

Proposition de thèse (CIFRE) H/F

Impact du Contrôle Boucle fermée

sur le Diagnostic des Machines Synchrones à Aimants Permanents

Partenaire
industriel :

MITSUBISHI ELECTRIC R&D CENTRE EUROPE (MERCE)
1 allée de Beaulieu, CS 10806, 35708 Rennes Cedex 7, France
Site web: <http://www.mitsubishielectric-rce.eu/>

Partenaire
académique :

Université d'Artois, 9 Rue du Temple, 62000 Arras

Type de contrat :

CDD de 3 ans, mars/avril 2021

Référence :

GBM_PhD_2020

Thème de
recherche :

Impact du Contrôle Boucle fermée sur le Diagnostic des Machine Synchrones à Aimants Permanents

Sujet proposé par :

Guilherme BUENO MARIANI (MERCE), Raphael ROMARY (Université Artois)

Contexte de la thèse:

Domaine et contexte scientifique :

Le diagnostic de défauts et la maintenance prédictive sont devenus des sujets très importants dans le milieu industriel ces dernières années, afin d'éviter les temps d'arrêt et d'augmenter la fiabilité et la sécurité des machines électriques tournantes.

Dans ce domaine, plusieurs études ont été effectuées, surtout pour les machines à induction (asynchrones) motivées par la facilité de contrôle (normalement en boucle ouverte) et de diagnostic de ce type de machine. Les machines synchrones sont moins étudiées en raison de la difficulté de leur diagnostic et la nécessité d'un variateur de vitesse pour le contrôle de la machine. Les machines synchrones sont normalement contrôlées en boucle fermée, ce qui en complique le diagnostic car les signaux de fautes sont cachés par ce type de contrôle.

Plusieurs études basées sur l'analyse des vibrations ont été menées pour le diagnostic des machines ; nous avons également identifié plusieurs produits sur le marché qui utilisent ce type de technologie pour le diagnostic de machines électriques. Par contre, les études basées purement sur des signaux électriques des machines synchrones avec un contrôle en boucle fermée sont plus rares, ce qui est certainement lié à la difficulté de leur analyse.

Parmi les défauts des machines tournantes, l'un des plus répandus concerne les roulements à billes. C'est l'un de principaux défauts étudiés, mais la majorité de techniques se basent aussi sur l'étude vibratoire de la machine, qui nécessite un capteur de vibration supplémentaire pour le diagnostic de la machine.

La thèse proposée s'inscrit donc dans la problématique du diagnostic des roulements à billes de machines synchrones à aimants permanents (MSAP) avec contrôle en boucle fermée, en utilisant seulement les capteurs nécessaires pour le contrôle de la machine.



Figure 1: Roulement à billes avec défaut

Sujet de la thèse :

L'étude doit être menée en considérant seulement les signaux électriques utilisés pour le contrôle de la machine (tensions de phases, courants de phases, capteur de position, etc..).

Les étapes de la thèse sont donc décrites comme suit :

1- Etude Bibliographique :

- Etudier l'impact des défauts liés aux roulements sur signaux électriques
- Etudier les différentes méthodes artificielles utilisées pour la création des défauts de roulements à billes.
- Etudier différentes méthodes de diagnostic et de surveillance d'état (condition monitoring) de MSAP (Machine Synchrones à Aimants Permanents) avec contrôle en boucle fermée (DTC, FOC, DFVC, MPC, etc.). Cette étude doit inclure des articles scientifiques, des brevets etc.

2- Développement/ Adaptation d'un banc de test et implémentation du défaut sur la machine

- Un défaut de roulement doit être généré de sorte qu'il soit le plus réaliste possible. Cela sera fait en accord avec l'étude bibliographique.
- Cette méthode devra permettre une création de faute avec différents niveaux de sévérité.
- Une MSAP de puissance faible (<5kW) sera utilisée comme sujet d'étude.

