

Université M'hamed Bougara de Boumerdès

Faculté des hydrocarbures et de la chimie



Laboratoire de Recherche sur l'Electrification
des Entreprises Industrielles



Thèse de Doctorat

En Génie Electrique,

Option: Electrification et Automatisation des Procédés Industriels

Présentée par:

Mr. Khodja Djalal Eddine

Thème

Elaboration d'un Système Intelligent de Surveillance et de Diagnostic Automatique en Temps Réel des Défaillances des Moteurs à Induction

Date de Soutenance : 19 Avril 2007

Jury est composé de :

M ^f BOUBAKEUR Ahmed	Professeur	Nationale Polytechnique d'Alger	Président
M ^f CHETATE Boukhemis	Professeur	F.H.C-Université de Boumerdès	Directeur de Thèse/ Rapporteur
M ^f BENFDILA Arezki	Professeur	FSI-Université de Tizi-Ouzou	Examineur
M ^f TOUHAMI Omar	Professeur	Ecole Nationale Polytechnique d'Alger	Examineur
M ^f OUAHDI Dris	M. C.	F.H.C-Université de Boumerdès	Examineur
M ^f TOURCHINE Victor	M. C.	F.S-Université de Boumerdès	Examineur
M ^f DEBAILI Rachid	PDG	EDIEL-Alger	Invité

Année Universitaire 2006/2007

ملخص

تحتل حاليا المحركات الكهربائية الغير متزامنة مكانة هامة في الميدان الصناعي, حيث معظم الطاقة الكهربائية في العالم مستهلكة من طرف هذه الاخيرة. زيادة على ذلك نجد هذا النوع من المحركات مستعمل بشكل واسع في الآليات التي تتطلب السرعة المتغيرة وذلك راجع لعدة عوامل نذكر منها: الصلابة الميكانيكية, لا تحتاج الى عناية كبيرة و كذا لسعرها المنخفض مقارنة مع المحركات الاخرى. رغم هذه الخصائص التي تتميز بها هذه المحركات غير انها لا تخلوا من الاعطاب, في حين الآليات حاليا تعمل بشكل مستمر ولا تحتل ابي توقف, الشيء الذي قد يترتب عنه عواقب وخيمة مثل التوقفات المتكررة و تعطيل الاجهزة و جعلها تعمل خارج نطاق عملها, كمثل هذه الحالات تؤدي الى النقص في الانتاج و الانتاجية (انخفاض في المؤشرات الاقتصادية). في اطار هذا العمل اقترحت هندسة النظام الاتوماتيكي للانظمة الكهروميكانيكية و المتكونة من نظامين. نظام الاقتناء و تحويل و معالجة المعلومات و نظام لتفسيرها. من جهة اخرى, لمواجهة نقائص الأعمال السابقة التي تتطلب استعمال نماذج للتمثيل. تم اللجوء الى استعمال الشبكة العصبية الاصطناعية (التي تسمح بتصنيف مختلف انواع النقائص) بالمشاركة مع نظام خبير (في دور تحديد مختلف انواع النقائص وتحديد اجراءات الصيانة اللازمة). من ناحية اخرى, عزل اثر الاضطرابات و استعمال عدة مقادير مؤشرة (مثل التيار الكهربائي و السرعة الميكانيكية و فرق الكمون) يسمح برفع احتمال وقوع العطب بطريقة سريعة و بدرجة كبيرة من الثقة. لهذا الصدد, للحصول على معلومات المحركات الكهربائية اللامتزامنة (النظام الكهروميكانيكي) تم اللجوء الى التمثيل و المعالجة الرقمية للتشغيل العادي و الغير العادي. الشيء الذي يسمح للحصول على البيانات الخطية لتغيرات المقادير الكهربائية و الميكانيكية (القيم المرجعية).

Abstract

The automatic detection of the failures becomes increasingly essential because of the weakness of the human operator (by its natural); which is a consequence of the fatigue, lapse of memory, and sometimes by the pressure of the environment (noises, heats... etc). In fact, we are interested obligatorily of the automatic diagnosis; which allows detecting in an early way the anomalies, thing which represents one of the sure means which contribute to the improvement the productivity of the various sectors

To this end, this work is told about the device of automatic diagnostic of asynchronous motor. This diagnostic system is based on Artificial Neural Network (ANN), in order to find the different defects by classification. The machine health identification process is mainly based on recognition and comparison of real-time captured standard signature as stator current, rotation speed of machine. The features extraction of the instantaneous signals will then input to an Artificial Neural Networks (ANN) for recognition and identification. The output of the neural network was trained to generate a healthy index that indicates the machine health condition. In this work, the entries used in the neural network were the various types of signals: the instantaneous values and the effective values (root mean square) of the machine parameters. In the second method, we use the effective values (root mean square) of the three stator currents and those of the voltage supply and the value number of rotation speed.

