

Etude d'un hacheur abaisseur de tension

I - Introduction

L'objectif de ce TP est de mettre en évidence le principe de fonctionnement d'un hacheur abaisseur de tension. Les principaux points étudiés sont : élaboration des signaux de commande du convertisseur, principe de fonctionnement du convertisseur, caractérisation de l'ondulation de courant de sortie, influence de l'inductance de charge sur cette ondulation.

A l'issue de la séance, vous restituerez le travail réalisé et vos analyses à travers un compte-rendu en deux parties : la préparation et le travail pratique réalisé en séance, à rédiger de préférence sous format numérique. Votre analyse doit faire apparaître une comparaison entre les résultats de simulation issus de la préparation et les signaux observés.

Le compte-rendu de séance intègre les chronogrammes relevés à l'oscilloscope¹. Ces chronogrammes doivent être commentés et illustrer votre propos. Vous pouvez éventuellement inclure 1 ou 2 photos du montage, mais attention à la taille du fichier ! *Pas de photo de l'écran de l'oscillo, utiliser exclusivement la sauvegarde sur clé USB.*

II - Préparation : à faire avant la séance

Le travail de préparation doit être présenté à l'enseignant en début de séance. Il constitue la première partie du compte-rendu.

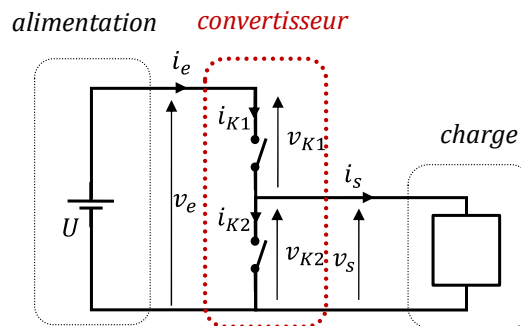


Figure 1: Schéma de principe du hacheur étudié

La Figure 1 représente le schéma de principe du hacheur étudié. Il s'agit d'un convertisseur DC/DC, placé entre la source de tension continue parfaite $U > 0$ et la charge. Le convertisseur est constitué de deux interrupteurs K1 et K2, supposés parfaits, qui forment une cellule de commutation. La commande est périodique de période T , de fréquence $f = \frac{1}{T}$.

¹ Pour enregistrer les chronogrammes sur clé USB, activer le menu « File » (bouton en haut à droite sur la face avant de l'oscillo), puis utiliser les commandes dans le bandeau en bas à gauche pour choisir le format, le nom de fichier et enregistrer le chronogramme à l'affichage. Il est judicieux d'utiliser des noms de fichiers « parlants », c'est-à-dire portant de l'information sur le chronogramme – exemple : `vs_is_alfa25` pour un chronogramme avec `vs` et `is` pour un rapport cyclique de 0,25.

L'interrupteur K1 est commandé par le bit de commande b_1 , selon la séquence suivante : $b_1 = 1$ sur l'intervalle $[0, \alpha T[$ et $b_1 = 0$ sur l'intervalle $[\alpha T, T[$. Le paramètre α est le rapport cyclique du hacheur ($0 \leq \alpha \leq 1$).

On suppose que le hacheur alimente une charge RL. Soit i_0 , la valeur de i_s à l'instant $t = 0$. On montre (voir TD3) que l'expression exacte du courant de sortie est :

$$i_s(t) = \begin{cases} \frac{U}{R} + \left(i_0 - \frac{U}{R}\right) e^{-\frac{R}{L}t} & \text{si } 0 \leq t < \alpha T \\ i_0 \cdot e^{-\frac{R}{L}(t-T)} & \text{si } \alpha T \leq t < T \end{cases}, \text{ où } i_0 = \frac{U}{R} \frac{e^{\frac{R}{L}\alpha T} - 1}{e^{\frac{R}{L}T} - 1}$$

