

Offre de stage Master 2

Diagnostic et pronostic des machines électriques par des méthodes d'apprentissage automatique appliquées aux courants électriques

Période du stage : 6 mois, démarrage en février - mars 2024

Organisme d'accueil : Laboratoire LABISEN, ISEN Ouest, Campus de Nantes / IREENA - UR 4642, Nantes Université.

Description du sujet de stage

Contexte et enjeux

La sûreté de fonctionnement pour les entraînements électriques prend toute son importance si on considère qu'ils sont largement utilisés dans les applications industrielles dans des contextes de plus en plus contraignants. La défaillance de ce genre de système coûte souvent très chère, qu'il s'agisse des dégâts causés sur l'installation elle-même, ou du manque à gagner en terme d'exploitation. L'objectif est de mettre au point une stratégie de sûreté de fonctionnement pour les machines électriques et les autres composants d'une ligne de production dans une usine. Cette stratégie permettra de prédire ou de détecter des défaillances, avant qu'elles n'engendrent des conséquences graves pour une installation. Ce qui aura comme avantage :

- Augmentation de la sécurité, fiabilité et de la disponibilité.
- Réduction des coûts de maintenance et d'exploitation.

Le diagnostic et le pronostic des défauts dans les systèmes électromécaniques revêtent une importance capitale pour améliorer la fiabilité et la disponibilité des machines électriques tournantes dans l'industrie, tout en réduisant les coûts d'exploitation et de maintenance. Les technologies existantes pour la surveillance de l'état des machines électriques comprennent la surveillance des vibrations, la surveillance du couple, la surveillance de la température et la surveillance de l'huile/des débris. Ces technologies nécessitent la mise en place de capteurs supplémentaires et des dispositifs d'acquisition de données spécifiques. Ainsi, l'utilisation du courant électrique qui est déjà mesuré à des fins de contrôle/commande ou de protection présente un intérêt indéniable pour la mise en œuvre d'une stratégie de sûreté de fonctionnement.

Objectifs du stage

Ce stage propose de réaliser l'étude des méthodes d'apprentissage automatique pour la détection et de diagnostic des défauts des entraînement électriques, plus particulièrement de la machine asynchrone, par analyse du courant électrique. Il s'agira de conduire des études expérimentales sur un banc d'essai afin de réaliser une base de données. Cette base de données servira comme base d'entraînement pour les outils du Machine Learning qui seront étudiés et implantés afin de mettre en relief l'existence d'une défaillance mécanique ou électrique et ensuite prédire la durée de vie résiduelle de l'entraînement électrique.

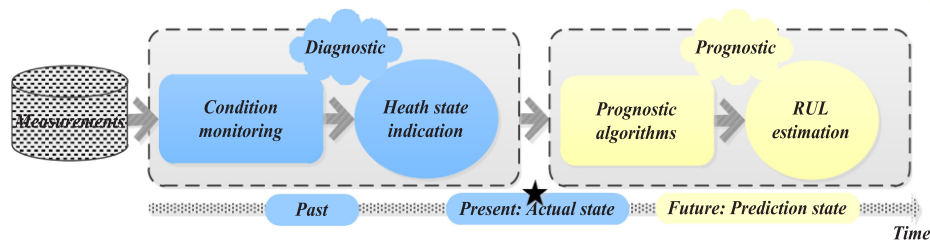


Figure 1 : Du diagnostic vers le pronostic des systèmes électriques.

Le stage sera composé des phases de travail suivantes :

- Etude bibliographique sur la maintenance prédictive et les méthodes de Machine Learning pour le diagnostic et la prédiction de la durée de vie résiduelle des machines électriques ;
- Proposition d'un protocole de mesure puis d'une campagne de mesures pour l'élaboration d'une base de données exploitable par des techniques de diagnostic sans utilisation de modèle physique ;
- Elaboration des plateformes de démonstration des technologies développées sur les approches d'apprentissage automatique par analyse des grandeurs électriques ;
- Validation des méthodes proposées hors ligne et en temps réel à travers une implantation sur une carte DSP / FPGA ;
- Rédaction du mémoire et soutenance.

Mots-clés : Industrie 4.0, maintenance prédictive, diagnostic, pronostic, Python, traitement de signal, intelligence artificielle, machine asynchrone.

