



## **NOTE D'APPLICATION :**

# ***DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS DE PUISSANCE***

### **PROJET**

***Commande d'un moteur à courant continu à  
l'aide d'un PC sous MATLAB***

# Table des matières

I. INTRODUCTION.....	3
II. DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS PUISSANCE : .....	4
1. Dimensionnement des interrupteurs de puissances : .....	4
a. Dimensionnement des transistors :.....	4
b. Diodes de puissance : .....	6
2. Choix du driver mosfet:.....	7
3. Choix du capteur de courant : .....	8
III. Conclusion :.....	10

## I. INTRODUCTION

Ce projet est proposé par un professeur du département de Génie de Electricité, il servira à des fins de manipulations de travaux pratiques. *Le cadre de ce projet* nous sera utile pour le choix qu'on fera pour réaliser le projet.

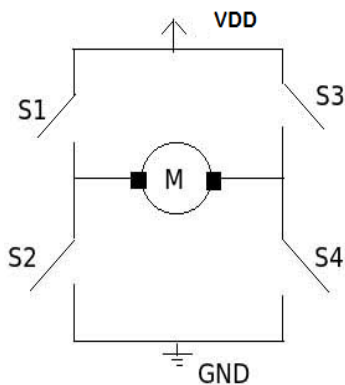
Nous devons commander un moteur à courant continu de 3KW donc les caractéristiques électriques sont mentionnés ci-dessous :

- Tension nominale : 220 Volts
- Courant nominal : 13.6 Ampères
- Vitesse de rotation : 1500 tours /minutes
- 2 paires de pôles

L'un des points important du projet est de concevoir un convertisseur de puissance qui va nous permettre d'alimenter et faire tourner le moteur dans les deux sens et éventuellement le freiner.

Le hacheur 4 quadrants est un convertisseur qui nous permettra de contrôler le moteur à courant continu dans les deux sens et de pouvoir le freiner, son fonctionnement est décrit dans le tableau suivant :

$S_i$  ( $i \in [1,4]$ ) étant des interrupteurs de puissances.



Commutateurs fermés	Commutateurs ouverts	Tension sur le moteur	Mouvement
Néant	S1, S2, S3, S4	0	Pas de mouvement
S1, S4	S2, S3	VDD (disons)	Dans le sens des aiguilles d'une montre (disons)
S2, S3	S1, S4	-VDD	Dans le sens inverse des aiguilles d'une montre
S1, S3	S2, S4	0V	Frein

Figure 1 : fonctionnement du hacheur 4 quadrants

Pour le bon fonctionnement de la partie puissance, il faudra bien dimensionner les composants de puissance tels que les interrupteurs de puissances, le driver et les capteurs.

## II. DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS PUISSANCE :

### 1. Dimensionnement des interrupteurs de puissances :

Pour la conception du hacheur, il faudra bien dimensionner les composants de puissances tels que les interrupteurs (transistors et diodes) qui seront capable de fonctionner sans problèmes avec la tension nominale et aussi être capable de supporter les surtensions et les surintensités du moteur au démarrage.

#### Remarque :

- Pour le choix de ces interrupteurs nous avons pris en compte le cadre du projet. En effet nous avons pris le cas critique c'est-à-dire au cas où un étudiant alimente le hacheur entre une phase d'une alimentation triphasé. La tension entre phase vaut 400V donc nos interrupteurs doivent avoir la capacité de supporter cette tension pour la sécurité.
- Nous savons que au démarrage du moteur, il y'a un fort d'appel courant de ce dernier.

L'étude du moteur à vide nous a permis de vérifier cela :

$$\left. \begin{array}{l} I_d(\text{démarrage}) \approx 5A \\ I_0(\text{Courant à vide}) = 0.8 A \end{array} \right\} I_{\text{démarrage}} \gg \gg I_0$$

#### a. Dimensionnement des transistors :

Le critère de choix repose sur divers aspects comme la tension et courant maximale qu'il peut supporter, la consommation d'énergie (les pertes) en conduction et le coût.

En effet, il existe plusieurs types de transistors sur le marché avec des propriétés différentes décrites sur le tableau suivant :

TYPE	INCONVENIENTS	AVANTAGE
MOS	cout de composant élevé	moins de pertes vitesse de commutation élevée
Bipolaire	plus de pertes vitesse de commutation moyenne	cout de composant réduit
IGBT	sa chute de tension à l'état passant est élevée cout de composant élevé	il supporte les surcharges en courant son temps de stockage est faible

Figure 2: Types de transistors

Nous avons opté d'utiliser le transistor MOSFET car il présente beaucoup plus d'avantage pour concevoir notre convertisseur de puissance à ce qui concerne la vitesse de commutation et la faible résistance à l'état passant ( $R_{dson}$ ) c'est-à-dire moins de pertes de conduction.

