

THÈSE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITÉ et UNIVERSITÉ LIBANAISE

ÉCOLE DOCTORALE N° 641
*Mathématiques et Sciences et Technologies
de l'Information et de la Communication*
Spécialité : *Génie Électrique*

Par

« **Sarah KASSIR** »

**An Integrated Smart Energy Management and Model-Free Control
Approach for Islanded Residential Microgrids.**

Thèse présentée et soutenue à St Nazaire, le 25 Septembre 2023

Unité de recherche : Institut de Recherche en Énergie Électrique de Nantes Atlantiques (UR 4642)

Rapporteurs avant soutenance :

Farid MEIBODY TABAR, Professeur des Universités, Lemta, Université Lorraine
Abdelhamid RABHI, Professeur des Universités, MIS, Université de Picardie Jules Verne

Composition du Jury :

Présidente :

Examinateurs : Amrane OUKAOUR, MCF HDR, GREYC, Université de Caen Normandie

Corinne ALONSO, Professeur des Universités, LAAS, Université Paul Sabatier

Dir. de thèse : Mohamed MACHMOUM, Professeur des Universités, IREENA, Nantes Université

Co-dir. de thèse : Clovis FRANCIS, Professeur des Universités, CRSI, Université Libanaise

Co-enc. de thèse : DOUMIATI Moustapha, Enseignant-Chercheur, IREENA, ESEO (École Supérieure d'Électronique de l'Ouest)

Co-enc. de thèse : ELRAFEI Maher, MCF, CRSI, Université Libanaise

Titre : Une Approche Intégrée De Gestion Intelligente De L'énergie Et De Contrôle Sans Modèle Pour Les Micro-Réseaux Résidentiels Isolés.

Mot clés : Micro-réseau, Stockage d'énergie, pile à combustible, Gestion optimisée de l'énergie, Consommation d'hydrogène, vieillissement des batteries, contrôleur en mode glissant Super-Twisting.

Résumé : La crise environnementale pousse à l'intégration des énergies renouvelables dans les micro-réseaux pour les zones rurales et urbaines. Cependant, l'adoption des micro-réseaux rencontre des défis de stabilité et de gestion de l'énergie nécessitant des contrôles résilients. Cette thèse propose une structure de contrôle hiérarchique pour un micro-réseau autonome résidentiel, combinant énergie solaire, pile à combustible et stockage hybride (Battery et supercondensateur). La technique de contrôle utilisée est le contrôle en mode glissant super twisting sans modèle avec anti-dépassement pour la saturation. La structure

de contrôle vise à assurer un micro-réseau stable et résilient avec une stabilité souhaitée de la tension du bus continu, validée par des tests de simulation et des expériences en boucle fermée. De plus, la thèse propose une nouvelle stratégie de gestion optimisée de l'énergie (EMS) axée sur le partage de puissance et la régulation de l'état de charge de la batterie, en tenant compte de la balance entre l'utilisation de la batterie et les coûts de consommation d'hydrogène. Les tests de simulation confirment la réussite des objectifs prévus par l'EMS.

Title: An Integrated Smart Energy Management and Model-Free Control Approach for Islanded Residential Microgrids.

Keywords: Microgrid, Energy Storage, Fuel Cell, Optimized Energy Management, Hydrogen Consumption, Battery aging, Super-Twisting Sliding Mode Control.

Abstract: The environmental crisis drives the integration of renewable energy sources into grids, leading to the emergence of microgrids for power supply in rural and urban areas. However, microgrid adoption faces stability and energy management challenges that require resilient control structures and intelligent mechanisms. This thesis proposes a hierarchical control structure for a standalone residential microgrid system, combining solar, fuel cell, and hybrid energy storage (battery and supercapacitor). The control technique employed is model-free super twisting sliding

mode control with anti-windup for saturation. The control structure aims to ensure a stable and resilient microgrid with desired DC bus voltage stability, validated through simulation tests and hardware-in-the-loop experiments. Additionally, the thesis proposes a novel optimized energy management strategy (EMS) focusing on power sharing and battery state of charge regulation, considering the trade-off between battery usage and hydrogen consumption costs. Simulation tests confirm the successful achievement of the intended goals by the EMS.