3- Etude de l'impact du contrôle sur la surveillance d'état (condition monitoring) de la MSAP

- Il s'agira, dans un premier temps, d'étudier l'impact des différents types de contrôle sur le diagnostic et la surveillance d'état de la machine. Cela nous permettra de choisir un type de contrôle qui permette le diagnostic et la surveillance d'état de la machine.
- Dans cette étape, une étude par simulation sera faite en parallèle avec des tests expérimentaux.
- La technique ne peut pas nécessiter de capteurs supplémentaires pour le diagnostic. Seuls les capteurs déjà utilisés pour le contrôle pourront être employés.
- Des capteurs supplémentaires de vibrations peuvent être utilisés seulement afin de faire des comparaisons et validation de la technique utilisée pour le diagnostic.
- Tests Expérimentaux :
 - o Tester différentes techniques de diagnostic & surveillance d'état sélectionnés à l'étape 1. Comparer différentes machines saines et défectueuses, et qualifier les techniques.
 - o Tester différents types de contrôle et évaluer leur impact sur la surveillance d'état de la machine. Le contrôle qui favorise le diagnostic sera donc sélectionné pour une deuxième étape d'amélioration.
- Simulations :
 - o Modélisation électromagnétique de la machine : le modèle doit être capable de reproduire une machine avec défaut. (Optionnel) Dans cette étape l'utilisation des modèles mécaniques issues de la bibliographie peut aussi être considérée.
 - o Vérification du modèle avec les mesures expérimentales.

4- Développement d'une nouvelle technique pour la surveillance d'état

Une fois que la technique de contrôle qui favorise la surveillance d'état de machine est choisie, nous allons étudier la possibilité d'augmenter cette capacité. Cela pourra être fait en combinant la technique de contrôle avec une injection de signal comme fait en [4] des ref. biblio, par exemple.

Les étapes suivantes doivent être réalisées par simulation et expérimentation :

- o Tester les techniques d'injection pour optimiser la surveillance d'état de la machine et/ou proposer une nouvelle technique à tester.
- o Cette étape doit aussi montrer la différence entre la technique de contrôle standard et celle de la nouvelle technologie proposée.

5- A la fin de la thèse nous évaluerons la possibilité du diagnostic et surveillance d'état avec un contrôle sans capteur de position.

Verrous scientifiques :

- Evaluation des différentes techniques pour le diagnostic et la surveillance d'état de roulement à billes de MSAP.
- Evaluation de l'impact des différents types de contrôle en boucle fermée sur le diagnostic et la surveillance d'état des MSAP.
- Développement d'une nouvelle technique de contrôle afin de favoriser le diagnostic et surveillance d'état des MSAP.

Proposition de déroulement de la thèse :

Démarrage :

A partir de mars/avril 2021 – rapports mensuels (1 page) et réunions trimestrielles (alternativement au laboratoire d'accueil et sur le site de MERCE à Rennes) non inclus ci-dessous.

Temps de présence :

Principalement au laboratoire (75% du temps environ), et 25% du temps à MERCE Rennes (si les conditions sanitaires permettent d'alterner entre les 2 sites)

Programme de travail

Le programme de travail se découpe comme suit :

Lot 1: Etude Bibliographique :

T1 : Etude des défauts liés aux roulements sur les MSAP

T2 : Etude des créations artificielles des défauts

T3 : Etude des méthodes de diagnostic et de surveillance d'état (condition monitoring) de MSAP avec contrôle en boucle fermé (DTC, FOC, DFVC, MPC, etc.).

Lot 2: Développement/ Adaptation d'un banc de test et implémentation du défaut sur la machine

T4 : Fabrication du défaut de roulement avec différentes sévérités, basée sur l'étude bibliographique.

T5 : Adaptation du banc de test, MSAP avec défaut, inclusion des capteurs additionnels

Lot 3: Etude de l'impact du contrôle sur la surveillance d'état (condition monitoring) de la MSAP

Tests Expérimentaux :

T6 : Tester différentes techniques de diagnostic & surveillance d'état sélectionnées à l'étape 1 sur les sujets de tests fait au Lot 2.

