

# SOUTENANCE DE THÈSE

Présentée par

**Imed JLASSI**

Pour obtenir le titre de

**DOCTEUR  
DE L'ÉCOLE NATIONALE D'INGÉNIEURS DE TUNIS**

Spécialité : **Génie Électrique**

## **Étude et Analyse d'un Système Éolien basé sur une Génératrice Synchrone à Aimant Permanent en vue de sa Continuité de Service**

Mardi 15 Mars 2016 à 10H00,

à la salle des conférences de l'ENIT « Mokhtar LAATIRI », devant le jury composé de

Président : M<sup>me</sup> Ilhem SLAMA-BELKHODJA, Professeur E.N.I.T, Tunisie  
Rapporteur : M<sup>me</sup> Maria PIETRZAK-DAVID, Professeur I.N.P.Toulouse, France  
Rapporteur : M. Joseph HAGGEGE, Maître de Conférences E.N.I.T, Tunisie  
Examineur : M. António JOÃO MARQUES CARDOSO, Professeur U.B.I, Portugal  
Directrice de thèse : M<sup>me</sup> Najiba MRABET-BELLAAJ, Professeur I.S.I, Tunisie  
Invité : M. Sejir KHOJET-ELKHIL, Maître Assistant [I.S.E.T.Com](http://www.i-se-t.com), Tunisie

Cette thèse a été effectuée au Laboratoire des Systèmes Électriques de l'ENIT (L.S.E.- LR 11 ES 15) en Tunisie, en collaboration avec CISE-Electromechatronic Systems Research Centre en Portugal.

Pour en savoir plus sur le sujet, je vous propose un résumé :

### **Résumé**

L'évolution des technologies des énergies renouvelables incite à faire plusieurs travaux de recherche et des réflexions sur les liens entre sous-traitance, maintenance, sûreté de fonctionnement et sécurité. C'est dans ce contexte que notre travail se situe. Nous nous sommes focalisés sur la sûreté de fonctionnement en augmentant les niveaux de la fiabilité et la disponibilité des éoliennes modernes à base des machines synchrones à aimants permanents. Afin d'atteindre cet objectif, des nouvelles topologies des convertisseurs de puissance tolérants aux défauts IGBTs et des algorithmes de contrôle tolérants aux défauts capteurs de courant ont été développées et proposées.

Le système éolien est présenté en premier lieu avec les différentes stratégies de contrôle dédiées aux éoliennes. Trois stratégies de commande ont été prises en compte dans ce travail, à savoir le contrôle vectoriel combiné avec la technique d'hystérésis du courant, le contrôle vectoriel combiné avec la technique SVM et le contrôle direct. Pour détecter les défauts, deux nouveaux algorithmes de diagnostic sont développés et proposés. Chaque algorithme permet à la fois de détecter les défauts circuit-ouvert IGBT et les défauts perte de signal des capteurs de courant dans le convertisseur de puissance back-to-back. Concernant les défauts IGBTs, des topologies non redondantes du convertisseur back-to-back à cinq bras avec un bras

partagé sont proposées, afin de maintenir l'éolienne en service, lorsque soit un IGBT dans le convertisseur coté génératrice ou dans le convertisseur coté réseau est en défaut circuit-ouvert. Concernant les défauts capteurs de courant, une technique basée sur la redondance analytique donnée par l'utilisation de trois capteurs de courant est proposée pour assurer la continuité de service de système éolien. Les résultats expérimentaux ont donné de bonnes performances et ont justifié l'adéquation de l'architecture conçue et l'efficacité des algorithmes proposés.

## ENGLISH

---

This thesis was conducted at the Laboratory of ENIT Electrical Systems (LR L.S.E.- 11 ES 15) in Tunisia, in collaboration with CISE-Electromechatronic Systems Research Centre in Portugal.

### **Summary**

The development of renewable energy technologies encourage to more research and reflections on the relationship between outsourcing, maintenance, safety and security operations. It is in this context that our work is. We focused on dependability increase levels of reliability and availability of modern wind turbines based synchronous permanent magnet machines. To achieve this, new topologies of power converters IGBTs tolerant to faults and tolerant control algorithms to the current sensors faults have been developed and proposed.

The wind power system is presented first with deferent control strategies dedicated to wind turbines. Three control strategies have been considered in this work, namely the combined vector control with hysteresis current technique, combined with the SVM vector control technology and direct control. To detect defects, two new diagnostic algorithms are developed and proposed. Each algorithm allows both to detect IGBT open circuit faults and power loss faults of signal sensors in the power converter back-to-back. Concerning IGBTs defects, non-redundant topologies back-to-back converter with a shared five arm sticks are available in order to keep the wind turbine in operation, when either an IGBT in the generator side converter or in the mains side converter is in default open-circuit. Regarding the current sensors defects, a technique based on the analytical data redundancy by using three current sensors is provided to ensure continuity of wind energy system service. The experimental results gave good performance and justified the suitability of the architecture designed and effectiveness of proposed algorithms.