## Mode de fonctionnement du transistor MOSFET :

Le transistor Mosfet est souvent utilisé en électronique de puissance car il présente plusieurs d'avantages qui sont :

- Une commutation rapide (entraînant une faible perte de commutation)
- Résistance à l'état passant très faible (faible pertes de conduction)
- Facile à commander

Un transistor Mos se commande en régime linéaire en appliquant une tension aux bornes de sa grille (gate) et la source, lorsque cette dernière dépasse une certaine valeur (indiquée dans le datasheet du composant), le transistor devient passant. Lorsque la tension appliquée  $V_{gs}$  (entre la grille et la source) est inférieure à  $V_T$  (tension de transition de l'état bloqué à l'état passant, cette valeur est indiquée sur le datasheet du composant) le transistor MOSFET reste un interrupteur ouvert. .

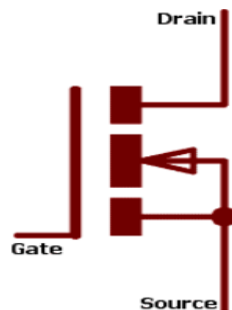


Figure 3: Transistor MOSFET

NB : nous avons deux types de transistors qui ont des modes de fonctionnements différents en régime linéaire :

- Les transistors MOS à canal N seront fermés si  $V_{GS}$  (tension entre la grille et source) soit supérieure à  $V_T$
- Les transistors MOS à canal P seront fermés si  $V_{GS}$  (tension entre grille et source) soit inférieure à  $V_T$



Figure 4 : Type de transistor MOSFET

Remarque :

La valeur de  $R_{dson}$  (résistance à l'état passant) peut augmenter en fonction de la température d'où l'augmentation des pertes de conduction. Il faut donc éviter le réchauffement de ces

composants. Donc il faudra mettre des radiateurs pour dissiper la chaleur au niveau des transistors.

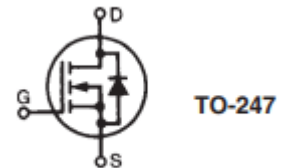
### Composant choisi : IXFH60N65X2

Coût d'un composant : 7.61€

Nous avons une résistance  $R_{Dson}$  faible, la tension et courant max du transistor seront suffisant pour faire fonctionner le hacheur malgré les contraintes du projet.

Donc nous pouvons déterminer l'approximation des pertes pour dimensionner les radiateurs pour dissiper la chaleur au niveau des transistors.

IXFH60N65X2	$V_{DS}$	= 650V
	$I_{D25}$	= 60A
	$R_{DS(on)}$	≤ 52mΩ



- Pertes par conduction :  $P_c = R_{Dson} \times I_{Deff}^2$

- $I_{Deff} = 13.6$  A (courant nominal au niveau du moteur)
- $R_{Dson} \leq 52$  mΩ

Donc  $P_c = 52 \times 10^{-2} \times 13.6^2 = 9.62$  W

Pertes par commutation :  $P_{com} = \frac{1}{2} \times V_{DS} \times I_{Dmax} \times (tr + tf) \times F$

- $I_{Dmax} = 60$  A
- $V_{DS} = 220$  V
- $Tf = 12$  ns et  $tr = 23$  ns
- $F = 20$  KHz

Donc nous aurons  $P_{com} = 4.62$  W

$$P_T = P_c + P_{com} = 4.62 + 9.62 = 14.24 \text{ W}$$

Nous pouvons maintenant évaluer la résistance du dissipateur qui permettra de refroidir le transistor MOSFET.

$$P_T = \frac{T_j - T_{amb}}{R_T} \quad \text{avec } R_T = R_{th} + R_{j-c} + R_{c-s}$$

$$D'où \quad R_{th} \leq \frac{T_j - T_{amb}}{P_T} - (R_{j-c} + R_{c-s})$$

$$R_{th} \leq \frac{150 - 25}{14.24} - (0.21 + 0.16)$$

$$R_{th} \leq 8.4^\circ\text{C/W} \rightarrow \text{donc la résistance thermique du transistor est inférieure à } 8.4^\circ\text{C/W}$$

$R_{thj-c}$		0.16 °C/W
$R_{thc-s}$	0.21	°C/W

### b. Diodes de puissance :

On a besoin des diodes de roue libre quand nos transistors seront bloqués pour le changement du sens de rotation du Moteur.

