

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DER de Génie Electrique et Informatique

THESE

Présenté par : **Abdelfettah KERBOUA**
Ingénieur d'Etat en Electrotechnique de l'ENP

Pour l'Obtention du Diplôme de

MAGISTER EN ELECTROTECHNIQUE

Option : **Electronique de Puissance et Commande**

**COMMANDES ET OBSERVATEURS PAR
MODE DE GLISSEMENT :
APPLICATION A UNE MACHINE
ASYNCHRONE ALIMENTEE EN TENSION**

Soutenue publiquement le 3 juillet 1999 devant le jury composé de :

M. A. Hellal	Maître de Conférence à l'ENP	Président de jury
M. M.S. Boucherit	Maître de Conférence à l'ENP	Rapporteur
M. B. Hemici	Chargé de cours à l'ENP	Rapporteur
M. M.O. Mehmoudi	Chargé de cours à l'ENP	Examineur
M.A.M. Berkouk	Docteur à l'ENP à l'ENP	Examineur
M. L. Nezli	Chargé de cours à l'ENP	Examineur

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تطبيق التحكم بنمط الانزلاق على محرك لا متزامن. نبدأ بتقديم النموذج الكامل للماكينة و نموذجين مختصرين باستعمال التحكم الشعاعي. أخذنا بعين الاعتبار نوعين للتحكم. التحكم الأول يتميز بمستوى انزلاق غير خطي. ثم تصميم هذا التحكم وفقا للنموذجين المختصرين و النموذج الكامل. في الحالة الثانية، استعملنا ملاحظات عددية للتدفق المغناطيسي. على غرار النوع السابق، يتميز النوع الثاني بمستوى انزلاق خطي. صممنا هذا النوع من التحكم وفقا للنموذج المختصر الخطي. في هذا النوع، تطرقنا إلى ملاحظات للتيار الكهربائي.

كلمات مفتاحية: محرك لا متزامن، التحكم الشعاعي، التحكم بنمط الانزلاق، مستوى الانزلاق، ملاحظ عددي.

Abstract

This work discusses the application of sliding mode control on an induction motor fed by voltage inverter. First, it is given the complete model and two reduced models by using the field oriented control. Then, we have considered two approaches for the choice of the sliding surface. The first is characterised by a non linear surface. It is developed for the reduced models and the complete model by using the rotor flux observers. The second approaches is characterised by a linear surface. It is developed for the linear model. We have also introduced linear current observers.

Keywords: induction motor, field oriented control, sliding mode control, sliding surface, observer.

Résumé

Ce travail a pour objet d'appliquer la commande par mode de glissement sur une machine asynchrone alimentée en tension. Nous adoptons un modèle complet et deux modèles réduits utilisant la commande vectorielle. Nous tenons compte de deux approches concernant le choix de la surface de glissement. Nous considérons dans un premier lieu, une surface non linéaire et nous synthétisons la commande à partir de deux modèles réduits et du modèle complet. Ensuite, nous effectuons une commande dotée d'un observateur de flux rotorique. Quant à la deuxième approche, elle considère une surface linéaire, dont la synthèse est basée sur le modèle linéaire réduit. Enfin, à cette commande nous associons deux types d'observateurs, dont un est à mode de glissement.

Mots Clés: machine asynchrone, commande vectorielle, commande par mode de glissement, surface de glissement, observateur.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : Commande vectorielle de la machine asynchrone	3
I.1 Théorie de la commande vectorielle	4
I.1.1 Modèle de la machine asynchrone	4
I.1.2 Principe de la commande vectorielle	4
I.1.3 Orientation du flux rotorique	5
I.1.3.1 Commande vectorielle directe	6
I.1.3.2 Commande vectorielle indirecte	11
I.1.3.3 Commande vectorielle simplifiée	13
I.2 Commande de la MAS par la méthode directe	15
I.2.1 Réglage de la vitesse	16
I.2.2 Réglage de la position	16
I.2.3 limitation du courant i_{qs}	17
I.2.4 Résultats de simulation	17
I.3 Commande de la MAS par la méthode indirecte	20
I.3.1 Réglage de vitesse et de position	20
I.3.2 Résultats de simulation	21
I.4 Commande de la MAS par la méthode simplifiée	23
I.4.1 Réglage de vitesse	23
I.4.2 Réglage de position	24
I.4.3 Stratégie de la commande	25
I.4.4 Résultats de simulation	25
I.5 Conclusions	28
CHAPITRE II : Commande par mode de glissement à surface non linéaire	29
II.1 Théorie de la commande par mode de glissement	30
II.1.1 Systèmes à structures variables	30
II.1.2 Conception de la commande par mode de glissement	30
II.1.3 Choix de la surface de glissement	31
II.1.4 Conditions de convergence et d'existence	31
II.1.4.1 La fonction directe de commutation	32
II.1.4.2 La fonction de Lyapunov	32
II.1.5 Calcul de la commande	32
II.1.6 Approche discrète du mode de glissement	34
II.1.6.1 Régime de glissement réel	34
II.1.6.2 Phénomène de Chattering	35
II.1.6.3 Conditions de convergence en mode discret	37
II.2 Réglage par mode de glissement avec modèle linéaire de la MAS	38
II.2.1 Réglage de vitesse	38
II.2.1.1 Réglage de vitesse avec limitation indirecte	39
II.2.1.2 Réglage de vitesse avec limitation directe	40
II.2.1.3 Réglage de flux	43