1. Ecrire un programme qui trace le graphe de i_s sur l'intervalle $[-T, T]$, pour des valeurs données de U, R, L, T, i_0 et α données. Le programme calcule également la valeur moyenne du courant et son ondulation. La plage de valeur utilisée pour l'axe des ordonnées du graphe est $\left[0, \frac{U}{R}\right]$.
2. Tracer le courant pour les paramètres suivants : $U = 30 \text{ V}$, $R = 10 \Omega$, $L = 8 \text{ mH}$, $T = 1 \text{ ms}$, . Etudier l'influence du rapport cyclique α , de l'inductance et de la fréquence. La Figure 2 montre le genre d'affichage que le programme doit réaliser.

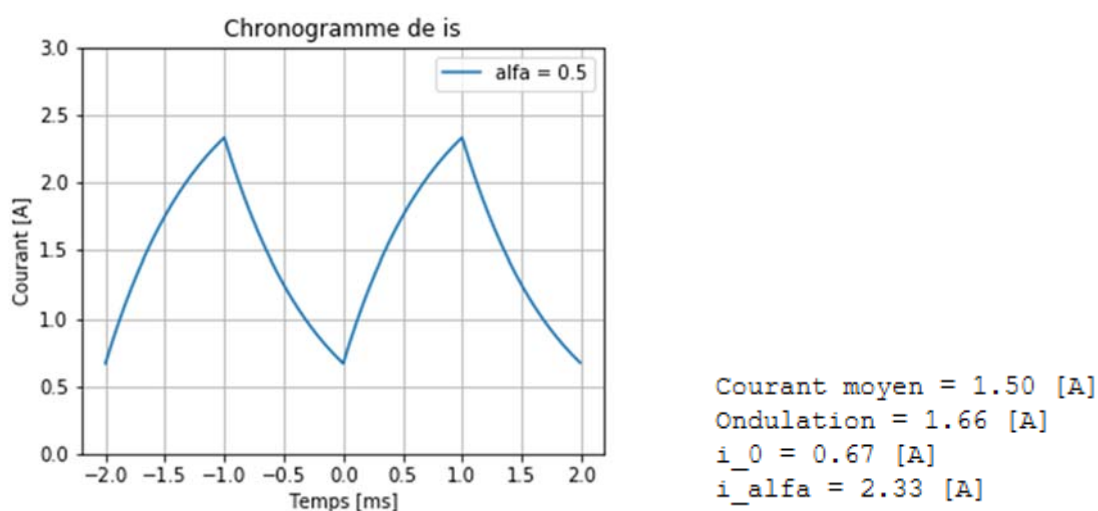


Figure 2 : Exemple de tracé du courant i_s et d'affichage de résultats

Le programme peut être écrit sous matlab, excel, ou tout autre langage de programmation. Il a vocation à être utilisé et complété pour l'analyse des signaux observés et mesurés sur la maquette.

III – Travail en séance :

Liste du matériel à disposition :

- une maquette de hacheur 1 quadrant, dont le schéma est donné en annexe.
- sources de tension continue stabilisée réglable 0/20 V (alimentation de la maquette)
- une source de tension continue stabilisée réglable 30 V-5A (source de puissance)
- un rhéostat de charge
- une inductance de 8 mH et une de 30 mH
- deux sondes de tension différentielle
- multimètre numérique ...

Travail pratique

Attention : vous ne devez pas mettre la maquette sous tension tant que votre montage n'a pas été validé par l'enseignant !

A – Étude de la commande du convertisseur :

3. Repérer la partie commande et la partie puissance de la maquette. Dans la partie puissance, identifier physiquement où se trouvent les interrupteurs. Quelles sont les valeurs maximales de la tension et du courant dans la partie puissance de la maquette ?
4. Réaliser le câblage nécessaire pour alimenter le convertisseur en ± 15 V.
5. Repérer sur la maquette le bloc « générateur de rampe » et expliquer le fonctionnement de ce circuit. Réaliser le câblage pour visualiser le signal de rampe.
6. Identifier sur la maquette le bloc « commande ». Expliquer le fonctionnement de ce circuit et réaliser le câblage pour visualiser le signal de commande.
7. Identifier sur la maquette le bloc « comparateur ». Réaliser le câblage pour envoyer en entrée du comparateur le signal de rampe (entrée inversée) et le signal de commande (entrée non inversée) et pour visualiser le signal de sortie. Quelle sera la forme de ce signal ?

