



T H E S E

Présentée à

l'Université de Batna

En vue de l'obtention du diplôme de

DOCTORAT Es-SCIENCES EN ELECTROTECHNIQUE

Option: Machines Electriques

Présentée par

AHMED LOKMANE NEMMOUR

*Magister en électrotechnique de l'université de Batna
Ingénieur d'état en électrotechnique de L'ENP d'Alger*

◇

CONTRIBUTION AU CONTROLE DE LA MACHINE ASYNCHRONE A DOUBLE ALIMENTATION

◇

Thèse soutenue le : 08 janvier 2009 devant le jury :

Mohamed E. H. LATRECHE	Président	Professeur	Univ. Constantine
Rachid ABDESSEMED	Rapporteur	Professeur	Univ. Batna
Abdelmalek KHEZZAR	Examineur	Maître de Conférences	Univ. Constantine
Mohamed KADJOUJ	Examineur	Maître de Conférences	Univ. Batna
Abderrahmane DIB	Examineur	Maître de Conférences	Centre Univ. O.E.Bouaghi

A ma mère

A mon père

A ma femme, à mon fils Raouf et ma fille Sara

A mes frères et sœurs

A toute ma famille et mes amis

Avant-propos

Les travaux présentés dans cette thèse ont été effectués au sein du laboratoire d'Electrotechnique de Batna (LEB), sous la direction conjointe du monsieur **R. ABDESSEMED** professeur au département d'électrotechnique de l'université de Batna, à qui je présente l'expression de ma profonde gratitude pour tous les conseils et les encouragements qu'il m'a prodigués pendant toute la durée de ce travail.

Mes remerciements les plus sincères sont adressés à monsieur **M. E. LATRECHE** professeur au département d'électrotechnique de l'université de Constantine, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant la présidence du jury de cette thèse.

Mes vifs remerciements vont aussi à monsieur **A. KHEZZAR** maître de conférences au département d'électrotechnique de l'université de Constantine pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail en me faisant l'honneur de participer à ce jury.

Je suis très reconnaissant également à monsieur **M. KADJOU DJ** maître de conférences au département d'électrotechnique de l'université de Batna pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter à ce travail en acceptant de se siéger dans son jury.

Que monsieur **A. DIB**, maître de conférences au département d'électrotechnique du centre universitaire d'Oum-El-Bouaghi soit vivement remercié pour l'intérêt qu'il manifeste à ce travail en participant à son jury.

A toutes les personnes (dont le nombre est très élevé pour les citer toutes ici), qui ont contribué de près ou de loin, directement ou indirectement à l'aboutissement à ce travail, je les remercie toutes, particulièrement ma famille et tous mes amis.

Enfin, je ne pourrais terminer ces remerciements sans une pensée à l'ensemble de mes enseignants qui sont à l'origine de tout mon savoir.

S o m m a i r e

Notations	
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Modélisation et commande vectorielle des machines à induction

1.1 Principes d'échanges d'énergie électromécanique et machines à induction.....	4
1.1.1. Création de couple électromagnétique dans une machine tournante.....	4
1.1.2 Types de circuits rencontrés dans les machines tournantes.....	5
1.1.3 Machines tournantes à quatre circuits couplés –machine biphasée-.....	6
1.1.3.a. Expressions des flux.....	7
1.1.3.b. Expressions des tensions.....	8
1.1.4 Modèle biphasé d'une machine à courant alternatif triphasée.....	9
1.1.5 Ecoulement de puissances dans une génératrice à induction à double alimentation.....	13
1.1.6 Les principes de base de la conversion d'énergie dans une turbine éolienne classique.....	13
1.2 Commande vectorielle des machines à induction à double alimentation.....	15
1.2.1 Commande du couple dans les machines à courant continu.....	15
1.2.2 Commande du couple dans les machines à courant alternatif.....	15
1.2.3 Référentiel lié au vecteur flux statorique.....	16
1.2.4 Expression du vecteur tension rotorique dans le référentiel lié au vecteur flux statorique.....	18
1.2.5 Contrôle de l'onduleur coté rotorique.....	20
1.2.6 Dimensionnement des régulateurs PI.....	22
1.2.7 Réglage de la boucle interne du courant i_{rd}	22
1.2.8 Réglage de la boucle externe de vitesse/puissance.....	23
1.2.9 Phénomène de saturation du régulateur PI – effet <i>Wind-up</i> -.....	25
1.2.10 Discrétisation du régulateur <i>PI</i>	25