II.2.1.3 Estimation du couple résistant	45
II.2.1.4 Résultats de simulation	45
II.2.2 Réglage de position de la MAS	49
II.2.2.1 Réglage de la position avec limitation directe	49
II.2.2.2 Réglage de flux	51
II.2.2.3 Résultats de simulation	51
II.3 Réglage par mode de glissement avec modèle non linéaire réduit de la MAS	52
II.3.1 Réglage de vitesse	52
II.3.1.1 Réglage de vitesse avec limitation indirecte	52
II.3.1.2 Réglage de vitesse avec limitation directe	54
II.3.1.3 Résultats de simulations	57
II.3.2 Réglage de position	60
II.3.2.1 Réglage de position avec limitation directe	61
II.3.2.2 Résultats de simulations	62
II.4 Tests de Robustesse	63
II.5 Conclusions	66
CHAPITRE III : Commande par mode de glissement avec observateurs non linéaires	67
III.1 Association machine-observateur en boucle ouverte	68
III.2 Observateur non linéaire Classique	68
III.2.1 Etude de l'observateur	68
III.2.2 Résultats de simulations	72
III.2.3 Réglage de vitesse et de position avec observateur	73
III.3 Observateur par mode de glissement	74
III.3.1 Structure générale d'un observateur par mode glissant	74
III.3.2 Observateur par mode de glissement du flux rotorique	75
III.3.3 Résultats de simulations	79
III.3.4 Réglage de vitesse et de position avec observateur	80
III.4 Commande par mode de glissement multivariable	82
III.4.1 Mode de glissement multivariable	82
III.4.2 Calcul de la commande dans l'espace d'état	82
III.5 Commande par mode glissant avec modèle complet de la MAS	84
III.5.1 Réglage de vitesse	84
III.5.2 Réglage de position	87
III.5.3 Résultats de simulation	87
III.6 Conclusions	90
CHAPITRE IV : Commande par mode de glissement à placement de pôles	91
IV.1 Théorie de la commande par mode de glissement à placement de pôles	92
IV.1.1 Loi de commutation avec régulateur intégrateur	92
IV.1.2 Grandeur de commande équivalente	93
IV.1.2 Equation d'état en mode de glissement	94
IV.1.3 Domaine du mode de glissement	94
IV.1.4 Imposition des pôles	95
IV.1.4.1 Détermination des coefficients de la contre-réaction	95
IV.1.4.2 Détermination du coefficient de l'intervention de la consigne	97
IV.1.4.3 Influence du choix des pôles	98
IV.1.5 Fréquence de commutation	99

IV.1.6 limitation des grandeurs d'état	100
IV.2 Commande de la machine asynchrone	101
IV.2.1 Réglage de vitesse	101
IV.2.1.1 Détermination des gains de la contre-réaction	102
IV.2.1.2 Grandeur de commande équivalente	104
IV.2.1.3 Limitation du courant i_{qs}	104
IV.2.2 Réglage de position	105
IV.2.2.1 Détermination des gains de la contre-réaction	106
IV.2.2.2 Grandeur de commande équivalente	106
IV.2.2.3 Limitation du courant i_{qs}	106
IV.2.3 Résultats de simulation	107
IV.3 Réglage adaptatif par poursuite d'un modèle de référence	110
IV.3.1 Configuration de la commande par poursuite d'un modèle de référence	110
IV.3.2 Commande équivalente	111
IV.3.3 Poursuite parfaite	111
IV.3.4 Poursuite imparfaite	112
IV.3.4.1 Equation d'état du système global	113
IV.3.4.2 Equation d'état en mode de glissement	113
IV.3.4.3 Solution du système d'état en mode de glissement	114
IV.4 Réglage adaptatif de la machine asynchrone	115
VI.4.1 Dimensionnement du modèle de référence	115
VI.4.2 Résultats de simulation	116
VI.5 Conclusions	118
CHAPITRE V : Commande par mode de glissement avec observateurs linéaires	119
V.1 Structure du réglage avec observateur	120
V.2. observateur d'ordre global	121
V.2.1 Structure générale de l'observateur d'ordre global	121
V.2.2 Dimensionnement de l'observateur d'ordre global	122
V.2.2.1 Dimensionnement à l'aide de la forme canonique de l'observateur	122
V.2.2.2 Dimensionnement à l'aide de la méthode d'Ackermann	124
V.3 Réglage de vitesse avec observateur d'ordre global	124
V.3.1 Dimensionnement à l'aide de la forme canonique de l'observateur	124
V.3.2 Dimensionnement à l'aide de la méthode d'Ackermann	125
V.3.3 Dimensionnement échantillonné	126
V.3.4 Résultats de simulation	126
V.4 Observateur par mode de glissement	129
V.5 Réglage de vitesse avec observateur par mode de glissement	131
V.5.1 Dimensionnement de l'observateur	131
V.5.2 Dimensionnement échantillonné	132
V.5.3 Résultats de simulation	133
V.6 Conclusions	137
CONCLUSION GENERALE	138
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXE I	
ANNEXE II	