Nous avons choisi la diode de puissance : STTH3006 (600V, 30A)

- Supporte les surcharges de courant
- Faible chute de tension,
- Commutation rapide

## 2. Choix du driver MOSFET:

Le driver a pour but de fournir assez de puissance entre la grille et la source des transistors MOSFET pour que ce dernier puisse être commandé afin de permettre les changements d'états (passage de l'ouverture à la fermeture ou de la fermeture à l'ouverture) ainsi que permettre le maintien dans un état ouvert ou fermé.

Nous avons cependant plusieurs types du driver MOSFET (qui sont destinés pour commander pour commander un système). Parmi ces possibilités nous avons choisi d'utiliser un driver Mosfet demi-pont H qui sera capable de commander un bras du hacheur où les transistors diagonaux de ce dernier.

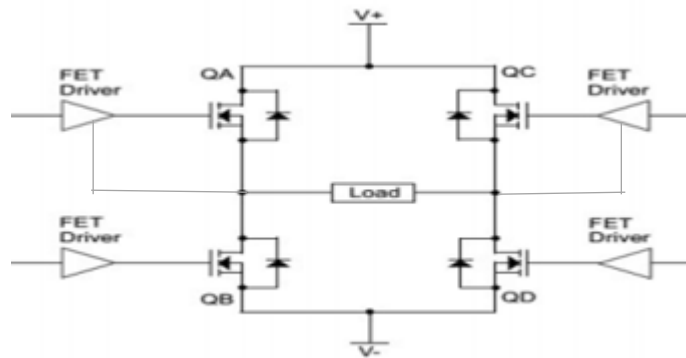


Figure 5 : commande d'un hacheur en pont part des Driver MOSFET

### Intérêt d'utiliser ce type Driver pour la commande des transistors :

- Du fait qu'on alimente par une tension plus élevée, ce type de driver permet d'éviter d'avoir une référence flottante de l'étage du haut quand un interrupteur de l'étage du haut est ouvert. Cela empêchera d'avoir une tension très grande (220V de l'alimentation) au borne de la référence de la source du transistor ( $V_{GS} \max = \pm 40 \text{ V}$ ).
- Nous avons évoqué précédemment, l'aspect de temps mort (Dead times) qui s'agit du temps auquel les deux interrupteurs de la même branche sont simultanément ouverts à fin d'éviter un court-circuit du convertisseur. Dans notre ça sera fait à partir du microcontrôleur c'est pourquoi nous devons utiliser un Driver **half-bridge Bootstrap** ayant deux entrées pour régler le temps mort.

Choix du driver : L6385E

Ce driver est de type demi-point qui permet de commander les interrupteurs diagonaux. Il a deux entrées et deux sorties non inverseurs. Les deux entrées nous permettront de régler le temps à partir de la commande (microcontrôleur) :

**Schéma du driver I6385E :**

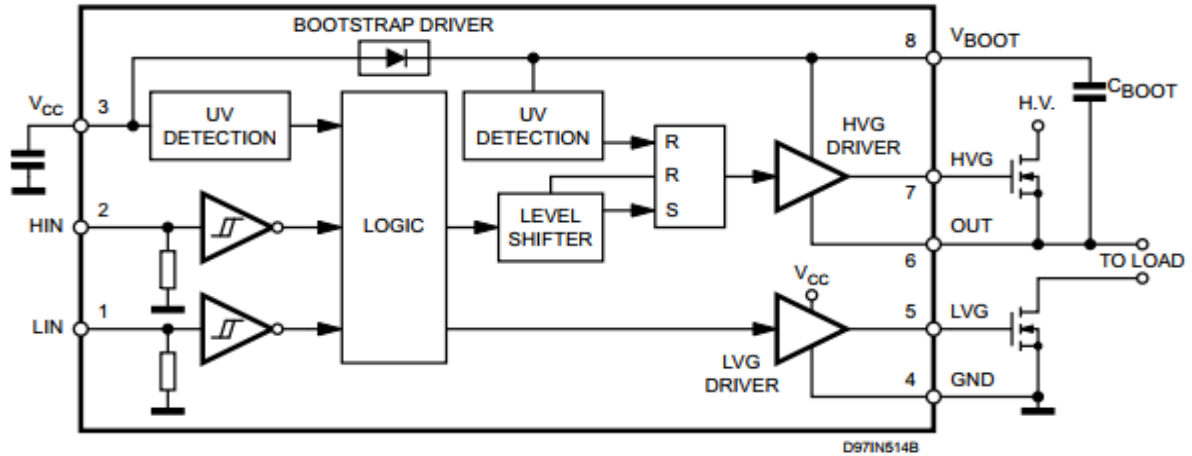


Figure 6 Schéma bloc du Driver L6385E:

**Le condensateur**  $C_{BOOT}$  la charge et la décharge de l'interrupteur de la sortie du haut. Il sera mis entre les sorties  $V_{BOOT}$  et  $OUT$ .

