

## LEPSI

### Recherche et Développement pour la Conception d'ASIC pour Commande de Machines Electriques.

#### Intérêt du projet

La commande des machines électriques se compose généralement de trois parties distinctes : l'électronique de puissance, les capteurs et le contrôleur. L'électronique de puissance fournit les forces actives et/ou correctives. Les capteurs évaluent le fonctionnement réel du système et transmettent les informations au contrôleur. Ce dernier génère les grandeurs nécessaires à la commande de l'électronique de puissance compte tenu des références de commande, des informations délivrées par les capteurs et des divers algorithmes utilisés.

La commande vectorielle ou la commande de couple direct appelée DTC utilisent ce même principe de commande. Dans ce cas, le contrôleur réalise des fonctions mathématiques complexes. En outre, elles peuvent appliquer des algorithmes d'estimation (pour le remplacement du capteur de vitesse, par exemple), ou d'identification des paramètres de la machine; ces algorithmes nécessitent des traitements de calculs longs et compliqués. Pour ces diverses raisons, les composants rapides, comme les microcontrôleurs, les processeurs de signaux numériques (DSP) et maintenant les circuits intégrés à applications spécifiques (ASIC), deviennent désormais des éléments indispensables lors de la conception d'une commande vectorielle. Ces composants, plus particulièrement les ASIC, font l'objet de cette étude.

#### Description du projet

Le LEPSI propose de réaliser une telle commande, appliquée à une machine asynchrone dans la gamme des puissances moyennes industrielles (1kW-10 kW) utilisant le contrôle direct du couple DTC. En effet, de par sa robustesse, la simplicité de sa structure, son poids et sa taille, la machine asynchrone offre de nouvelles perspectives technologiques dans de nombreux domaines industriels, où l'on apprécie principalement son peu de maintenance et son faible coût.

D'autre part, le choix du DTC va permettre de réaliser directement la commande complète par ASIC compte tenu de la simplicité de cette commande, en particulier par le fait qu'elle ne nécessite ni la mesure en temps réel de la vitesse, ni une commande complexe par Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI) de l'onduleur. De plus, la mise en oeuvre et la validation d'une telle commande par DTC peut ensuite facilement évoluer, si nécessaire, vers une commande à flux statorique orienté.

#### 1. Description de la Structure Générale de la Commande

Avec les progrès de l'électronique de puissance, liés à l'apparition de composants interrupteurs rapides, et le développement des technologies numériques de commande, il est possible de choisir une structure de commande beaucoup plus évoluée. Ainsi à présent, on peut mettre en évidence des principes de contrôle permettant d'obtenir des performances équivalentes à celles de la machine à courant continu.

La commande vectorielle par orientation du flux se base sur un contrôle effectif de l'état magnétique de la machine et du couple électromagnétique. Elle a été ces dernières années la voie de recherche la plus importante et la mieux adaptée aux exigences industrielles.

Ainsi, de nombreuses applications technologiques ont pu être développées et réalisées dans des secteurs industriels aussi variées que la production textile ou chimique, les machines-outils et la traction électrique (ferroviaire, automobile). Cependant cette structure nécessite, en général, la mise en place de capteur sur l'arbre pour la connaissance d'une grandeur mécanique. De plus, elle reste très sensible aux variations de paramètres de la machine.

Pour pallier ces problèmes de sensibilité, les derniers développements de commande pour moteur asynchrone ont vu l'émergence de différentes structures basées sur le contrôle vectoriel comme le Contrôle Direct du Couple, noté DTC.

La figure 1 montre la structure générale d'un banc expérimental pour tester la commande vectorielle d'une machine alternative.

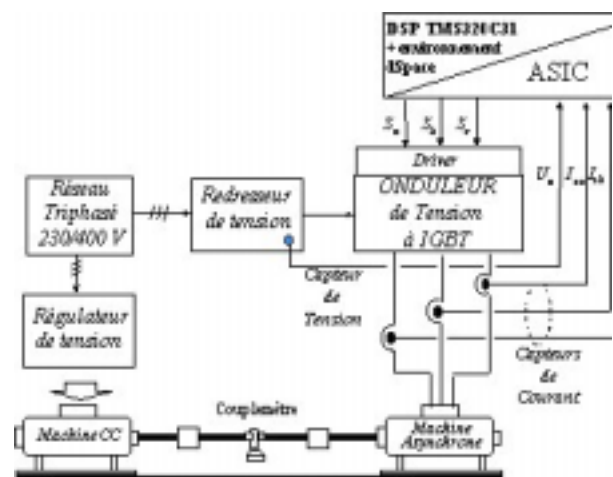


Figure 1 : Description du banc machine.

## 2. Modélisation de la Structure de Commande

La modélisation du Contrôle Direct du Couple d'une machine asynchrone a été réalisé à partir du logiciel de simulation Matlab-Simulink (version 5 et 2). Le choix du logiciel de calcul s'est imposé dans l'optique de l'implantation de la commande sur le système de développement temps réel dSpace.