T7 : Tester différents types de contrôle et évaluer leur impact sur la surveillance d'état de la machine.

Simulations :

T8 : Modélisation électromagnétique de la machine, le modèle doit être capable de reproduire une machine avec défaut. Dans cette étape l'utilisation des modèles mécaniques issues de la bibliographie peuvent aussi être considérés.

T9 : Vérification du modèle avec les mesures expérimentales.

Lot 4: Développement de nouvelle technique pour la surveillance d'état

Les étapes suivantes doivent être réalisées en simulation et expérimentalement.

T10 : Tester des techniques d'injection pour optimiser la surveillance d'état de la machine et/ou proposer une nouvelle technique à tester.

R: Rédaction de thèse

	Y1				Y2				Y3			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
T1	■											
T2	■											
T3	■											
T4		■										
T5		■										
T6			■									
T7			■									
T8			■									
T9			■									
T10						■						
R									■			

Compétences requises :

- Diplôme d'Ingénieur ou Master universitaire avec une orientation en Génie Electrique et informatique
- Expérience avec le contrôle de machines électriques
- Intérêt et expérience en tests expérimentaux sur des machines électriques
- Qualités de communication et de rédaction en anglais
- Motivation et dynamisme pour travailler dans un environnement de recherche
- Ouverture d'esprit
- Capacité à travailler dans un environnement multiculturel et international

Merci d'adresser CV et lettre de motivation en format PDF ainsi que des contacts auprès desquels nous pourrions prendre des références (vous pouvez aussi joindre des lettres de recommandation) par mail (en précisant en objet : votre nom + GBM_PhD_2020) au contact suivant :

jobs@fr.mercedes-benz.com

Références bibliographiques:

- [1] Induction Motor Diagnosis in Variable Speed Drives, PhD Thesis, Andrea Stefani, University of Bologna, 2010
- [2] Signal Injection as a Fault Detection Technique, Jordi Cusidó, Luis Romeral, Juan Antonio Ortega, Antoni Garcia and Jordi Riba, Sensors 2011
- [3] Diagnosis of Rotor Faults in Closed-Loop Induction Motor Drives, S. M. A. Cruz and A. J. M. Cardoso, Conference Record of the 2006 IEEE Industry Applications Conference Forty-First IAS Annual Meeting
- [4] A Condition Monitoring Approach for PMSM Drives based on the INFORM Method, J. Arellano-Padilla, M. Sumner, C. Gerada, Department of Electrical and Electronic Engineering University of Nottingham; Nottingham, UK, C Gerada - IET Electric Power Applications, 2016 – IET
- [5] Analysis and diagnosis of faults in the PMSM drivetrains for series hybrid electrical vehicles (SHEVs), Seyed Saerid MOOSAVI, PhD thesis, Université de technologie Belfort-Montbéliard, 2013
- [6] M. Kanemaru, T. Ohkubo, S. Sano, A. Satake and S. Terashimara, "Investigating Current and Radial Shaft Displacement of Induction Motor Driven by Pulse-Width Modulation Inverter for Bearing Fault Detection," 2019 IEEE 12th International Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives (SDEMPED), Toulouse, France, 2019, pp. 377-383, doi: 10.1109/DEMPED.2019.8864901.
- [7] S. Zhang et al., "Model-Based Analysis and Quantification of Bearing Faults in Induction Machines," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 56, no. 3, pp. 2158-2170, May-June 2020, doi: 10.1109/TIA.2020.2979383.
- [8] J. Im, J. Park and J. Hur, "Bearing Fault Detection Using Low-Frequency Total Components in phase current," 2019 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Baltimore, MD, USA, 2019, pp. 3884-3888, doi: 10.1109/ECCE.2019.8913288.