Chapitre II : Structures et stratégies de modulation du convertisseur côté rotorique

2.1 Onduleur de tension à deux niveaux.....	26
2.2 Onduleurs de tension à trois niveaux à structure NPC.....	32
2.2.1 Détermination des durées d'application des vecteurs dans le secteur A –méthode géométrique-.....	34
2.2.2 Détermination des durées d'application des vecteurs dans le secteur A – méthode algébrique-.....	37

Chapitre III : Etude et commande du convertisseur côté réseau

3.1 Commande vectorielle du convertisseur côté réseau	43
3.2 Calcul des régulateurs de courants	47
3.3 Résultats de simulation	48
3.4 Calcul du régulateur de la tension U_{dc}	50
3.5 Application de la méthode « Linéarisation Entrée-Sortie » à la commande du convertisseur côté réseau – première approche -.....	53
3.5.1 Application à la commande du convertisseur côté réseau.....	54
3.6 Application de la méthode « Linéarisation Entrée-Sortie » à la commande du convertisseur côté réseau – deuxième approche -.....	57
3.6.1 Résultats de simulation.....	60

Chapitre IV : Simulation du système global de conversion sous différents régimes de fonctionnement et avec les différentes structures étudiées

4.1 Fonctionnement à vitesse constante	62
4.2 Fonctionnement à vitesse variable	69
4.2.1 Fonctionnement en régime hyper-synchrone.....	70
4.2.2 Fonctionnement en régime hypo-synchrone.....	71
4.2.3 Transition du fonctionnement hypo-synchrone vers le fonctionnement hyper-synchrone.....	72

Chapitre V : Application de la Technique de Linéarisation Entrée/Sortie à la Commande des Machines Asynchrones à Double Alimentation (*DFIM*) – *Stator relié au réseau*-

5.1 Application de la technique du flux orienté à la commande de la <i>DFIM</i>	74
5.1.1 Résultats de simulation numérique.....	76
5.2. Application de la technique de « linéarisation Entrée/Sortie » à la commande du moteur asynchrone à double alimentation	79
5.3. Observation du couple résistant	82
5.3.1 Résultats de simulation numérique.....	84
5.4. Application de la technique de « linéarisation Entrée/Sortie » à la commande de la génératrice asynchrone à double alimentation	90
5.4.1 Résultats de simulation numérique.....	94
5.5 Fonctionnement à vitesse variable	97

Chapitre VI : Application de la commande non linéaire basée sur le modèle multiscalair des Machines Asynchrones à Double Alimentation (*DFIM*) – *Approche de Z. Krzeminski* –

6.1. Modèle biphasé de la machine à induction	98
6.2. Modèle multiscalair de la machine à induction	99
6.2.1. Structure de la commande de la <i>DFIM</i> basée sur un retour non linéaire.....	101
6.2.2. Expressions des puissances active et réactive en fonction des variables x_{11} , x_{12} , x_{21} , x_{22}	101
6.3 Résultats de simulations numériques	104

6.4 Structure de la commande de la <i>DFIM</i> basée sur la régulation de l'angle interne α -ou l'angle du couple-	109
6.4.1 Résultats de simulations numériques.....	110
6.5. Application de l'approche de <i>Z. Krzeminski</i> à la commande du moteur asynchrone à double alimentation	112
6.5.1. Résultats de la simulation numérique.....	112
Conclusion générale.....	117
Annexe (A) : paramètres de la machine.	
Bibliographie.	