Complémentaire à Matlab, Simulink permet de simuler des systèmes dynamiques à partir de fonctions pour l'analyse et la modélisation. Ainsi, on modélise sous formes de schémas-blocs à partir de blocs prédéfinis ou même créés par l'utilisateur.

Ainsi, le modèle Simulink de la structure de Commande DTC apparaît sous forme de différents blocs :

- le bloc Moteur Asynchrone Triphasé
- le bloc Onduleur de Tension
- le bloc Alimentation Continue
- le bloc Estimateur des Grandeurs de Contrôle
- le bloc Elaboration de la Commande

## 3. Description du banc d'essai

Un banc machine a été réalisé (voir figure 1 ). Il est constitué d'une machine asynchrone (3kW, 230/400 V, 50 Hz, 1400 tours/mn), chargée par une machine à courant continu. Un couplemètre de marque HBM, de couple nominal 100 N.m, permet de relever le couple instantané à l'aide d'un PC et d'un logiciel de traitement adapté. Ce couplemètre est relié mécaniquement aux arbres des 2 machines par des accouplements flexibles spéciaux, destinés à compenser les désalignements des arbres des 2 machines. Ils garantissent une grande précision (la précision globale de l'ensemble couplemètre-électronique de mesure est de 0.2 %) tout en protégeant le couplemètre.

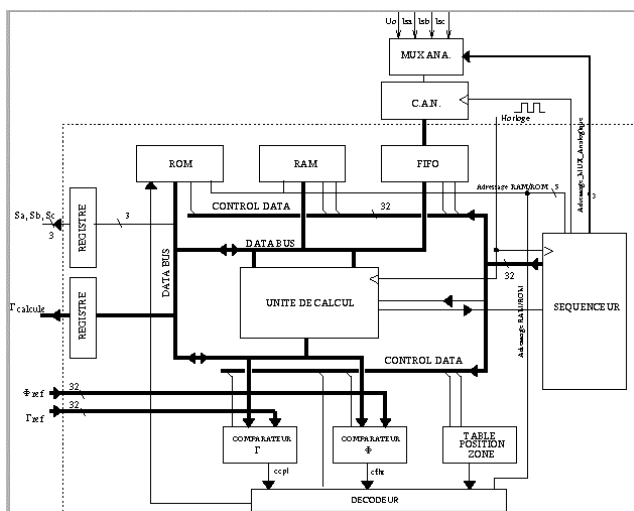


Figure 2 : Description structurelle de l'ASIC.

La machine asynchrone est alimentée par un onduleur à IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) et sa commande est réalisée soit par ASIC, soit par DSP.

## 4. Réalisation d'un ASIC intégrant le Contrôle Direct du Couple (DTC)

Un Circuit Intégré à Application Spécifique (ASIC) est en cours de réalisation. Ce circuit entièrement numérique est conçu à l'aide des outils Cadence et du langage VHDL. Il est relié à un convertisseur analogique-numérique et à un multiplexeur analogique pour l'acquisition des grandeurs de mesure que sont les courants statoriques et la tension continue à l'entrée de l'onduleur (figure 2).

L'architecture de l'ASIC est spécifique aux calculs de l'algorithme de la DTC. Ainsi l'unité de calcul permet d'obtenir sur trois étages les valeurs numériques nécessaires à la régulation du couple et du flux statorique. Les deux comparateurs (du flux et du couple), ainsi que l'estimateur de la position du flux récupèrent à la fois les données calculées et les valeurs de référence. Les sorties de ces trois modules sont alors utilisées pour déterminer l'état des commandes des pilotes des IGBT de l'onduleur grâce à la table de commutation.

Le séquenceur est l'élément clé de l'ASIC : il gère le déroulement séquentiel des calculs, mais aussi des éléments de la chaîne d'acquisition comme le multiplexeur analogique ou les commandes de la FIFO d'entrée.

### Perspectives

Une simulation mixte à l'aide des outils Cadence-VHDL-SpectreHDL est en cours de réalisation. Elle devra permettre de valider l'intégration de la commande (ASIC) par comparaison avec les résultats de simulation sous Matlab-Simulink.

Ensuite la commande par DSP sera implémentée sur le système de développement temps réel dSpace et l'ASIC sera réalisé. Enfin une validation expérimentale sur le banc machine décrit auparavant sera effectuée pour le DSP et l'ASIC.

### Equipe de recherche

Francis BRAUN, Yves-André CHAPUIS,  
Philippe POURE, Fabrice AUBEPART

### Contact

F. BRAUN

Tel : (33) 0-388 777 537

E-mail : [braunfra@adm-ulp.u-strasbg.fr](mailto:braunfra@adm-ulp.u-strasbg.fr)

Serveur WEB du LEPSI :

<http://www-lepsi.in2p3.fr/>