

République Algérienne démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Université d'El Oued
Faculté Des Sciences et Technologies
Département D'Électrotechnique



Mémoire

Pour l'Obtention du Diplôme de

Magister en Électrotechnique

Option

Maitrise d'énergies électriques

Présenté par :

BenAmor Afaf

Ingénieur en Électrotechnique

THÈME

***Commande Directe des Puissances d'une Machine Asynchrone à
Double Alimentation Intégré dans un Système Éolien Connecté au
Réseau***

Soutenu Publiquement le 8 / 10 /2013 Devant le jury composé de :

Mr. Srairi Kamel

Pr. à l'Université de Biskra

Président

Mr. Ben Attous Djilani

M.C.A à l'Université d'El oued

Rapporteur

Mr. Golea Amar

Pr. à l'Université de Biskra

Examineur

Mr. Benchouia Moh.Toufik

M.C.A à l'Université de Biskra

Examineur

Sommaire

Remerciement	
Notations	
Liste des figures	
Sommaire	1
Introduction générale	6
Chapitre I : Modélisation de la Machine a Synchrone à Double Alimentation	
I.1 Introduction	9
I.2 Description générale de la MADA	9
I.2.1. Definition	9
I.2.2. Représentation de la MADA	10
I.2.3. Application des machines asynchrones à double alimentation	10
I.2.3.1. L'application de la MADA dans le système éolienne	11
I.2.4. Modes de fonctionnement de la MADA	12
I.2.4.1. Fonctionnement moteur	12
I.2.4.1.a. fonctionnement hyposynchrone $g < 0$	12
I.2.4.1.b. fonctionnement hypersynchrone $g > 0$	13
I.2.4.2. Fonctionnement générateur	13
I.2.4.2.a. Fonctionnement hyposynchrone $g > 0$	13
I.2.4.2.b. Fonctionnement hypersynchrone $g < 0$	14
I.3 Modélisation de la MADA	15
I.3.1. Hypothèses simplificatrices	16
I.3.2. Modèle mathématique de la MADA	16
I.3.2.1. Equations électriques de la machine	17
I.3.2.2. Equations mécaniques de la MADA	18
I.3.3. Transformation de Park	18
I.3.4. Le choix du référentiel	19
I.3.4.1. Référentiel lié au stator	19
I.3.4.2. Référentiel lié au rotor	19
I.3.4.3. Référentiel lié au champ tournant	19

I.3.5.	Application de la transformation de park à la MADA	20
I.3.5.1.	Equations électriques	20
I.3.5.2.	Equations magnétiques	21
I.3.5.3.	Equations électriques sous forme matricielle	21
I.3.5.4.	Expression de la puissance active et réactive	22
I.3.5.5.	Expression du couple électromagnétique	22
I.4	Simulation et interprétation de Résultats	23
I.5	Conclusion	26
Chapitre II : Commande Vectorielle de la MADA		
II.1	Introduction	27
II.2	Généralités sur la commande vectorielle	27
II.2.1.	Principe de la commande vectorielle	27
II.2.2.	Variantes de la commande vectorielle	28
II.3	Commande vectorielle de la machine asynchrone à double alimentation	28
II.3.1.	Différents repères de référence	29
II.3.2.	Lois de la commande vectorielle appliquée à la MADA	31
II.3.3.	Modèle de la MADA avec orientation du flux statorique	31
II.3.4.	Relation entre tensions rotoriques et courants rotoriques	33
II.3.5.	Types de commande vectorielle	35
II.3.5.1.	Commande vectorielle directe	35
II.3.5.2.	Commande indirecte	35
II.3.5.2.1.	Commande indirecte en boucle ouverte	36
II.3.5.2.2.	Commande indirecte en boucle fermée	37
II.3.6.	Mise en place d'un régulateur Proportionnel-Intégral	37
II.3.6.1.	Calculs des régulateurs	38
II.3.6.2.	Synthèse du régulateur PI pour le contrôle de la puissance	38
II.4	Convertisseur MLI	40
II.4.1.	Onduleur a deux niveaux	40
II.4.2.	Stratégie de commande MLI	42

