

Pôle des Etudes Doctorales
Centre des Etudes Doctorales Sciences et Techniques et Sciences Médicales
Formation Doctorale : Sciences et Techniques de l'Ingénieur
Etablissement : École Nationale des Sciences Appliquées de Tanger

Nom et Prénom : ZERGUIT YOUSSEF

Date de la soutenance : 29/06/2024

Directeur de Thèse : MOSTAFA DERRHI

Discipline : Informatique et Génie Électrique

Spécialité : Systèmes Embarqués, Automatisation et Intelligence Artificielle

Structure de recherche : Laboratoire des Technologies Innovantes (LTI)

Intitulé de la thèse: AI-Enhanced Maintenance, Monitoring, and Control in Three-Phase Systems for Industry 4.0

Résumé

Industrie 4.0 transforme l'industrie en intégrant des technologies avancées comme les systèmes cyber-physiques, l'Internet des Objets (IoT) et l'Intelligence Artificielle (IA). Cette révolution inaugure une nouvelle ère d'automatisation, de connectivité et d'intelligence, améliorant flexibilité, efficacité et personnalisation des opérations industrielles. Les systèmes électriques triphasés, essentiels pour la plupart des installations, jouent un rôle central. Réputés pour leur fiabilité et efficacité, ces systèmes alimentent les machines lourdes et soutiennent les opérations à grande échelle, devenant vitaux avec l'augmentation de l'automatisation et de la durabilité.

Intégrer l'IA dans les systèmes électriques triphasés présente des défis complexes sur les plans technologique, opérationnel et stratégique. Cruciaux pour des opérations industrielles intelligentes, ces systèmes nécessitent des améliorations continues pour optimiser leur fonctionnalité. Cette intégration demande des adaptations technologiques pour gérer de vastes volumes de données et passer de la maintenance traditionnelle à des stratégies pilotées par l'IA. Des systèmes de surveillance en temps réel et de contrôle réactifs sont indispensables pour assurer une synchronisation précise et un équilibre optimal, car de petites divergences de tension ou de fréquence peuvent réduire l'efficacité et endommager les équipements. Il est crucial de réaliser cette intégration sans perturber les opérations existantes, nécessitant des solutions innovantes et adaptables.

Cette thèse présente une architecture intégrant l'Intelligence Artificielle (IA) et l'Internet Industriel des Objets (IIoT) dans les systèmes électriques triphasés, essentiels pour les opérations industrielles modernes. Le système comprend des Unités de Contrôle et de Surveillance de l'Énergie (PMCU), une Unité de Contrôle Principale (MCU) et une Unité Principale de Surveillance de l'Énergie (MPMU). Chacune de ces unités améliore la fonctionnalité et la réactivité du système global. Grâce à des technologies avancées de surveillance et de contrôle, cette architecture permet des capacités d'analyse et de prise de décision en temps réel, indispensables pour des environnements opérationnels dynamiques.

Les contributions majeures de ce système incluent l'implémentation de modèles de machine learning (ML) et deep learning (DL) pour améliorer la détection des défauts. Ces modèles analysent des flux de données complexes et identifient les défauts potentiels avec précision et rapidité. Validés contre divers ensembles de données, ils sont robustes et détectent des anomalies subtiles, renforçant ainsi les capacités diagnostiques du système. En outre, des méthodologies pilotées par l'IA optimisent l'équilibrage des charges et la correction des défauts en utilisant des données en temps réel pour gérer dynamiquement les charges et redistribuer la puissance, assurant la stabilité et l'efficacité du système. Des algorithmes de contrôle adaptatifs permettent un ajustement continu des paramètres, minimisant le gaspillage d'énergie et optimisant la performance opérationnelle. Testé par des simulations et des applications réelles, ce système de gestion de charge dynamique a démontré des améliorations significatives en termes d'efficacité énergétique et de fiabilité. Enfin, l'IA ajuste dynamiquement l'angle de phase pour un transfert de puissance efficace et minimise les perturbations. Les algorithmes ajustent les angles de phase en temps réel selon les conditions de charge, permettant au système de répondre efficacement aux changements de demande et de stress opérationnel, garantissant une performance optimale.

Mots clés : Industrie 4.0, Systèmes électriques triphasés, Intelligence artificielle, Fabrication intelligente, Maintenance prédictive, Systèmes cyber-physiques, Internet des objets (IoT), Efficacité opérationnelle, Surveillance et contrôle avancés, Intégration des systèmes, Analyse des données, Détection des défauts, Gestion dynamique de la charge, Automatisation industrielle, Pratiques industrielles durables.