

Note d'application

Les différentes
techniques de commande
des moteurs brushless

P13A02 : Conception d'une
interface de puissance

lahbib

Client : M. WALGER – Ingénieur chez Renesas Electronics

Responsable projet : M. JAMES

Tuteur industriel : M. FICKINGER

Lahbib AMAANAN

Polytech'Clermont Ferrand

2013-2014

Sommaire

- I. Introduction
- II. Le moteur brushless
 - a. Introduction
 - b. Composition du moteur brushless
 - c. Fonctionnement du moteur brushless simple
- III. Les différents types de moteur brushless
 - a. Moteurs brushless outrunner
 - b. Moteurs brushless inrunner
 - c. Moteurs brushless disques
- IV. Les différentes techniques de commande d'un moteur BLDC
 - a. Contrôle scalaire
 - b. Contrôle vectoriel
 - c. Avantages et inconvénients des deux techniques

Introduction

Cette note d'application présente les différentes techniques possibles pour commander un moteur brushless. De nos jours le moteur brushless est largement utilisés dans l'industrie.

Dans un premier temps, nous étudierons le fonctionnement d'un moteur brushless, puis nous verrons les différents moteur brushless qui existent. Enfin, pour terminer nous verrons les différents types de commande d'un moteur brushless.

Le moteur brushless

a. Introduction

Le défaut principal des moteurs à courant continu est la présence des balais, qui engendrent des frottements, des parasites, et limitent la durée de vie du moteur par leur usure. Pour éviter tous ces problèmes on utilise des moteurs brushless, ou moteurs sans balais.

b. Composition du moteur brushless :

Un moteur brushless comporte les mêmes éléments qu'un moteur à courant continu, excepté le collecteur, mais l'emplacement des bobines et des aimants permanents sont inversés. Le rotor est composé d'un ou plusieurs aimants permanents, et le stator de plusieurs bobinages.

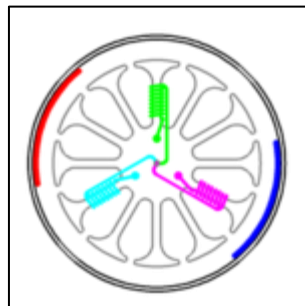


Schéma d'un moteur brushless

c. Fonctionnement du moteur brushless :

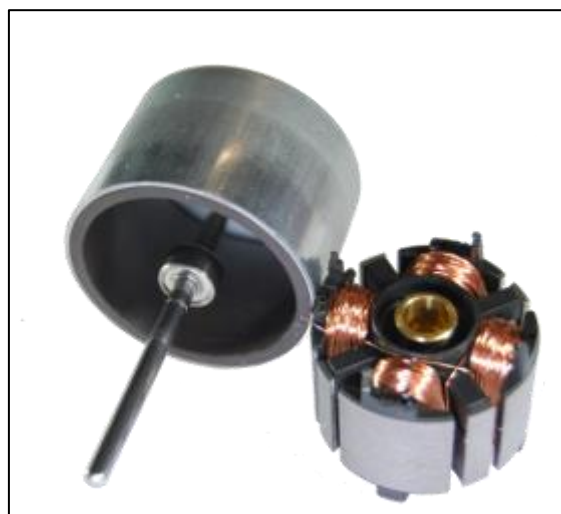
Les bobines sont alimentées de façon séquentielle. Cela crée un champ magnétique tournant à la même fréquence que les tensions d'alimentation. L'aimant permanent du rotor cherche à chaque instant à s'orienter dans le sens du champ. Pour que le moteur brushless tourne les tensions d'alimentation doivent être adaptées continuellement pour que le champ reste en avance sur la position du rotor, et ainsi créer un couple moteur.

Les différents types de moteur brushless

Selon les applications, il existe une grande variété de moteurs brushless avec des caractéristiques de couples, vitesses, inertie différentes en fonction de leurs constitutions.

a. Moteurs brushless outrunner :

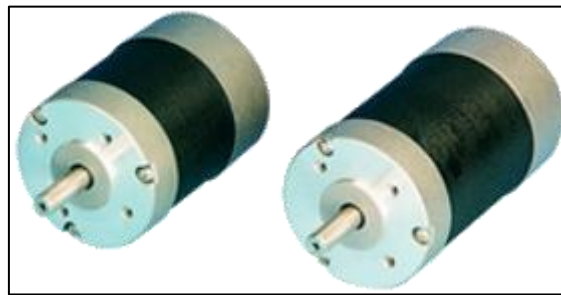
On appelle « outrunner » les moteurs brushless dont le rotor est autour du stator. Cette configuration est intéressante en termes de couple moteur, car les aimants sont disposés sur un diamètre important, ce qui crée un bras de levier très intéressant. De plus, cette disposition permet de placer facilement plusieurs séries d'aimants (jusqu'à 32 pôles sur certains moteurs brushless outrunners) et de bobines. Les bobines sont toujours câblées par groupes de 3, et les aimants sont soit collés par groupes de 2, soit constitués d'une partie magnétique comprenant plusieurs pôles. Comme pour un moteur pas à pas, les moteurs brushless outrunners comprenant plus de 3 bobines et 2 pôles ne font qu'une fraction de tour lorsque le champ a tourné de 180° . Leur fréquence de rotation est donc plus faible mais le couple très élevé. Ces moteurs brushless outrunners sont souvent utilisés dans des applications qui nécessitent un fort couple, car ils peuvent être reliés à la charge sans nécessiter de dispositif de réduction. Leur coefficient Kv est relativement faible par rapport aux autres types de moteurs brushless. Les principales applications des moteurs brushless outrunners sont les suivantes : ventilateurs, moteurs de disques durs, Cd-rom, moteurs de vélos électriques (intégrés dans le moyeu), bateaux ou avions radio commandés...