Faire valider le montage par l'enseignant, puis mettre sous tension.

8. Visualiser la sortie du générateur de rampe sur la voie 1 de l'oscilloscope. A quelles fréquences correspondent les positions f_{\min} et f_{\max} du potentiomètre ?
9. Visualiser la sortie de la commande sur la voie 2 de l'oscilloscope. Décrire ce signal et son évolution quand on tourne le bouton de commande.
10. Visualiser la sortie du comparateur sur la voie 2 de l'oscilloscope. Relever les chronogrammes « signal de rampe & sortie du comparateur » pour différentes fréquences et positions du bouton de commande. Expliquer à quoi servent ces ajustements.
11. Cabler la maquette pour envoyer le signal de sortie du comparateur vers la commande du transistor, en passant par le bloc d'isolation galvanique (connexions f->h et g->i).

B – Alimentation d'une charge résistive :

12. Régler la fréquence de hachage à 500 Hz.
13. Régler la source de tension continue constante à 30 V, puis *l'éteindre* et la connecter en entrée du hacheur.
14. Calculer la valeur de résistance nécessaire pour obtenir un courant de 3 A, régler le rhéostat à cette valeur, puis le connecter en sortie du hacheur.
15. Faire le schéma de principe du montage, en prévoyant de visualiser le signal de commande des transistors sur la voie 1 de l'oscilloscope et la tension de sortie du hacheur sur la voie 2.

Faire valider le montage par l'enseignant, puis mettre sous tension.

16. Relever les chronogrammes du signal de commande des transistors et de la tension de sortie. Faire varier le rapport cyclique et vérifier que la tension de sortie est conforme aux attentes. Relever la valeur moyenne de la tension pour différentes valeurs du rapport cyclique.

Comment est le courant dans la charge ?

C – Alimentation d'une charge RL :

17. Eteindre l'alimentation en entrée du hacheur, puis ajouter une inductance de 8 mH en série avec la résistance. Faire le schéma de principe du montage qui permet de visualiser la tension et le courant de sortie du hacheur.
18. A fréquence fixe de 500 Hz, faire varier le rapport cyclique et chercher la valeur qui conduit à la plus grande ondulation de courant. Relever l'intensité moyenne du courant dans la charge et l'amplitude de l'ondulation de courant pour quelques valeurs du rapport cyclique que vous choisirez.
19. A rapport cyclique fixe de 0.5, faire varier la fréquence de la valeur minimale à la valeur maximale. Relever l'intensité moyenne du courant dans la charge et l'amplitude de l'ondulation de courant pour quelques valeurs de la fréquence. Expliquer vos observations.
20. A fréquence minimale, faire varier le rapport cyclique et observez la forme du courant. En dessous d'une certaine valeur du rapport cyclique, on remarque la conduction devient discontinue. Relever un chronogramme qui met en évidence ce phénomène et expliquer ce qui se passe.
21. Utiliser maintenant une inductance de 30 mH. Faire varier la fréquence et le rapport cyclique. Qu'observe-t-on ?
22. Les résultats expérimentaux sont-ils conformes aux résultats théoriques ? Expliquer ce qui vous paraît conforme à la théorie et ce qui ne l'est pas. Interpréter les différences entre théorie et pratique quand il en existe.

