

7. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

CONCLUSIONS

L'objectif principal de cette thèse a été de concevoir une méthode de commande basée sur la commande DTC. Cette méthode, nommée DTC à fréquence constante ou DTC synchrone, essaie d'améliorer les inconvénients de la méthode DTC classique.

D'abord, la nouvelle méthode DTC synchrone est capable de travailler avec une fréquence constante du convertisseur de puissance. Ce fonctionnement « synchrone » est assuré par l'utilisation d'une modulation MLI vectorielle pour laquelle, à chaque période de modulation, sont appliqués deux vecteurs actifs de tension et un vecteur de tension nulle. Avec cette technique, les oscillations de couple sont notablement réduites et, en conséquence, les bruits acoustiques. La réponse dynamique du système a été également améliorée, ce qui est confirmé par les résultats expérimentaux présentés au chapitre 6.

Un autre objectif à réaliser était d'obtenir une méthode de commande simple et facilement réglable. Dans la commande DTC synchrone, la table de sélection de vecteurs optimaux et les régulateurs d'hystérésis ont été éliminés et, en conséquence, les problèmes associés à ces fonctions. L'obtention des grandeurs de commande pour le convertisseur est réalisée simplement à partir des projections des vecteurs du flux statorique estimé et de la consigne sur les coordonnées (α, β) liées au stator de la machine.

La simplicité a été aussi un critère pour obtenir les grandeurs estimées pour le bouclage de contrôle. Ce travail a montré qu'il n'était pas nécessaire d'implanter un observateur qui suppose une augmentation de la complexité de l'algorithme de commande. L'utilisation d'un observateur améliore la robustesse des estimations vis-à-vis des variations paramétriques et des bruits de mesures. Dans le banc expérimental, un estimateur a été implanté, ce qui est notable vis-à-vis de la simplicité du système. Les erreurs d'estimation générées par cet estimateur, montrées aux paragraphes 4.3.5.3. et 5.2.1, ont eu peu d'influence sur la commande.

La commande DTC synchrone a été implantée et validée avec quatre principes différents pour la génération des consignes. Ces configurations, présentées au chapitre 4, sont simples et possèdent de un et deux correcteurs. Par exemple, le troisième schéma de génération de consigne, que nous avons qualifié de « méthode algébrique », a uniquement un régulateur à régler qui correspond à la boucle externe de vitesse.

La robustesse de la méthode DTC à fréquence constante a été également validée. Une étude de sensibilité de la méthode de commande vis-à-vis des paramètres de la machine a été réalisée. En outre, le fonctionnement correct avec différents modes de génération des consignes a été testé. Cette flexibilité avec plusieurs principes de fonctionnement montre la robustesse de la méthode d'un autre point de vue.

Un autre aspect plus amont dans la synthèse de l'algorithme de commande est la définition des consignes externes. Le flux statorique reste une grandeur sur laquelle nous avons un degré de liberté. Ainsi, la consigne de module de vecteur de flux statorique a été déterminée afin d'obtenir une valeur qui réduit les pertes de la machine. Cette démarche, ici embryonnaire, devra être poursuivie et constitue un critère qu'il est important de considérer pour améliorer les performances d'une commande.

Tous ces aspects ont été étudiés initialement en simulations avec MATLAB et Simulink, sur le modèle de la machine synchrone présenté au chapitre 2. Après avoir validé le fonctionnement de notre commande en simulation, nous nous sommes attachés à la vérifier expérimentalement. Ainsi nous avons développé l'algorithme en temps réel de la commande DTC synchrone auquel nous avons adjoint différentes méthodes de génération de consignes. Conjointement, nous avons implanté l'estimateur de couple électromagnétique et de flux statorique.

La construction d'un banc moteur expérimental a permis d'évaluer les performances de la méthode de commande DTC synchrone par le biais de différents essais. A partir des résultats obtenus, les caractéristiques précédemment énumérées de la méthode de commande ont été prouvées aussi bien que les limites de fonctionnement de la méthode. Lors de l'implantation de l'algorithme sur la carte de calcul, les limitations de celle-ci nous ont conduit à avoir deux périodes d'échantillonnages différentes. En outre, la vélocité des courants, due au faible valeur de l'inductance, aurait nécessité une fréquence d'échantillonnage plus élevée. Malgré ces restrictions, les résultats expérimentaux se sont montrés valides.

En conclusion, les originalités présentées dans ce travail de thèse sont les suivantes. D'abord, la méthode de commande DTC synchrone qui était l'objectif principal à atteindre. Ensuite, les différentes techniques développées pour la génération des consignes, et leur implantation expérimentale sont aussi remarquables.

Bien que nous ne l'ayons pas utilisée, l'étude réalisée pour l'obtention des grandeurs estimées du chapitre 5 inclut l'observateur de grand-gain qui n'est pas très répandu dans la littérature technique actuelle.

PERSPECTIVES.

L'ensemble de nos réflexions et de nos études nous conduit à présenter quelques perspectives à ce travail.

- ◆ Sur le plan technique, l'implémentation de la méthode de commande DTC à fréquence constante sur une carte de contrôle plus vélocité serait intéressante. En effet, les inconvénients mentionnés au chapitre 6 dus à la nécessité de travailler avec deux fréquences différentes dans le banc expérimental. Ce travail devrait améliorer les performances des résultats que nous avons obtenus.
- ◆ Au niveau théorique, dans la conception de la méthode DTC synchrone, le terme ($R_s i_s$) a été négligé, ce qui suppose l'existence d'erreurs de calcul comme ce qui a été montré au paragraphe 4.3.5.1. La considération de ce terme ne devrait pas surcharger le calcul.

- ◆ Un autre aspect important qui n'a pas été traité dans ce travail est la possibilité d'éliminer le capteur mécanique de vitesse, en faisant un schéma *sensorless*. Actuellement, c'est un important champ de recherche dans le domaine scientifique et on le considère comme une amélioration significative. L'élimination de ce capteur impose la nécessité d'implanter un observateur pour l'obtention des grandeurs estimées de la position rotorique et, éventuellement, de la vitesse. Dans ce cas, l'algorithme de commande sera plus complexe.
- ◆ *In fine*, il est proposé une continuation de la recherche dans le domaine de la commande hybride, présenté dans la dernière partie du chapitre 4. Pour ce type de commande, quelques résultats prometteurs issus de simulation ont été montrés. Nous pensons, bien que l'implémentation de ce type d'algorithme pose des problèmes d'architecture numérique, que ce type de commande mériterait des prolongements expérimentaux.