Candidat(e) recherché(e)

- Formation : Bac+5 en Génie électrique, mathématiques appliquées, intelligence artificielle, informatique (Master, Ingénieur) ;
- Autonomie, rigueur, capacité à communiquer et restituer des résultats (oral et écrit), appétence pour la recherche scientifique et l'expérimental ;
- Connaissances souhaitées dans le domaine de la maintenance prédictive, de l'intelligence artificielle embarquée et de la mise en œuvre de prototype expérimental ;
- Logiciels/programmation : Matlab ou Python (autonomie en programmation requise) ;
- Anglais courant (lu, écrit).

Informations pratiques

Lieu de déroulement du stage : Laboratoire LABISEN, ISEN Ouest, Campus de Nantes, 33 QUATER Av. du Champ de Manœuvre, 44470 Carquefou, France.

Encadrement : Elhoussin ELBOUCHIKHI (Enseignant chercheur HDR, LABISEN), Mohamed MACHMOUM (Professeur, IREENA).

Financement : Cluster FAISTOS, rémunération du stage au taux en vigueur.

Processus de candidature/contacts : candidature à envoyer avec CV et lettre de motivation avant le 15/01/2024, à l'adresse suivante : elhousin.elbouchikhi@isen-ouest.yncrea.fr

Références

- [1] **E. Elbouchikhi**, et al. "Generalized likelihood ratio test-based approach for stator-fault detection in a PWM inverter-fed induction motor drive." *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 66, no. 8, pp. 6343-6353, August 2019.
- [2] Y. Trachi, **E. Elbouchikhi**, V. Choqueuse, and M. E. H. Benbouzid, "Induction machines fault detection based on subspace spectral estimation," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 63, no. 9, September 2016.
- [3] **E. Elbouchikhi**, V. Choqueuse, and M.E.H. Benbouzid, "Induction Machine Bearing Faults Detection based on a Multi-Dimensional MUSIC Algorithm and a Maximum Likelihood Estimation," *ISA Transactions*, Volume: 36, pp. 413-424 July 2016.
- [4] Y. Trachi, **E. Elbouchikhi**, V. Choqueuse, and M. E. H. Benbouzid, "A Novel Induction Machine Fault Detector Based on Hypothesis Testing," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 53, no. 3 pp. 3039 - 3048, May-June 2017.
- [5] L. Zhuo, A. Houari, **M. Machmoum**, M.F. Benkhoris, T. Tang, "Real-time singularity-based fault diagnosis method for 5-phase PMSG based tidal current applications", *ISA Transactions*, 2023.
- [6] L. Zhuo, A. Houari, **M. Machmoum**, M.F. Benkhoris, T. Tang, "An Active FTC Strategy Using Generalized Proportional Integral Observers Applied to Five-Phase PMSG based Tidal Current Energy Conversion Systems", *MDPI Energies*, vol 13, no. 24: 6645.

Master 2 internship proposal

Diagnosis and prognosis of electrical machines using machine learning methods applied to stator currents

Period: 6 months, starting in February - March 2024

Laboratory: LABISEN, ISEN Ouest, Nantes Campus / IREENA - UR 4642, University of Nantes.

Internship description

Context and challenges

Reliability for electric drives becomes crucial when considering their widespread use in industrial applications under increasingly demanding conditions. The failure of such systems often incurs significant costs, whether in terms of damage to the installation itself or the loss of revenue in terms of operations. The goal is to develop a reliability strategy for electric machines and other components in a production line within a factory. This strategy will enable the prediction or detection of failures before they lead to serious consequences for an installation. This will have the following advantages:

- Increased safety, reliability, and availability.
- Reduction of maintenance and operating costs.

The diagnosis and prognosis of faults in electromechanical systems are of paramount importance for enhancing the reliability and availability of rotating electrical machines in the industry, while simultaneously reducing operating and maintenance costs. Existing technologies for condition monitoring of electrical machines include vibration monitoring, torque monitoring, temperature monitoring, and oil/debris analysis. These technologies require the installation of additional sensors and specific data acquisition devices. Therefore, the use of electrical currents, which is already measured for control and protection purposes, holds undeniable interest for the implementation of electrical machines reliability strategy.

