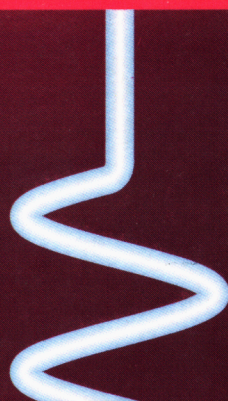


**R. Abdessemed
& M. Kadjoudj**



modélisation des machines électriques



Presses de l'Université de Batna

R. ABDESSEMED & M. KADJOU DJ

181 2467

Modélisation des Machines Electriques



Presses de l'Université de Batna

707/6

- مركز منشورات جامعة باتنة
- مجمع العلوم والتكنولوجيا
- نهج الشهيد بوخلوف باتنة - الجزائر
حقوق الطبع محفوظة

© 1997, Batna University Press, All rights reserved.

This Batna University Edition is part of a continuing program of paperbound textbooks especially designed for students and professional people.

Avant propos

La prédiction du comportement des machines électriques en régime transitoire est de plus en plus importante pour les raisons suivantes :

- la connaissance des contraintes électriques et mécaniques s'impose avec l'accroissement des puissances unitaires et massiques ;
- l'association avec les convertisseurs statiques de fréquence et l'automatisation croissante des processus industriels nécessitent également de connaître le comportement des machines électriques en régime dynamique.

Aussi, et en raison de la tendance actuelle d'utiliser de plus en plus la modélisation comme outil d'analyse et de supervision, nous avons pensé qu'il était opportun d'accorder plus d'importance à cette discipline très utile en électrotechnique.

Notre premier souci a été de présenter un ouvrage pédagogique. Le second souci, sachant la difficulté de trouver parmi une littérature de plus en plus prolifique les renseignements dont on a besoin, a été de fournir une abondante documentation concise dans laquelle les étudiants et les ingénieurs pourront puiser les éléments nécessaires à la modélisation des machines électriques.

Cet ouvrage est à la fois un cours et un recueil :

- un cours puisqu'il correspond au programme de l'enseignement des ingénieurs et des magisters ;
- un recueil car il comporte de nombreux exemples de modèles, de schémas et de résultats de simulations , destiné à un large public. Aussi, une partie importante est constituée des extraits de travaux que nous avons réalisé avec nos étudiants.

Notre intention n'était nullement d'épuiser les sujets indiqués dans la table des matières, mais de faire seulement un exposé des principaux problèmes s'y attachant, dans le but évident de présenter une méthodologie de la modélisation des machines électriques.

Enfin, faudrait-il se féliciter de l'initiative que prend aujourd'hui l'université de Batna en publiant des ouvrages au profit des étudiants en espérant atteindre une plus large audience.

Table des Matières

INTRODUCTION.

CHAPITRE I - THEORIE DE LA MACHINE ELECTRIQUE GENERALISEE.

I.1. Les lois électromécaniques.....	12
I.2. Machine électrique idéalisée	13
I.3. Machine électrique généralisée	13
I.4. Les équations de la machine électrique généralisée biphasée	18
I.5. La transformation des équations différentielles	21
I.6. Utilisation des différents systèmes d'axes de coordonnées de la machine électrique généralisée	26
I.7. Equations différentielles de la machine électrique généralisée sous forme complexe	30
I.8. Les équations de la machine électrique généralisée triphasée	32
I.9. Passage d'un système triphasé au système biphasé, et inversement	37
I.10. Equation du mouvement de la machine électrique généralisée.....	41
I.11. Modélisation des machines électriques en tenant compte de la non linéarité des paramètres	45
I.12. Modèle de la machine généralisée en tenant compte de la saturation ..	47
I.13. L'effet de peau dans le modèle de la machine généralisée	49

CHAPITRE II -MODELISATION DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASES.

II.1. Modèle du moteur asynchrone	51
II.2. Le régime permanent du moteur asynchrone	52
II.2.1. Les équations du moteur asynchrone en régime permanent	52
II.2.2. Les caractéristiques statiques du moteur asynchrone	55
II.2.3. Calcul des caractéristiques mécaniques des moteurs asynchrones par ordinateur	58
II.2.4. Calcul des caractéristiques électromécaniques des moteurs asynchrones par ordinateur	62
II.2.5. Exemple d'application	64
II.3. Analyse des processus transitoires électromagnétiques du moteur asynchrone pour une vitesse du rotor constante	68
II.3.1. Solution des équations différentielles du moteur asynchrone	

pour une vitesse constante	68
II.3.2. Analyse de la solution pour un rotor immobile.....	71
II.3.3. Analyse de la solution pour une vitesse non nulle	74
II.4. Le couple transitoire du moteur asynchrone	79
II.5. Les processus transitoires du moteur asynchrone tournant à une vitesse quelconque	87
II.5.1. Les équations différentielles de la caractéristique dynamique du moteur asynchrone	87
II.5.2. Détermination des coefficients du système.....	91
II.6. Etude des phénomènes transitoires à partir du modèle généralisé...	93

CHAPITRE III - MODELISATION DES GENERATRICES ASYNCHRONES.