La sortie  $OUT$  est la sortie qui de point de référence du transistor du haut.

Pour un fonctionnement du driver, le constructeur nous dit d'ajouter un condensateur de  $C_{BOOT}$  dont la valeur dépend du transistor MOSFET ou IGBT à commander. Il faudra calculer  $C_{EXT}$  comme indiqués ci-dessous :

$$C_{EXT} = \frac{Q_{gate}}{V_{gate}} \quad \text{ET } C_{BOOT} \gg C_{EXT}$$

NB : les valeurs de  $Q_{gate}$  et  $V_{gate}$  doivent être indiquées sur la datasheet du transistor.

- Dans notre cas nous avons :  $Q_{gate} = 104 \text{ nC}$  et  $V_{gate} = 10 \text{ V}$  d'où  $C_{EXT} = 10.4 \text{ nF}$
- Donc nous avons choisi une valeur de  $C_{BOOT}$  de  $100\text{nF}$

### 3. Choix du capteur de courant :

Le capteur de courant nous servira d'avoir une information concernant le courant qui circule dans le moteur. Dans ce cas nous avons différentes possibilités comparées sur le tableau ci-dessous :



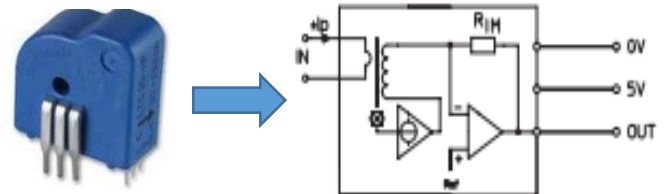
<b>Capteur résistif : Shunt</b>	<b>Capteur de courant à compensation de flux : capteur à effet HALL</b>
<p><b>Avantage :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible coût</li> <li>- Assure une bonne précision en basse fréquence.</li> </ul>	<p><b>Avantage :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capteur performant</li> <li>- Isolation galvanique</li> <li>- Bande passante élevée (0-200kHz)</li> <li>- AC/ DC</li> <li>- Simple à mettre en œuvre</li> <li>- Précisions de mesure <math>&lt; \pm 1.5\%</math></li> <li>- Une bonne linéarité de mesure</li> </ul>
<p><b>Inconvénients :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Il n'a pas isolation galvanique.</li> <li>- Ajout de circuit électronique en plus (AOP)</li> </ul>	<p><b>inconvénients :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Précisions de mesure varie avec la température.</li> <li>- Coût élevé</li> </ul>
<p><b>Propositions :</b> Shunt : 4.35€</p>	<p><b>Propositions :</b> LTS 25NP : 12.18€</p>

Figure 7 : comparaison des capteurs de courants

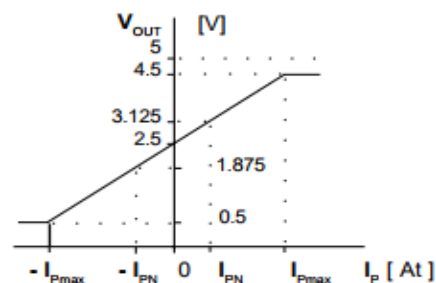
Nous avons choisi d'utiliser le capteur à effet HALL car il est plus performant et dispose déjà d'une isolation galvanique cela nous évitera d'ajouter un nouveau circuit pour encombrer notre carte et il est plus adéquat pour notre application.

### Composant Choisi : LST 25 NP

- $I_{pMAX} = \pm 25A$
- Dispose d'une sonde à effet HALL qui permet le fonctionnement en AC et en DC
- Isolation galvanique
- Précision  $< \pm 1.5\%$
- Supporte une surcharge de courant
- Alimentation : +5V



### Tension de sortie - Courant primaire



Le capteur nous donne une tension à la sortie qui est l'image du courant à l'entrée. De ce fait nous pouvons directement traiter l'information à partir d'un microcontrôleur qui prend une tension à son entrée entre 0 et 5V.

### **III. Conclusion :**

Le choix des composants de puissance était très important pour notre projet. Nous avons pu choisir des composants qui réponds à notre cahier de charge et à moindre coût afin de respect les contraintes de coûts du projet.

Nous avons évolué les pertes des transistors afin d'évaluer la résistance thermique ce qui nous permettra de mettre un radiateur pour dissiper la chaleur donc diminuer les pertes au niveau du transistor afin économiser la consommation d'énergie du système.