Rotor et stator d'un moteur brushless outrunner

b. Moteurs brushless inrunner

Contrairement au type précédent, les moteurs brushless inrunners ont le rotor à l'intérieur du stator. Ils n'ont généralement qu'une seule paire de pôles sur le rotor, et 3 bobines au stator. L'inertie du rotor est beaucoup plus faible que pour un moteur outrunner, et les vitesses atteintes par ce type de moteur sont beaucoup plus élevées (Kv jusqu'à 7700tr/min/V). La gestion électronique de la commutation est par contre plus simple car le rotor tourne à la même fréquence que le champ magnétique. Le couple des moteurs brushless inrunners est plus faible que pour un outrunner car les aimants sont sur un diamètre plus petit à taille de moteur égale. Ce type de moteur brushless est très utilisé dans l'industrie car il se rapproche beaucoup d'un moteur à courant continu à balais et collecteur.



Moteurs brushless inrunner

c. Moteurs brushless disques

Le rotor et le stator peuvent également être constitués de deux disques faces à face, avec les rayons et les bobines répartis selon les rayons de ces deux disques. Ce type de moteur brushless est peu employé car l'action des bobines sur les aimants crée un effort axial important qui nécessite des butées à billes conséquentes, sans offrir de différences notables au niveau des performances par rapport à un moteur brushless outrunner.

Les différentes techniques de commande d'un moteur BLDC

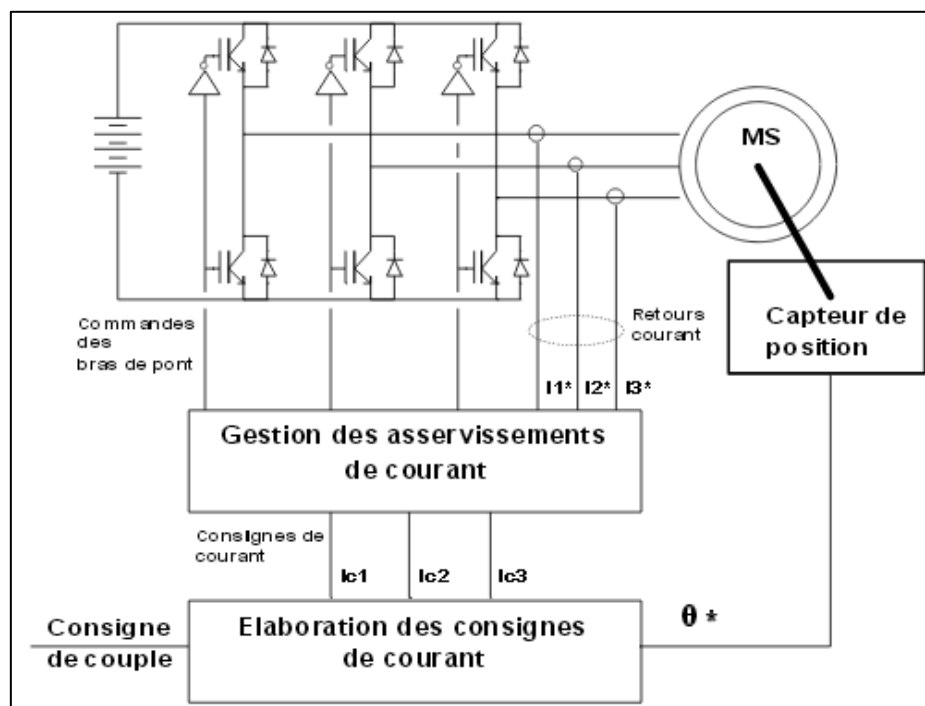
Dans un moteur à courant continu avec balais, l'ensemble collecteur-balais assure mécaniquement la commutation dans l'alimentation des bobines en fonction de l'angle du rotor. Dans un moteur brushless cet élément n'existe plus, il faut donc créer cette commutation électroniquement.

Le moteur brushless est un moteur synchrone, c'est-à-dire qu'il tourne à la même vitesse que le système de tensions qui l'alimente.