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre 1

Etude de la problématique du diagnostic des défaillances d'une machine asynchrone

1.Introduction.....	5
2.Défauts des systèmes électromécaniques.....	6
2.1.Analyse statistique des origines des défauts statoriques et rotoriques.....	8
2.2.Les grandeurs indicatrices.....	8
2.2.1.Contenu spectral des courants en cas des défauts dans le stator.....	9
2.2.2.Contenu spectral du courant en cas des défauts dans le rotor.....	9
3.Analyse de la procédure du diagnostic.....	12
4.Problématique du diagnostic des machines électriques.....	14
5. Analyse des méthodes de diagnostic existantes.....	15
5.1.Les méthodes internes.....	15
5.1.1 La méthode du modèle.....	16
5.1.2.La redondance analytique et matérielle.....	16
5.2.Les méthodes externes.....	17
5.2.1.Les méthodes de reconnaissance des formes.....	17
5.2.2.Diagnostic par systèmes experts.....	19
5.2.3.Diagnostic par logique floue.....	20
5.2.4.Le diagnostic externe avec les réseaux de neurones.....	20
6. Analyse des méthodes d'identification des défauts électriques des machines Asynchrones rotoriques.....	21
6.1.Méthodes d'analyse des défauts rotoriques.....	21
6.2. Méthodes d'analyse des défauts statoriques.....	22
7.Analyse critique des méthodes de diagnostic existantes.....	23
8.Position du problème à résoudre.....	25
9.Conclusion du premier chapitre.....	27

Chapitre 2

Modélisation de la machine asynchrone en vue d'étudier son comportement dans le régime normal et anormal du fonctionnement

1. Introduction.....	28
2. Modèle d'étude.....	29
3. Schéma multi enroulement équivalent.....	29
3.1. Calcul des inductances.....	30
3.2. Mise en équation.....	32

4. La transformation de Nr grandeurs équilibrées vers deux grandeurs dq	38
4.1. la matrice de résistance du modèle dq équivalent	40
4.2. la matrice d'inductance du modèle dq équivalent.....	46
5. Simulation du modèle dq	48
6. Conclusion du deuxième chapitre.....	50

Chapitre 3

Etude du comportement de la machine asynchrone en présence de défauts

1.Introduction.....	51
2. Etude du comportement de la machine asynchrone en cas de défaut de la tension d'alimentation (partie statorique).....	52
2.1.Défaut monophasé de la tension	52
2.2. Défaut biphasé de tension	54
2.3. Défaut triphasé de tension	56
2.4..Interprétation des résultats de simulation (régime normal et anormal).....	59
3. Etude du comportement de la machine asynchrone en cas de défauts statoriques.....	60
3.1 Définition de la matrice de transformation	62
3.2 Transformation du modèle triphasé	63
3.3 Interprétation des résultats de simulation des défauts statoriques (court-circuit entre spires)	66
4.Etude du comportement de la machine asynchrone en cas de défaut dans la partie rotorique.....	70
4.1. Modélisation des défauts dans le cas d'une cassure d'une barre ou de deux barres.....	70
4.2. Simulation des défauts rotoriques en présence d'une charge sur l'arbre du moteur.....	71
4.3. Analyse spectrale de la signature du courant en présence des défauts rotoriques.....	77
5. Conclusion du troisième chapitre	79

Chapitre 4

Etude Expérimentale des défaillances de la machine asynchrone

1.Introduction.....	80
2.Description de l'architecture globale du système d'entraînement.....	81
SIMOVERT-Siemens	

2.1. Schéma global du convertisseur et ses interfaces	81
3. Concept des zones du Convertisseur SIMOVERT-Siemens	84
4. Commande vectorielle de la machine asynchrone	86
4.1. Principe de la commande vectorielle.....	86
4.2. Evolution des paramètres de l'ensemble commande-convertisseur-moteur	89
5. Etude expérimentale de la machine asynchrone en présence de défauts	89
6. Interprétation des résultats de simulation (régime normal et anormal).....	96
7. Conclusion du quatrième chapitre	97

Chapitre 5

Développement du système automatique de diagnostic des défaillances et son application dans le cas des machines asynchrones à rotor en court-circuit et celle à rotor bobiné

1. Introduction.....	98
2. Description de l'architecture existante automatique du système automatique de diagnostic des défaillances.....	98
2.1. Sous-système d'acquisition, de conversion et de traitement de l'information (SACI).....	99
2.2. Sous-système d'interprétation de l'information	101
2.2.1. Système d'aide à la décision.....	101
2.3. Les fonctions du sous-système d'interprétation de l'information	102
3. Elaboration du module d'interprétation des informations.....	102
3.1. Choix des variables d'entrées de RNA (les paramètres représentatifs des défauts)	103
3.2. Acquisition des données (base d'apprentissage).....	103
3.2.1. Construction de la base d'apprentissage	104
3.3. Construction du bloc de RNA.....	106
4. Apprentissage des réseaux de neurones sélectionnés	109
5. Tests des RNA sur les nouveaux exemples	109
5.1 Interprétation des résultats.....	111
6. Localisation des défaillances	115
6.1. Détection d'une défaillance et détermination de son code	115
6.2. Localisation de l'endroit d'apparition des défaillances	116
par le système d'aide à la décision	
7. Synthèse de l'architecture de système automatique de diagnostic des défauts de la machine asynchrone en vue d'élaborer une installation expérimentale.....	116
8. Exemple d'un protocole de maintenance affiché par le système d'aide à la décision	118
9. Conclusion du cinquième chapitre.....	120
Conclusion Générale et Perspective	122
Annexes.....	126