II.4.3.	Algorithme de commande	42
II.5	Simulation et interpretation de Résultat	44
II.6	Conclusion	61

Chapitre III : Commande par Mode Glissant de la MADA

III.1	Introduction	62
III.2	Généralités sur la théorie du contrôle par mode de glissement	62
III.3	Notions d'un système à structure variable	62
III.4	Les modes de la trajectoire dans le plan de phase	63
	III.4.1. Le mode de convergence (MC)	63
	III.4.2. Le mode de glissement (MG)	63
	IV.4.3. Le mode de régime permanent (MRP)	63
III.5	Principe du contrôleur à mode glissant	64
III.6	Commande par mode glissant	65
III.7	Conception de la commande par mode glissant	65
	III.7.1. Choix de la surface de glissement	66
	III.7.2. Conditions de convergence et d'existence	67
	III.7.2.1. Approche directe	67
	III.7.2.2. Approche de Lyapunov	67
	III.7.3. Synthèse des lois de commande du mode glissant	68
III.8	Application de la commande par mode glissant à la MADA	70
III.9	Résultats de simulation de la commande par mode glissant	74
III.10	Conclusion	79

Chapitre IV : Commande directe de puissance

IV.1	Introduction	80
IV.2	DPC classique	80
	VI.2.1. Tableau de commutation	81
	VI.2.2. Régulateurs à hystérésis	84
	IV.2.3. Calcule des puissances instantanées	85
	IV.2.3.1. Calcule des puissances instantanées par estimation de la tension	85
	IV.2.3.2. Calcul des puissances instantanées par estimation du flux	86
IV.3	DPC avec modulation vectorielle	89

IV.4	Modélisation de redresseur MLI	89
IV.5	Simulation de la DPC classique	91
	IV.5.1. Résultat de la simulation	93
	IV.5.2. Avantages de la structure de contrôle DPC classique	95
IV.6	Conclusion	95
Chapitre V : L'énergie Éolienne		
V	Introduction	96
V.2	Historique	96
V.3	Source primaire	97
	V.3.1. Le vent	97
	V.3.2. Caractéristiques du vent	98
V.4	Généralité sur l'énergie éolienne	98
	V.4.1. L'énergie éolienne	98
	V.4.2. La production éolienne	99
	V.4.3. Définition de l'énergie éolienne	99
	V.4.4. Principe de fonctionnement d'une éolienne	101
V.5	Conversion d'énergie cinétique du vent en énergie mécanique	100
	V.5.1. Loi de Betz	100
V.6	Différent types d'éoliennes	102
	V.6.1. Eolienne à axe verticale	102
	V.6.2. Eolienne à axe horizontal	103
V.7	Principaux composants d'une éolienne	104
	V.7.1. Le mât	104
	V.7.2. La nacelle	105
	V.7.3. Le rotor	105
	V.7.3.1. Les rotors à vitesse fixe	105
	V.7.3.2. Les rotors à vitesse variable	105
V.8	Types des machines électriques utilisées dans le système éolien	106
	V.8.1. Générateur synchrone	107
	V.8.2. Générateur asynchrone	108
	V.8.2.1. Machine asynchrone à cage	108
	V.8.2.2. Machine asynchrone à double alimentation type "rotor bobiné"	109

V.9	Conclusion	109
-----	------------	-----

Chapitre VI : Modélisation d'un Aérogénérateur

VI.1	Introduction	110
VI.2	Modélisation du système mécanique d'une éolienne	110
VI.2.1.	Modélisation d'une turbine éolienne à axe horizontal	110
VI.2.2.	Hypothèse et simplifications pour la modélisation mécanique de la turbine	111
VI.2.3.	Modélisation de la vitesse du vent	113
VI.2.4.	Modélisation de la turbine	114
VI.2.4.1.	La puissance d'une éolienne	114
VI.2.4.2.	Modèle de multiplicateur	115
VI.2.4.3.	Equation dynamique de l'arbre	116
VI.3	Modèle de la turbine en MATLAB/SIMULINK	117
VI.4	Modélisation d'un system éolienne	117
VI.4.1.	Résultat de simulation	117
VI.5	Conclusion	122
	Conclusion générale	123
	Bibliographie	
	Annexes	