

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

DER Génie Electrique & Informatique
Département d'Electrotechnique

Thèse

Présentée Par

M^r Djafer LALILI

Ingénieur d'Etat en Electrotechnique

En vue d'obtenir le Grade de **Magister** en Electrotechnique

Option: **Electronique de Puissance et Commande**

THEME

SUR LES COMMANDES NON LINEAIRES ADAPTATIVES DE LA MACHINE ASYNCHRONE

Soutenue le 27 Février 1999 devant le Jury composé de :

MM.

Président : F. BOUDJEMA.....Maître de conférences à l'ENP
Rapporteurs : M.O. MAHMOUDI..... Chargé de cours à l'ENP
B. HEMICI..... Chargé de cours à l'ENP
Examineurs : M.S. BOUCHERIT..... Maître de conférences à l'ENP
H. CHEKIREB..... Chargé de cours à l'ENP
L. NEZLI..... Chargé de cours à l'ENP

Ecole Nationale Polytechnique

10, Avenue Hassan Badi, EL-Harrach, Alger, Algérie

Tél : (02) 52.14.94 Fax : (02) 52.29.73 E-MAIL: ENP@IST.CERIST.DZ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Sommaire

Liste des symboles.....	4
Introduction générale.....	5

CHAPITRE I

MODELISATION DE LA MACHINE ASYNCHRONE

I.1	Introduction.....	8
I.2	Modèle générale de la machine.....	8
I.3.	Modèle biphasé.....	9
I.4	Représentation d'état.....	11
I.5	Modèle réduit.....	13
I.6	Modélisation du convertisseur.....	13
	I.6.1 Commande en tension. Modulation vectorielle.....	14
	I.6.2 Commande en courant. Stratégie delta.....	17
I.7	Conclusion.....	18

CHAPITRE II

COMMANDE NON LINEAIRE DE LA MACHINE ASYNCHRONE

II.1	Introduction.....	20
II.2	Systèmes mono-entrée mono-sortie.....	20
	II.2.1 Degré relatif.....	21
	II.2.2 Conditions de linéarisation exacte.....	22
	II.2.3 Linéarisation exacte par retour d'état.....	23
	II.2.3.1 Forme normale.....	23
	II.2.3.2 Retour d'état linéarisant.....	23
	II.2.4 Linéarisation partielle par retour d'état.....	25
	II.2.4.1 Forme normale.....	25
	II.2.4.2 Retour d'état linéarisant.....	25
	II.2.4.3 Dynamique interne.....	26
	II.2.4.4 Dynamique des zéros.....	27
II.3	Systèmes multi-entrées multi-sorties.....	28
	II.3.1 Degré relatif vectoriel.....	28

II.3.2	Conditions de linéarisation exacte.....	28
II.3.3	Linéarisation exacte par retour d'état.....	29
II.3.3.1	Forme normale.....	29
II.3.3.2	Retour d'état linéarisant.....	30
II.3.4	Linéarisation partielle par retour d'état.....	31
II.3.4.1	Forme normale.....	31
II.3.4.2	Retour d'état linéarisant.....	31
II.3.4.3	Dynamique interne et dynamique des zéros.....	32
II.4	Application à la machine asynchrone.....	33
II.4.1	Commande en tension.....	33
II.4.1.1	Conditions de linéarisation exacte.....	33
II.4.1.2	Degré relatif.....	34
II.4.1.3	Boucle de linéarisation.....	35
II.4.1.4	Boucle de réglage.....	36
II.4.1.5	Extension au réglage de la vitesse.....	36
II.4.1.6	Simulation numérique.....	37
II.4.2	Commande en courant.....	39
II.4.2.1	Conditions de linéarisation exacte.....	39
II.4.2.2	Degré relatif.....	39
II.4.2.3	Boucle de linéarisation.....	40
II.4.2.4	Boucle de réglage.....	41
II.4.2.5	Simulation numérique.....	42
II.5	Conclusion.....	43