Objectives

The aim of this internship is to investigate machine-learning methods for faults detection and diagnosis in electrical drives, and more specifically in induction motors, by analyzing the electrical currents. The aim is to carry out experimental study on a test bench to create a database. This database will serve as a training data for the Machine Learning tools that will be studied and implemented to highlight the existence of a mechanical or electrical faults and then predict the remaining useful lifetime of the electrical drive.

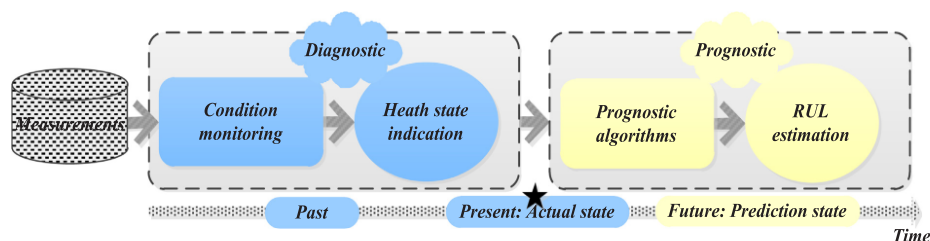


Figure 1: Towards prognosis of electrical machines.

The internship scheduling will be organized as follows:

- Literature review on predictive maintenance and Machine Learning methods for diagnosis and residual useful life estimation of electrical machines;
- Proposal of an experimental protocol, followed by a measurement campaign to create a database that can be used for diagnosis implementation without physical models;
- Development of platforms for demonstrating the technologies developed for machine learning approaches based on the analysis of electrical currents;
- Offline and real-time validation of the proposed methods through implementation on a DSP / FPGA boards;
- Thesis writing and defence.

Keywords: Industry 4.0, predictive maintenance, diagnosis, prognosis, Python, signal processing, artificial intelligence, induction machine.

Background required

- Master in electrical engineering, industrial engineering, applied mathematics or artificial intelligence;
- Autonomous, rigorous, ability to communicate and present results, interest in research field;
- Knowledge in the fields of predictive maintenance, embedded artificial intelligence, and experimental investigations;
- Software/programming: Matlab or Python ;
- English (spoken, written).

Practical information

Internship location: LABISEN Laboratory, ISEN Ouest, Nantes Campus, 33 QUATER Av. du Champ de Manœuvre, 44470 Carquefou, France.

Supervisors: Elhoussin ELBOUCHIKHI (Associate Professor HDR, LABISEN), Mohamed MACHMOUM (Full Professor, IREENA).

Funding: FAISTOS Cluster, remuneration of the intern at the prevailing rate.

Application process and contacts: application to be sent with CV and cover letter before January 15, 2024 to: elhoussin.elbouchikhi@isen-ouest.yncrea.fr

Bibliography

- [1] E. Elbouchikhi, et al. "Generalized likelihood ratio test-based approach for stator-fault detection in a PWM inverter-fed induction motor drive." *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 66, no. 8, pp. 6343-6353, August 2019.
- [2] Y. Trachi, E. Elbouchikhi, V. Choqueuse, and M. E. H. Benbouzid, "Induction machines fault detection based on subspace spectral estimation," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 63, no. 9, September 2016.
- [3] E. Elbouchikhi, V. Choqueuse, and M.E.H. Benbouzid, "Induction Machine Bearing Faults Detection based on a Multi-Dimensional MUSIC Algorithm and a Maximum Likelihood Estimation," *ISA Transactions*, Volume: 36, pp. 413-424 July 2016.
- [4] Y. Trachi, E. Elbouchikhi, V. Choqueuse, and M. E. H. Benbouzid, "A Novel Induction Machine Fault Detector Based on Hypothesis Testing," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 53, no. 3 pp. 3039 - 3048, May-June 2017.
- [5] L. Zhuo, A. Houari, M. Machmoum, M.F. Benkhoris, T. Tang, "Real-time singularity-based fault diagnosis method for 5-phase PMSG based tidal current applications", *ISA Transactions*, 2023.
- [6] L. Zhuo, A. Houari, M. Machmoum, M.F. Benkhoris, T. Tang, "An Active FTC Strategy Using Generalized Proportional Integral Observers Applied to Five-Phase PMSG based Tidal Current Energy Conversion Systems", *MDPI Energies*, vol 13, no. 24: 6645.