

SAPHIRE : 233 - Conversion d'énergie

TP n°2 : Étude du hacheur

0 Présentation du TP

On se propose d'étudier le fonctionnement d'un hacheur abaisseur de tension dont la structure est rappelée sur la figure 1. Cette structure élémentaire à transfert direct de puissance est couramment exploitée dans les systèmes de conversion de faibles et fortes puissances.

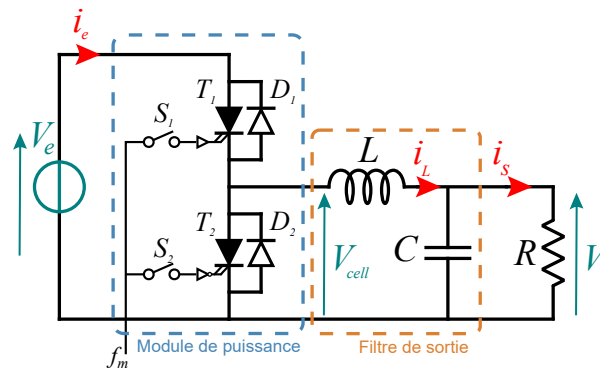


FIGURE 1 – Structure du hacheur série

0.1 Objectifs

Cette séance a 2 objectifs

- Etudier sur un support expérimental, les notions vues en cours afin d'appréhender les principes fondamentaux de l'électronique de puissance.
- Permettre la *prise en main* de la salle de TP ainsi que des méthodes de mesure et de câblage spécifiques à la conversion d'énergie.

Pour chaque montage que vous réaliserez, le schéma de câblage préalable est exigé. Il doit comporter, outre les principaux éléments du circuit de puissance, les appareils de mesure associés (voltmètre, ampèremètre, sonde de tension, sonde de courant, ...), les réglages de ces derniers (une personne n'ayant pas réalisé les montages doit pouvoir les reproduire sans difficulté à partir de vos schémas de câblage). Les chronogrammes pourront directement être récupérés et les courbes à tracer seront réalisées à l'aide d'Excel ou Matlab.

0.2 Présentation du matériel

Le signal de commande du convertisseur est généré par un boîtier de commande qui permet de régler à la fois le rapport cyclique et la fréquence du signal de commande. Le rapport cyclique peut être réglé soit par un potentiomètre, soit par un signal analogique entre 0 et 10 V. Le choix du mode se fait par un commutateur. La fréquence est quant à elle réglée par un potentiomètre. Le boîtier délivre en sortie une tension entre 0 et 15 V. **Ce boîtier doit être alimenté via le secteur.**

Le module de puissance 50GB123D est constitué de transistors de type IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor) commandables à l'amorçage et au blocage et de diodes montées en « anti-parallèle » sur ces derniers. Cette association d'interrupteurs définit une cellule de commutation réversible en courant. Toutefois, afin d'assurer l'ensemble des configurations de cette cellule, les interrupteurs S_1 et S_2 permettent respectivement d'inhiber les commandes des interrupteurs de puissance T_1 et T_2 (position NC). Le module de commande rapproché SKHI22 permet la gestion des temps morts entre les deux interrupteurs pour éviter le court-circuit de la source de tension. Les documentations techniques sont disponibles en ligne.

Ce module est alimenté en 0-15 V via la sortie dédiée sur la paillasse ou un boîtier de sonde de courant.

Les deux boîtiers sont représentés sur la figure 2

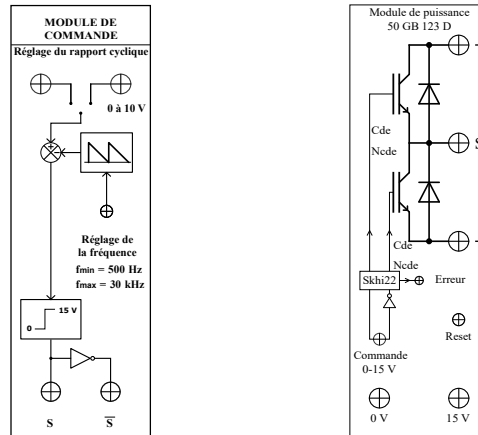


FIGURE 2 – Face avant des boîtiers

1 Travail préparatoire

On considère le convertisseur de la figure 1. On prendra pour l'étude les valeurs de composants suivantes

- $V_e = 100$ V
- $L = 200$ μ H
- $C = 470$ μ F
- $R = 10$ Ω
- $f_{dec} \in [5, 30]$ kHz
- $\alpha = 0.5$

- 1.1 Tracer de façon qualitative les formes d'onde de V_{cell} , i_L et i_s .
- 1.2 Calculer la valeur moyenne du courant de sortie i_s .
- 1.3 Calculer l'ondulation du courant dans l'inductance.
- 1.4 Pour une configuration 1 quadrant (S_2 inhibé), justifier le mode de conduction du convertisseur (continue, discontinue)
- 1.5 Déterminer l'ondulation résiduelle de tension aux bornes de R.