CHAPITRE III

ETUDE COMPARATIVE AVEC LA COMMANDE VECTORIELLE

III.1	Introduction.....	44
III.2	Linéarisation exacte du modèle de la machine asynchrone.....	44
III.2.1	Conditions de linéarisation exacte.....	45
III.2.2	Degré relatif.....	46
III.2.3	Boucle de linéarisation.....	47
III.2.4	Boucle de réglage.....	48
III.2.5	Simulation numérique.....	49
III.3	Commande vectorielle de la machine asynchrone.....	50
III.3.1	Principe de la commande vectorielle.....	50
III.3.2	Commande vectorielle en courant.....	51
III.3.3	Simulation numérique.....	51
III.4	Combinaison de la commande vectorielle avec le retour d'état linéarisant.....	53
Simulation numérique.....		54
II.5	Conclusion.....	56

CHAPITRE IV

COMMANDE NON LINEAIRE ADAPTATIVE

IV.1	Introduction.....	57
IV.2	Adaptation des résistances statorique et rotorique pour la commande en tension.....	58
	IV.2.1 Paramétrisation linéaire du modèle.....	58
	IV.2.2 Loi de commande en présence d'incertitudes paramétriques.....	58
	IV.2.3 Dynamique de l'erreur de poursuite.....	60
	IV.2.4 Loi d'adaptation.....	61
	IV.2.5 Simulation numérique.....	62
IV.3	Adaptation de la constante de temps rotorique pour la commande En courant.....	64
	IV.3.1 Adaptation par la méthode du modèle de référence.....	64
	IV.3.1.1 Paramétrisation linéaire du modèle.....	64
	IV.3.1.2 Loi de commande en présence d'incertitudes.....	65
	IV.3.1.3 Modèle de référence.....	66
	IV.3.1.4 Dynamique de l'erreur de poursuite.....	66
	IV.3.1.5 Loi d'adaptation.....	66
	IV.3.1.6 Simulation numérique.....	67
	IV.3.2 Adaptation par la méthode de gradient.....	68
	IV.3.2.1 Paramétrisation linéaire du modèle.....	68
	IV.3.2.2 Erreur de prédiction.....	69
	IV.3.2.3 Loi d'adaptation.....	70
	IV.3.2.4 Preuve théorique de stabilité.....	71
	IV.3.2.5 Simulation numérique.....	71
	IV.3.3 Adaptation par la méthode composée.....	72
	Simulation numérique.....	73
IV.4	Application de la commande adaptative sur le modèle dans Le référentiel lié au champs tournant.....	74
	IV.4.1 Adaptation par la méthode de Garces.....	75
	Simulation numérique.....	76
	IV.4.2 Adaptation par la méthode de Trzynadlowsky.....	78
	Simulation numérique.....	78
IV.5	Conclusion.....	80

CHAPITRE V

COMMANDE NON LINEAIRE AVEC OBSERVATION DE L'ETAT

V.1	Introduction.....	81
V.2	Observateur d'ordre réduit de flux rotorique.....	81

	V.2.1	Modèle de l'observateur.....	81
	V.2.2	Etude de la stabilité de l'observateur.....	83
	V.2.3	Simulation numérique.....	85
	V.2.4	Sensibilité de l'observateur aux variations paramétriques.....	86
V.3		Observateur de flux et de courant.....	87
	V.3.1	Modèle de l'observateur	87
	V.3.2	Simulation numérique.....	87
V.4		Observateur de flux et de vitesse.....	90
		Simulation numérique.....	91
V.5		Observateur d'ordre réduit de Luenberger.....	92
		Simulation numérique.....	94
V.6		Conclusion.....	96
Conclusion générale.....			97
Annexes	A	Notions de géométrie différentielle.....	98
	B	Etude de la stabilité par la théorie de Lyapounov.....	101
	C	Données relatives à la machine utilisée pour la simulation.....	103
Bibliographie.....			104