

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique*

*Université d'EL-Oued*

*Faculté de Technologie*

**Mémoire de Magister**

Préparé au

Département d'Électrotechnique

Option : **Maîtrise d'Énergie**

Présenté par :

**LEMMOUCHIA Zohra**

**Thème**

*Commande robuste de la Machine Asynchrone  
Doublement Alimentée MADA avec et sans  
capteur de vitesse*

Soutenu le 10/04/2013

Devant le jury composé de

<b>Mr</b> GOLEA Ammar	Prof.	Université de Biskra	Président
<b>Mr</b> BENATTOUS Djilani	M.C.A	Université d'El-oued	Rapporteur
<b>Mr</b> BENCHOUIA Med Toufik	M.C.A	Université de Biskra	Examineur
<b>Mr</b> SRAIRI Kamel	Prof.	Université de Biskra	Examineur

*Année universitaire 2012/2013*



# Sommaire

<b>Sommaire</b> .....	
<b>Notations et symboles</b> .....	
<b>Introduction générale</b> .....	02
<b>Chapitre 1 : généralités sur les énergies éoliennes</b>	
<b>1. Introduction</b> .....	06
<b>2. Définition de l'énergie éolienne</b> .....	06
<b>3. Croissance de l'exploitation de l'énergie éolienne</b> .....	07
<b>4. Types d'aérogénérateurs</b> .....	08
4.1 Aérogénérateurs à axe vertical .....	08
4.2. Aérogénérateurs à axe horizontal .....	08
<b>5. Constitution d'une éolienne</b> .....	09
<b>6. Fonctionnement d'une centrale éolienne</b> .....	11
a. Principe .....	11
b. Bilan des forces sur une pale .....	12
c. Systèmes de régulation de la vitesse de rotation de l'éolienne .....	12
<b>7. Différents types des machines utilisées dans l'éolienne</b> .....	12
<b>8. Le choix de la MADA dans la conversion électromécanique</b> .....	14
<b>9. Le rôle des convertisseurs de puissance</b> .....	14
<b>10. Utilisation de MADA dans la conversion électromécanique</b> .....	15
10.1. Principe de fonctionnement .....	15
10.1.1 Moteur en hypo synchronisme.....	16
10.1.2 Moteur en hyper synchronisme .....	16
10.1.3 Génératrice en hypo synchronisme .....	16
10.1.4. Génératrice en hyper synchronisme .....	17
<b>11. Différentes topologies de la MADA</b> .....	17
11.1. Machine asynchrone à double alimentation type « Bruchless » .....	17
11.2. Machine asynchrone à double alimentation à rotor bobiné .....	18
11.2.1. Machine asynchrone à double alimentation –Structure Scherbius avec cycloconvertisseur .....	18
11.2.2. Machine asynchrone à double alimentation –Structure Scherbius avec convertisseur MLI .....	19
<b>12. Les avantages et les inconvénients de l'énergie éolienne</b> .....	20
<b>13. Conclusion</b> .....	21
<b>Chapitre 2 : modélisation et commande de la MADA</b>	
<b>1. Introduction</b> .....	23
<b>2. Modélisation de la MADA</b> .....	23
2.1. Hypothèses Simplificatrices .....	24
2.2. Modèle mathématique de la MADA .....	24
2.2.1. Equation électrique de la MADA .....	24
2.2.2. Equation mécaniques de la MADA .....	25
2.3. Modèle diphasé de la MADA .....	26

2.3.1. Equation des tensions .....	27
2.3.2. Equation des flux .....	28
2.3.3. Equation du couple électromagnétique .....	28
<b>3. Commande vectorielle de la MADA .....</b>	<b>29</b>
3.1. Principe général .....	30
3.2. Modèle de la MADA avec orientation du flux statorique .....	31
3.2.1. Choix du référentiel pour le modèle diphasé .....	31
3.2.2. Relation entre le courant statorique et le courant rotorique .....	32
3.2.3. Relations entre puissances statoriques et courants rotoriques .....	32
3.2.4. Relation entre tensions rotoriques et courants rotoriques .....	34
3.3 Type de régulateur utilisé. ....	35
<b>4. Onduleur de tension a deux niveaux .....</b>	<b>36</b>
4.1. Modèle de l'onduleur a deux niveaux .....	37
4.2. Stratégie de commande .....	38
4.3. Algorithme de commande.....	38
<b>5. Résultat et interprétation .....</b>	<b>39</b>
<b>6. Conclusion.....</b>	<b>44</b>

## **Chapitre 3: Asservissement d'une chaîne de conversion éolienne avec capteur de vitesse**

<b>1. Introduction.....</b>	<b>46</b>
<b>2. Modèle de la chaîne de conversion .....</b>	<b>46</b>
2.1. Description de montage .....	47
2.2 Redresseur de tension .....	47
2.2.1. Modélisation du redresseur.....	48
2.2.2. Commande du redresseur .....	48
<b>3. Filtre (côté réseau).....</b>	<b>48</b>
3.1. Modélisation du filtre passif (côté réseau).....	48
<b>4. Régulation de la tension du bus continu .....</b>	<b>49</b>
4.1. Modélisation du bus continu .....	49
<b>5. Modélisation de la turbine .....</b>	<b>52</b>
a- La puissance d'une éolienne .....	52
b. La puissance aérodynamique.....	52
c. Le coefficient de puissance .....	53
5.1. Modèle de multiplicateur.....	54
5.2. Equation dynamique de l'arbre.....	54
5.3. Schéma bloc du modèle de la turbine .....	55
<b>6. Les différents zones de fonctionnement de l'éolienne a vitesse variable .....</b>	<b>55</b>
<b>7. Algorithmes de maximisation de la puissance extraite .....</b>	<b>56</b>
7.1. Commande avec asservissement de la vitesse du vent .....	57
7.2. Commande sans asservissement de la vitesse du vent.....	58
<b>8. Système de la chaîne globale .....</b>	<b>59</b>
<b>9. Résultats de simulation.....</b>	<b>59</b>
9.1. Interprétation des résultats .....	64
<b>10. Conclusion .....</b>	<b>64</b>

---

## Chapitre 4 : Asservissement d'une chaîne de conversion éolienne sans capteur de vitesse

<b>1. Introduction</b> .....	66
<b>2. Les différentes méthodes d'estimation de la vitesse mécanique</b> .....	67
2.1. Estimation de la vitesse avec modèle de la machine .....	67
2.2. Estimation de la vitesse sans modèle de la machine .....	70
<b>3. Estimation de la vitesse de la MADA avec modèle de la machine</b> .....	71
3.1. La méthode du MRAS .....	71
<b>4. Application du MRAS à l'estimation des grandeurs mécaniques de la MADA</b> .....	72
4.1. Modèles basés sur le flux statorique .....	72
4.2. Modèles basés sur le flux rotorique .....	73
4.3. Modèles basés sur le courant rotorique .....	74
<b>5. Schéma globale de la commande sans capteur</b> .....	75
<b>6. Résultats de simulation</b> .....	76
6.1. Interprétation des résultats .....	78
<b>9. Conclusion</b> ..	78
<b>Conclusion générale</b> .....	80
<b>Bibliographie</b> .....	83

**Annexe A:** Paramètres utilisés.

**Annexe B:** Dimensionnement du régulateur