2 Étude de la commande

Le signal représentant la loi de commande peut se comprendre à l'aide des chronogrammes de la figure 3. La comparaison des signaux V_p et V_m permet de créer la fonction de modulation f_m dont le conditionnement (amplification, isolation) permettra le contrôle de(s) l'interrupteur(s) de puissance. Cette fonction de modulation définit le temps de conduction de(s) interrupteur(s) et la fréquence dite de découpage assurant le séquençage du transfert de puissance.

Sur ce principe, un module de commande permet de générer un signal $V_m(t)$ (0-15V) image de la loi de commande directement interprétable par l'électronique de commande rapprochée du module de puissance. Ce module génère également un signal de commande complémentaire).

- 2.1 Analyser le signal de commande généré par le module de commande.
- 2.2 Pour une fréquence donnée qui sera indiquée, tracez α en fonction de V_α (l'utilisation du mode DC du GBF est possible)

3 Étude de la structure non réversible

Dans cette partie, l'interrupteur S_2 est ouvert (position NC), le transistor T_2 reste donc bloqué.

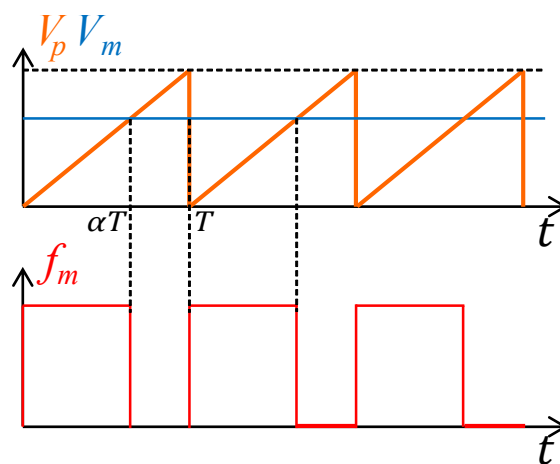


FIGURE 3 – Elaboration de la loi de commande

3.1 Grandeurs de sortie

Proposer un schéma de câblage permettant d'observer en conduction continue :

- la tension en sortie de la cellule de commutation (V_{cell})
- la tension en sortie du convertisseur (V_s)
- le courant dans l'inductance

3.1 Interpréter la forme d'onde du courant en lien avec la loi de commande et la tension de sortie.

3.2 Commenter de façon argumentée chacune des courbes relevées.

3.3 Dédire des mesures la valeur de l'inductance

3.2 Ondulation

3.4 A rapport cyclique fixé, analyser l'influence de la fréquence sur l'ondulation du courant.

3.5 A fréquence fixe, tracer l'influence du rapport cyclique sur l'ondulation du courant.

3.6 Justifier par la théorie les évolutions observées de l'ondulation du courant.

3.7 Pour une fréquence donnée, relever sur le même oscillogramme l'ondulation de tension et l'ondulation de courant.

3.8 Vérifier la validité des hypothèses faites pour calculer les ondulations du courant dans l'inductance et de la tension aux bornes du condensateur.

3.3 Caractéristique de sortie

Cet essai est fait à rapport cyclique constant. Seule la charge sera modifiée.

3.9 Quelle grandeur physique représente le rhéostat.

3.10 Tracer la caractéristique de sortie de hacheur (V_s , I_s) pour 2 valeurs de α . La tension et le courant de charge seront mesurés à l'aide d'appareils de mesure continus correctement choisis. Veillez à ne pas dépasser la valeur du courant, soit admissible par le rhéostat, soit par le convertisseur, soit par les appareils de mesure.

3.4 Filtre de sortie

Modifier si nécessaire le câblage pour pouvoir mesurer également le courant dans le condensateur.

3.11 Comparer les signaux aux grandeurs de sortie V_s et I_s

3.12 Interpréter le rôle du filtre en terme d'impédance.

4 Structure réversible en courant

Sans modifier le montage, basculer l'interrupteur S_2 en position fermée (position C), le transistor T_2 est donc commandé.

4.1 Trouver un réglage (α , f_{dec} , I_s) qui permet de mettre en évidence la réversibilité instantanée en courant.

4.2 Relever i_L et v_{cell} .

4.3 Commenter les courbes en indiquant quels sont les interrupteurs qui conduisent.

4.4 Tracer la caractéristique de sortie de hacheur (V_s , I_s) pour la valeur de α précédente.