

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEINGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHRCHÉ SCIENTIFIQUE

Faculté des sciences et sciences de l'ingénieur
Département d'ELECTROTECHNIQUE

MEMOIRE

Présenté à l'université de BEJAIA

Pour l'Obtention du Diplôme de
MAGISTER

En Génie Electrique

Option : Commande Electrique

Présenter Par :
M. Benyahia Nabil

THEME

***ETUDE ET SIMULATION D'UNE
MOTORISATION ASYNCHRONE ET
SYNCHRONE D'UNE CHAINE DE TRACTION
ELECTRIQUE FERROVIAIRE BI-MOTEURS***

Soutenu le : 02 / 10 / 2005. Devant le jury

Président : Y. Zebboudj Professeur à l'Université de Béjaia.

Rapporteur : T. Rékioua Professeur à l'Université de Béjaia.

Examineurs : K. Mokrani Maître de Conférence à l'Université de Béjaia.

N. Khenfer Maître de Conférence à l'Université de Sétif.

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE..... 8

CHAPITRE I

- 1.1 INTRODUCTION..... 11**
- 1.2 Chaîne de traction ferroviaire 12**
- 1.3 Chaîne de propulsion naval..... 13**
- 1.4 Chaîne de traction routière..... 14**
- 1.5 Sources d'énergie..... 14**
 - 1.5.1 Batteries 15**
 - 1.5.2 Pile à combustible..... 16**
- 1.6 Différentes motorisation pour la chaînes de traction 19**
 - 1.6.1 Machine à courant continu 19**
 - 1.6.2 Machine asynchrone à cage (MAS)..... 21**
 - 1.6.3 Machine synchrone à aimant permanent (MSAP) 22**
- 1.7 Chaîne de traction électrique à étudier 23**
 - 1.7.1 Etage d'entrée..... 24**
 - 1.7.2 Onduleur de tension 25**
 - 1.7.3 La commande (Contrôle)..... 25**
 - 1.7.3.1 Contrôle vectorielle à flux rotorique orienté (CVFRO)..... 25**
 - 1.7.3.2 Commande directe du couple(CDC)..... 26**
 - 1.7.4 Les machine à courant alternatif..... 28**
 - 1.7.5 Charge mécanique..... 28**
- 1.8 CONCLUSION..... 30**

CHAPITRE II

- II.1 INTRODUCTION 32**
- II.2 Modélisation vectorielle de l'onduleur..... 33**
- II.3 Commande rapprochée..... 35**
 - II.3.1 La commande MLI..... 35**
 - II.3.2 La commande MLI vectorielle..... 35**
- II.4 Transformation de Park..... 38**
- II.5 Modélisation des machines 39**
 - II.5.1 Modélisation de la machine asynchrone MAS..... 39**
 - II.5.1.1 Modèle électrique et magnétique de la MAS 39**
 - II.5.2 Modélisation de la machine synchrone à aimant permanent MSAP 44**
 - II.5.2.1 Modèle électrique et magnétique de la MSAP..... 44**
- II.6 Modélisation de la charge mécanique (procédé)..... 46**
 - II.6.1 Système de transmission mécanique pour un système mono moteur. 47**
 - II.6.1.1 Mouvement de translation et de rotation. 47**
 - II.6.1.2 Forces de résistances à l'avancement :..... 49**
 - II.6.2 Système de transmission mécanique pour un système multi-machines. 50**
- II.6.3 Les perturbations mécaniques 50**
 - II.6.3.1 La perte d'adhérence d'une roue..... 50**
 - II.6.3.2 Le broutement..... 51**
- II.6 CONCLUSION 52**