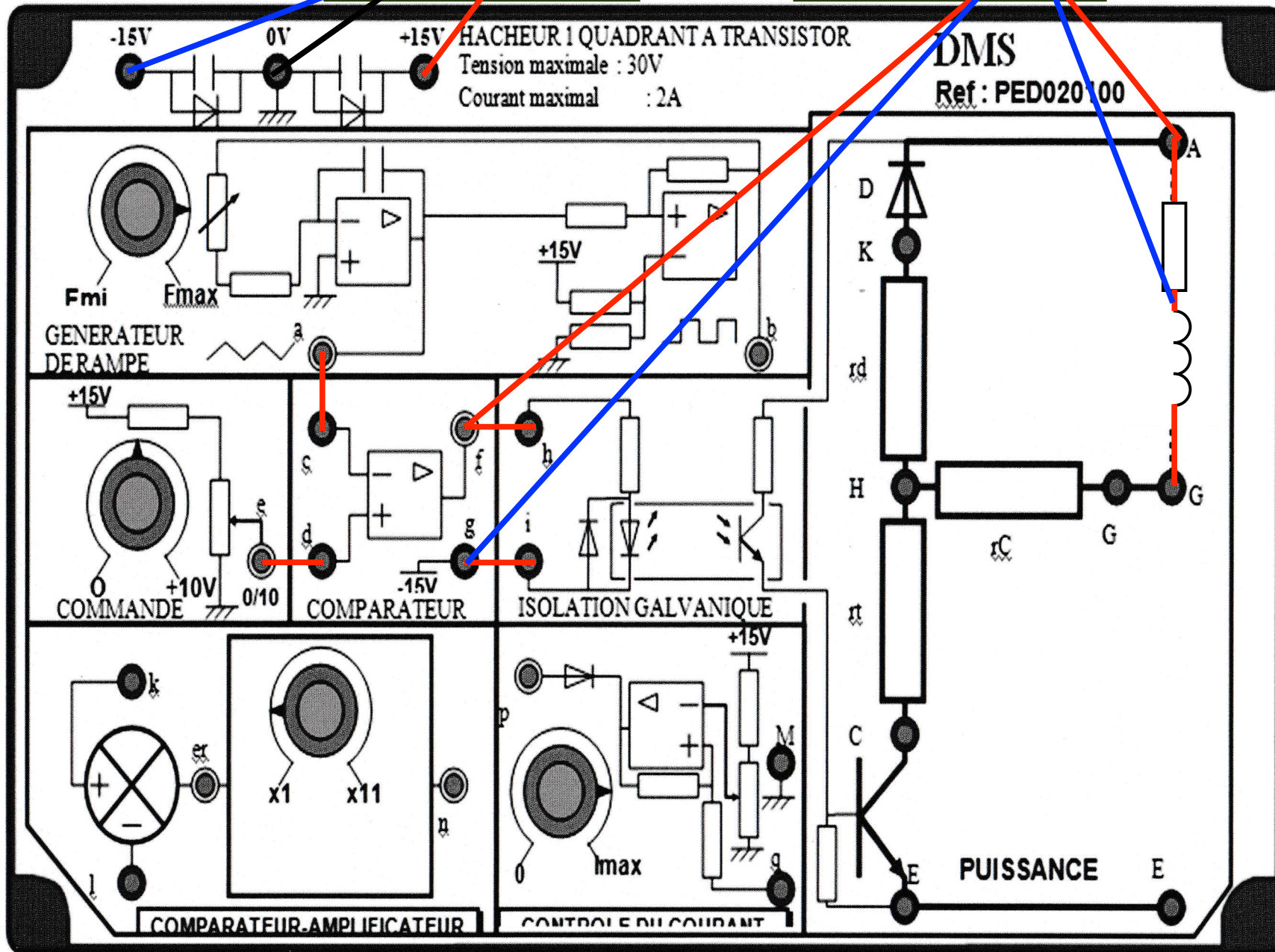
30V
Générateur
-> Partie puissance

15V 15V
Générateur

Oscilloscope + Sondes

Voie 1: Bit de commande

Voie 2: Tension de sortie



Plan de la maquette HACHEUR à TRANSISTOR