III.1. Auto-amorçage de la génératrice asynchrone à vide	101
III.1.1. Modélisation de l'auto-amorçage à vide.....	106
III.1.2. Mise sous forme d'équation d'état	107
III.2. Génératrice asynchrone en régime de saturation	111
III.2.1. Fonctionnement à vide.....	111
III.2.2. Equations de la génératrice dans le repère U,V	112
III.2.3. Représentation schématique du flux	113
III.2.4. Modélisation de la courbe de magnétisation	119
III.2.5. Auto-amorçage de la génératrice en régime saturé.....	121
III.2.6. Influence de la capacité et de la vitesse	123
III.2.6.1. Influence de la capacité sur la tension et la fréquence	123
III.2.6.2. Influence de la vitesse sur la tension et la fréquence.....	124
III.3. Génératrice asynchrone alimentant une charge	125
III.3.1. Fonctionnement en charge	125
III.3.1.1. Charge active R.....	125
III.3.1.2. Simulation de l'auto-amorçage sur charge résistive	128
III.3.1.3. Insertion d'une capacité en serie avec la charge.....	132
III.3.1.4. Charge mixte R-L.....	134
III.3.1.5. Simulation de l'auto-amorçage sur charge R-L	135
III.3.2. Génératrice couplée au réseau	135

CHAPITRE IV- MODELISATION DES MACHINES ASYNCHRONES TRIPHASEES A DOUBLE ALIMENTATION

IV.1. Principe et régime de fonctionnement.....	141
IV.2. Méthode des coordonnées mobiles auto-orientées	145
IV.3. Caractéristiques du moteur à double alimentation en régime établi	151

IV.4. Cascade asynchrone.....	165
IV.4.1.Approche analytique de résolution.....	168
IV.4.2.Modélisation de la machine asynchrone à double alimentation par rapport au système d'axes x,y	174
IV.4.3.Simulation de la machine asynchrone double alimentée.....	177

CHAPITRE V - MODELISATION DES MOTEURS ASYNCHRONES MONOPHASES.

V.1. Champs tournants	182
V.2. Moteur asynchrone monophasé	184
V.2.1.Déscription du moteur	184
V.2.2.Principe de fonctionnement	185
V.2.3.Diagramme du cercle	187
V.2.4.Les méthodes de démarrage	190
V.2.5.Moteur à condensateur.....	192
V.3. Méthodes de calcul des structures asymétriques des machines à induction	194
V.3.1.Méthode des composantes symétriques.....	194
V.3.1.1.Equations des tensions.....	197
V.3.1.2.Equations des courants	201
V.3.1.3. Puissance électromagnétique, couple et rendement	202
V.3.2.Schéma équivalent du MAMCP	204
V.3.3.Modèle de la machine électrique généralisée	209

CHAPITRE VI - MODELISATION DES MACHINES SYNCHRONES.

VI.1. Paramètres de la machine synchrone.....	216
VI.2. Processus physiques du court-circuit dans les alternateurs.....	225
VI.3. Court-circuit triphasé dans les alternateurs	235
VI.3.1.Court-circuit d'un alternateur en absence des amortisseurs.....	239
VI.3.2.Court-circuit d'un alternateur en présence des amortisseurs	242
VI.4. Couple de rotation dans les machines synchrones	245
VI.4.1.Couple de rotation pour un régime établi.....	247
VI.4.2.Couple transitoire dans les machines synchrones	250
VI.4.3.Couple de la machine synchrone en régime asynchrone	255
VI.4.4.Couple de court-circuit dans les machines synchrones	259
VI.5. Modélisation de la machine synchrone	260
VI.5.1.Expression du couple électromagnétique.....	262
VI.5.2.Schémas équivalents.....	263
VI.5.3.Cas d'une machine synchrone à pôles lisses	264

VI.5.4.Simulation de la machine synchrone	265
---	-----

CHAPITRE VII - MODELISATION DES MACHINES A COURANT CONTINU,(MCC).

VII.1. Etude des phénomènes transitoires dans les MCC (méthode classique de résolution.....)	271
VII.2. Modèle de la machine à courant continu sur les axes d,q	278
VII.2.1. Mise en équation de la MCC.....	279
VII.2.2. Application de la théorie généralisée aux divers modes d'excitations	282
VII.3. Simulation de la machine à courant continu	292
VII.4. La commutation dans la MCC	300
VII.4.1. Généralités sur la commutation.....	300
VII.4.2. Types de la commutation	301
VII.4.3. Etapes de la commutation simple.....	302
VII.4.4. Modèle de la commutation simple	303
VII.5. Modèle de la MCC à partir du schéma équivalent.....	310

CHAPITRE VIII - METHODES D'IDENTIFICATION PARAMETRIQUE DES MACHINES ELECTRIQUES.

VIII.1. Identification paramétrique des machines synchrones	314
VIII.1.1. Essais classiques des machines synchrones.....	315
VIII.1.2. Essais indiciels des machines synchrones	319
VIII.2. Identification paramétrique de la machine asynchrone	323
VIII.2.1. Identification de la machine à cage.....	323
VIII.2.2. Identification de la machine à rotor bobiné	328
VIII.3. Identification paramétrique de la machine à courant continu.....	330
VIII.3.1. Méthode des essais classiques	330
VIII.3.2. Méthode des essais indiciels	332
VIII.4. Détermination des paramètres mécaniques.....	334
Bibliographie	339