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

CHAPITRE III

III.1 INTRODUCTION	54
III.2 Commande vectorielle à flux rotorique orienté d'une MAS	55
III.2.1 Principe du contrôle vectoriel d'une MAS.....	55
III.2.2 Les estimateurs pour la commande.....	56
III.2.3 Le processus électrique.....	58
III.2.4 Le contrôle du couple et du flux de la MAS	59
III.2.5 Structure générale de réglage du système bi-moteurs	59
III.2.6 Fonctionnement en survitesse de la MAS pour la commande vectorielle	61
III.2.6.1 Limite du courant et de la tension statorique.....	62
III.2.7 Essais de simulation de la motorisation bi-moteurs asynchrone associé à CVFRO.....	64
III.2.7.1 Essai de simulation en viaduc et en tunnel.....	64
III.2.7.2 Essai de simulation du train en survitesse	66
III.3 Contrôle direct du couple des machines asynchrones	69
III.3.1 Contrôle du vecteur flux statorique.....	69
III.3.2 Contrôle du couple de la MAS	70
III.3.3 Sélection du vecteur tension.....	71
III.3.4 Structure du système du contrôle direct du couple.....	72
III.3.4.1 Estimation du flux statorique et du couple électromagnétique.....	72
III.3.4.2 Estimation de la pulsation et de la tension statorique.....	73
III.3.4.2.1 Estimation de la pulsation statorique.....	73
III.3.4.2.2 Estimation de la tension statorique	74
III.3.5 Elaboration du contrôleur de couple	75
III.3.5.1 Comparsateur à trois niveaux.....	75
III.3.5.2 Comparsateur à deux niveaux	77
III.3.6 Table de vérité et structure de contrôle.....	77
III.3.7 Fonctionnement en survitesse de la machine asynchrone pour la DTC	77
III.3.7.1 Limites de fonctionnement en survitesse.....	78
III.3.7.1.1 Limites du courant et de la tension.....	78
III.3.7.1.2 Limites du couple électromagnétique.....	79
III.3.7.2 Fonctionnement en mode de défluxage optimal.....	80
III.3.8 Structure générale de réglage du contrôle direct du couple.....	81
III.3.9 Essais de simulation de la motorisation bi-moteurs asynchrone associé à DTC.....	83
III.3.9.1 Essai de simulation en viaduc et en tunnel.....	83
III.3.9.2 Essai de simulation en survitesse	84
III.4 Commande vectorielle de la machine synchrone à aimant permanent	87
III.4.1 Processus de réglage.....	89
III.4.2 Structure de réglage générale	90
III.4.3 Fonctionnement en survitesse des machine à aimants permanents	91
III.4.3.1 Contrôle à courant constant et à puissance constante.....	92
III.4.3 Essais de simulation de la motorisation synchrone associée à la CVFRO.....	93
III.4.3.1 Essai de simulation en viaduc et en tunnel.....	93
III.4.3.2 Essai de simulation du train en survitesse	94
III.5 Contrôle direct du couple de la MSAP	97
III.5.1 Control du vecteur flux statorique	97
III.5.2 Contrôle du couple.....	98
III.5.3 Structure du système du contrôle direct du couple.....	99
III.5.3.1 Estimation du flux statorique et du couple électromagnétique.....	99
III.5.3.2 Structure générale de contrôle	100
III.5.4 Fonctionnement en survitesse des MSAP dans le cas de la CDC.....	101
III.5.4.1 Limites du courant et de la tension	101
III.5.4.2 Limites du couple.....	102
III.5.5 Essais de simulation de la motorisation bi-moteurs asynchrone associé à DTC.....	103
III.5.5.1 Essai de simulation en viaduc et en tunnel.....	103

III.5.5.2 Essai de simulation en survitesse	104
III.6 Etude comparative entre les deux structures	107
III.6.1 Mécanisme du contrôle du flux et du couple.....	107
III.6.2 Régulation du couple et du flux.....	107
III.6.3 Performances des deux commandes	107
III.6.4 La complexité de deux structure	108
III.6.5 Les différence des deux machines.....	108
III.7 CONCLUSION	110

CHAPITRE VI

IV.1 INTRODUCTION.....	112
IV.2 Structure de commande moyenne (MDCS : Mean Drive Control Structure)	114
VI.2.2 Résultats de simulation obtenus	115
IV.3 Structure de commande maître esclave(M.S.C : Master Slave Control)	118
IV.4 Structure de commande à modèle de comportement minimale (CMC Minimale)	121
IV.5 Structure de commande à modèle du comportement maximale (CMC Maximale).....	124
IV.6 Etude comparative des différentes structures.....	127
IV.7 CONCLUSION	128

CHAPITRE VI

V.1 INTRODUCTION.....	130
V.2 Etapes de conception du simulateur	133
V.2.1 Etape de Modélisation	135
V.2.2 Etape de simulation	136
V.2.3 Etape d'assemblage	137
V.3 CONCLUSION.....	138

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE	140
---------------------------	-----

Annexes

Annexe n°1 : Méthodes de défluxage de la machines à aimant permanent	143
1.1 Contrôle à Puissance et à Tension Constante (CVCPC:Constant Voltage Constant Power Control.).....	143
1.2 Contrôle à Puissance et à courant Constant (CCCPC:Constant current Constant Power Control.).....	144
1.3 Contrôle à tension et à courant Constant (CCVC:Constant current Constant Voltage Control.).....	145
Annexe n°2 : Commande à modèle du comportement (CMC).....	146
2.1 Schéma fonctionnel de la commande.....	146
2.2 analyse de la boucle du comportement.....	147
Annexe n°3 : Paramètres de la chaîne de traction.	148

Bibliographie

Bibliographie.....	150
--------------------	-----