode et le transistor se faisant grâce à des résistances de 1Ω .

b. Travail à réaliser :

a) Oscillogrammes et mesures de R et L :

Pour $\alpha = 0,75$, $L = 0,15$ H, la position du rhéostat en milieu de course, relever, en notant les calibres utilisés, les oscillogrammes de :

- $u_{Ch}(t)$, tension aux bornes de la charge ;
- $i_{Ch}(t)$, courant circulant dans la charge ;

On tracera ces oscillogrammes les uns sous les autres en concordance de temps.

Mesurer au voltmètre $U_{Ch} = \langle u(t) \rangle$.

Mesurer à l'ampèremètre $I_{Ch} = \langle i_{Ch}(t) \rangle = \alpha E / R = U_{Ch} / R$, en déduire R, puis la résistance du rhéostat sachant que la bobine a une résistance de 12Ω .

A partir de l'oscillogramme donnant la tension proportionnelle à $i_{Ch}(t)$, déterminer l'ondulation Δi .

Sachant que $\Delta i \approx E.T.\alpha.(1-\alpha) / L = U_{Ch}.T.(1-\alpha) / L$, en déduire un ordre de grandeur de L. Comparer à la valeur donnée sur la bobine.

b) Etude qualitative :

Remplir le tableau suivant à partir des résultats obtenus expérimentalement, en faisant varier les paramètres les uns après les autres. Noter les valeurs numériques extrêmes obtenues pour chaque grandeur.

Pour chaque grandeur mesurée, on notera dans le tableau **la valeur initiale et la valeur finale**, afin de vérifier la pertinence de la variation.

Sens de variation de Grandeur qui augmente	$U_{Ch} = \langle u_{Ch}(t) \rangle$	$I_{Ch} = \langle i_{Ch}(t) \rangle$	Ondulation Δi
Rapport cyclique α			
Fréquence $f = 1/T$			
R			
L			

Ces résultats sont-ils cohérents ?

c) Etude quantitative :

Mesurer U_{Ch} , I_{Ch} et l'ondulation Δi en fonction de α . Tracer U_{Ch} , I_{Ch} et Δi en fonction de α .

Pour quelle valeur de α l'ondulation est-elle maximale ? Quelle est alors sa valeur ?

d) Courants dans les interrupteurs :

Où doit-on placer l'oscilloscope pour observer simultanément $i_D(t)$, courant circulant dans la diode, et $i_T(t)$, courant circulant dans le transistor ? Vérifier que l'on mesure - $i_D(t)$ et - $i_T(t)$.

Relever ces deux oscillogrammes. Que vaut $i_D(t) + i_T(t)$?

Expliquer qualitativement l'allure de chaque courbe.

Figure 1

