

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
Pr EL BEKKALI Chakib	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, USMBA, Fès	PES	Président
Pr BENABOUD Aziza	Ecole Royale Navale, Casablanca	PES	Rapporteur & Examineur
Pr EL GHZAOUI Mohammed	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, USMBA, Fès	PES	Rapporteur & Examineur
Pr BOUZI Mostafa	Faculté des Sciences et Techniques, Settat	PES	Rapporteur & Examineur
Pr TAOUSSI Mohammed	Ecole Supérieure de Technologie, USMBA, Fès	MCH	Examineur
Pr EL ALAMI Rachid	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, USMBA, Fès	MCH	Examineur
Pr BOSSOUFI Badr	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, USMBA, Fès	PES	Directeur de thèse
Pr LAGRIOUI Ahmed	Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers, Meknès	MCH	Co-Directeur de thèse



Résumé :

Le sujet de cette thèse porte sur le développement de techniques avancées et intelligentes de contrôle pour les éoliennes à vitesse variable basées sur des génératrices asynchrones à double alimentation (DFIG). L'objectif principal est d'optimiser l'efficacité aérodynamique et de maximiser l'extraction de l'énergie électrique en fonction des variations de la vitesse du vent. Les travaux de recherche menés dans cette thèse visent également à améliorer la qualité de l'énergie électrique produite, ainsi qu'à garantir la robustesse et les performances de l'éolienne face aux fluctuations des paramètres du système et aux creux de tension.

Les principales contributions de cette thèse incluent la conception et la mise en œuvre de la technique de contrôle par modulation de largeur d'impulsion à super-torsion directe (DPC-STC-PWM) pour les éoliennes basées sur DFIG, ainsi que le développement d'une méthode de contrôle innovante appelée Contrôle Direct de Puissance Modifié à Super-Torsion (DPC-MSTC). Cette nouvelle méthode de contrôle a été testée à l'aide de simulations Hardware-in-the-Loop (HIL) avec une carte embarquée dSPACE 1104.

Afin d'améliorer davantage les performances de la chaîne de conversion éolienne et de réduire le phénomène de shattering, deux autres techniques basées sur l'intelligence artificielle ont été développées, validées et implémentées sur la carte embarquée. La première stratégie repose sur l'algorithme de super-torsion floue (FSTA), et la deuxième s'appuie sur une combinaison du contrôle par Mode Glissant à Super-Torsion et les réseaux de neurones (NSTSMC).

Les résultats expérimentaux et de simulation ont montré que les techniques proposées surpassent les méthodes de contrôle traditionnelles en termes de réduction des ondulations au niveau des puissances actives et réactives, et de l'erreur en régime permanent (SSE).

Les techniques intelligentes et avancées de contrôle développées dans cette thèse offrent une amélioration significative des performances et de la robustesse des systèmes éoliens basés sur DFIG, avec une réduction notable des fluctuations de puissance et une meilleure qualité du courant injecté dans le réseau avec un taux de distorsion harmonique minimal.

Mots clés : Système éolien, Intelligence artificielle, GADA, MPPT, Contrôle direct de puissance, THD, Réseaux de neurones artificiels, Logique floue, Algorithme de super-torsion, Contrôle par mode glissant, Carte embarquée dSPACE 1104.



Development and Implementation of Advanced Control Techniques for a Doubly-Fed Induction Generator in a Wind Energy System Using Artificial Intelligence and an Embedded System

Abstract:

The subject of this thesis focuses on the development of advanced and intelligent control techniques for variable-speed wind turbines based on doubly-fed induction generators (DFIG). The primary objective is to optimize aerodynamic efficiency and maximize the extraction of electrical energy in response to variations in wind speed. The research conducted in this thesis also aims to enhance the quality of the produced electrical energy and to ensure the robustness and performance of the wind turbine in the face of system parameter fluctuations and voltage dips.

The main contributions of this thesis include the design and implementation of the direct super-twisting pulse-width modulation control technique (DPC-STC-PWM) for DFIG-based wind turbines, as well as the development of an innovative control method called Modified Super-Twisting Direct Power Control (DPC-MSTC). This new control method was tested using Hardware-in-the-Loop (HIL) simulations with a dSPACE 1104 embedded card.

To further enhance the performance of the wind energy conversion chain and mitigate the phenomenon of shattering, two additional techniques based on artificial intelligence were developed, validated, and implemented on the embedded card. The first strategy is based on the fuzzy super-twisting algorithm (FSTA), and the second combines Super-Twisting Sliding Mode Control with neural networks (NSTSMC).

Experimental and simulation results have demonstrated that the proposed techniques outperform traditional control methods in terms of reducing ripples in active and reactive power and steady-state error (SSE).

The intelligent and advanced control techniques developed in this thesis offer a significant improvement in the performance and robustness of DFIG-based wind systems, with a notable reduction in power fluctuations and better quality of the current injected into the grid with minimal harmonic distortion.

Keywords: Wind energy system, Artificial intelligence, DFIG, MPPT, Direct power control, THD, Artificial neural networks, Fuzzy logic, Super-twisting algorithm, Sliding mode control, dSPACE 1104 embedded controller.