

Titre : Stratégies de commande non linéaire pour les éoliennes flottantes en mer dans des conditions de fonctionnement variables

Mots clés : Éolienne flottante en mer ; commande par modes glissants adaptative ; MPPT ; génératrice synchrone à aimants permanents (PMSG) ; réseau de neurones ; OpenFAST ; commande unifiée.

Résumé : Cette thèse porte sur la commande des éoliennes flottantes en mer (FOWT) à travers des stratégies de commande robustes, validées à la fois par des simulations à haute-fidélité et par des essais expérimentaux.

Dans un premier temps, un modèle orienté commande est développé, conservant les couplages essentiels entre le rotor et la plateforme pour les Régions 2 et 3, permettant ainsi une formulation claire des problèmes de suivi du point de puissance maximale (MPPT) et de régulation de la puissance nominale.

Ensuite, des contrôleurs adaptatifs par modes glissants ont été proposés pour les Régions 2 et 3, avec une connaissance très réduite du modèle et une prise en compte du mouvement de la plateforme.

La partie électrique a été modélisée à l'aide d'une génératrice synchrone à aimants permanents (PMSG), et, dans le cas de la Région 2, un réseau de neurones est introduit afin de compenser les incertitudes tout en maintenant des performances robustes.

Par la suite, pour les Régions 2 et 3, une campagne expérimentale type SIL, réalisée sur une plateforme semi-submersible en bassin à houle, valide l'approche proposée.

Enfin, une commande unifiée et sans commutation lors du passage entre les Régions 2 et 3 est proposée, via une allocation de commande dépendante du vent, éliminant les transitions de la Région 2.5 et assurant un fonctionnement continu sur l'ensemble de la plage de fonctionnement.

De manière générale, cette thèse propose une approche de contrôle à faible effort de réglage, et a exploré des solutions robustes de contrôle spécifiques à chaque région pour aller vers une solution unique pour les 2 régions, validée par des simulations et des essais expérimentaux. Afin de démontrer l'efficacité des approches proposées, celles-ci ont été comparées à des contrôleurs de référence, notamment le contrôleur ROSCO développé par le NREL.

Title : Nonlinear Control Strategies for Floating Offshore Wind Turbines under Variable Operating Conditions

Keywords : Floating offshore wind turbine; adaptive sliding mode control; MPPT; PMSG; neural network; OpenFAST; unified controller.

Abstract : This thesis focuses on the control of floating offshore wind turbines (FOWTs) through robust control strategies, validated by both high-fidelity simulations and experimental tests.

First, a control-oriented model is developed, retaining the essential couplings between the rotor and the platform for Regions 2 and 3, thus enabling a clear formulation of the maximum power point tracking (MPPT) and nominal power regulation problems.

Next, adaptive sliding mode controllers were proposed for Regions 2 and 3, with very limited knowledge of the model and taking into account the movement of the platform.

The electrical part was modelled using a permanent magnet synchronous generator (PMSG), and, in the case of Region 2, neural networks are introduced to compensate for uncertainties while maintaining robust performance..

Subsequently, for Regions 2 and 3, an experimental SIL-type campaign, carried out on a semi-submersible platform in a wave basin, validated the proposed approach.

Finally, a unified control system with no switching between Regions 2 and 3 was proposed, using wind-dependent control allocation and eliminating transitions in Region 2.5 while ensuring continuous operation across the entire operating range.

In general, this thesis proposes a control approach with low tuning efforts and explores robust control solutions specific to each region in order to arrive at a single solution for both regions, validated by simulations and experimental tests. In order to demonstrate the effectiveness of the proposed approaches, these latter were compared to reference controllers, in particular the ROSCO controller developed by NREL.