Il existe deux types de commande pour le contrôle d'un moteur synchrone. Le premier dit contrôle scalaire, il est fondé sur le modèle statique du moteur (régime permanent). Le second dit contrôle vectoriel est fondé sur le modèle dynamique du moteur (régime instantané).

a. Commande scalaire

Le principe de la commande scalaire en courant est assez proche de celui de l'alimentation par commutateur de courant. Au lieu d'utiliser une source de courant continu qui ne peut injecter dans les phases de la machine que des créneaux de courant, on utilise une source de tension alimentant un onduleur triphasé, le courant de sortie de chaque bras étant asservi à une consigne fournie par la commande. L'ensemble de la motorisation peut être représenté sous la forme suivante



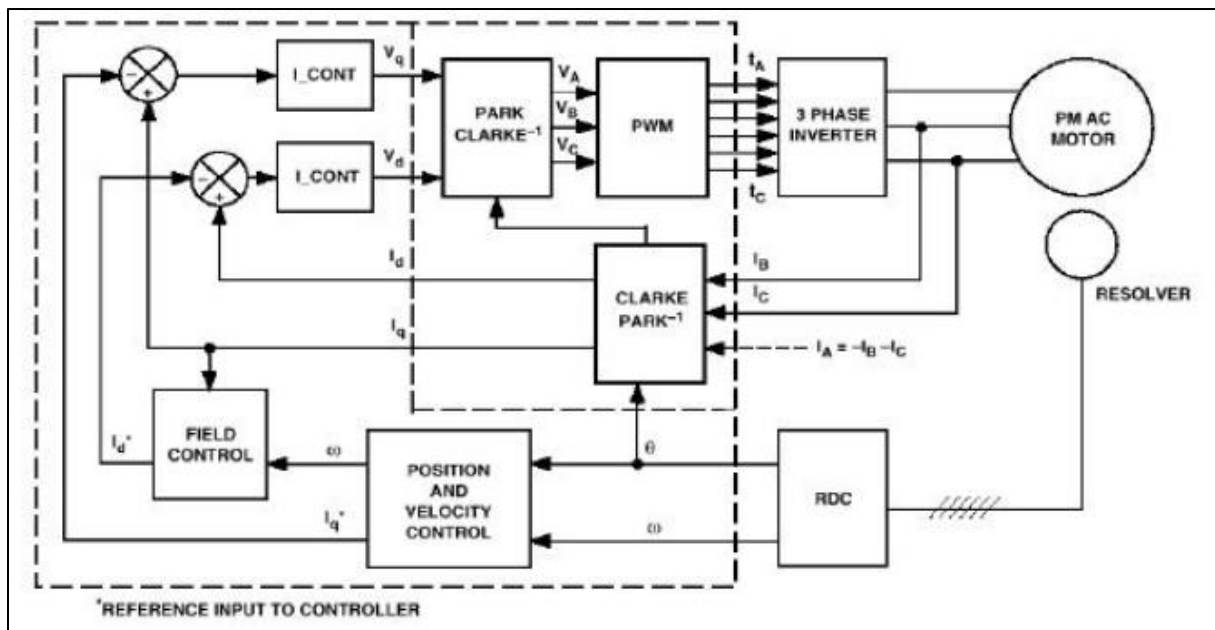
Le bloc élaboration des consignes génère trois consignes de courant sinusoïdales, synchronisées sur la position. L'amplitude de ces consignes est proportionnelle au niveau de couple souhaité. Il est nécessaire de connaître de façon beaucoup plus fine la position du rotor que pour une commande utilisant un commutateur de courant, où il n'est nécessaire que de repérer les positions correspondantes au changement d'état des interrupteurs.

Le bloc gestion des asservissements assure le contrôle de chaque bras de l'onduleur afin de minimiser l'erreur entre les consignes de courant et les courants observés au niveau du moteur. Les correcteurs utilisés peuvent être de type hystérésis, proportionnel ou encore proportionnel et intégral, moyennant certaines précautions.

Un tel mode contrôle du moteur donne des résultats satisfaisants, notamment en régime permanent si la pulsation d'alimentation du moteur est inférieure à la bande passante des boucles de courant.

b. Commande vectorielle

Les commandes vectorielles pour machine synchrone ont été développées afin d'améliorer les performances en régime dynamique. Les courants injectés dans la machine ne sont pas directement contrôlés comme dans la commande scalaire, mais la commande calcule des grandeurs intermédiaires issues de la projection du champ statorique sur l'axe du champ rotorique et sur un axe perpendiculaire au champ rotorique. Le contrôle de ces grandeurs permet un contrôle fin de la position du champ magnétique statorique, notamment en régime transitoire. La structure d'une telle commande est particulièrement complexe, comme on peut le voir sur le schéma ci-dessous :



c. Avantages et inconvénients des deux techniques

Contrôle scalaire :

- Avantage :
 - ✓ Permet de réaliser une commande en vitesse de la machine.
 - ✓ Fort couple au démarrage
- Inconvénient :
 - ✓ L'asservissement se fait sur des courants sinusoïdaux
 \Rightarrow performances médiocres et difficile à implanter en temps réel.

Contrôle vectorielle :

- Avantage :
 - ✓ Permet de réaliser une commande en vitesse de la machine.
 - ✓ L'asservissement se fait sur des grandeurs fixes dans le temps.
- Inconvénient :
 - ✓ Nécessité d'avoir un contrôleur de type DSP pour réaliser les transformations de Park.