

**Titre :** Commande de l'électronique de puissance des futurs smart grids pour les services système

**Mots clés :** MIMO, commande optimale, VSC, CCHT, PMSG, STATCOM, services système

**Résumé :** Afin de fournir des services système et de gérer les interactions entre convertisseurs, cette thèse a proposé une technique de commande coordonnée pour les systèmes de convertisseurs de puissance connectés au réseau, avec des implémentations centralisées et décentralisées. Les nouvelles structures de commande proposées sont divisées en différents niveaux de commande/boucles en fonction de la dynamique naturelle du système : la boucle très rapide est utilisée pour fournir des services locaux (puissance active/reactive, tension CC, et inertie du réseau / RoCoF support), la boucle rapide est pour MPPT, la réponse en fréquence et les services de tension CA, et la boucle lente est constituée par sert les commandes secondaires de la fréquence et de la tension. À cet égard, ce contrôle est une alternative à la commande vectorielle classique. De plus, des techniques de commande avancées comme H2/H-infini, des approches floues non linéaires et des techniques d'IMT, sont utilisées

pour obtenir des performances optimales tout en maintenant une marge de stabilité (p. ex., FRT et CCT). Trois applications ont été traitées : commande décentralisée VSC-CCHT (non linéaire), commande décentralisé/centralisé du système éolien PMSG (non linéaire) raccordé au réseau et commande en tension (STATCOM) d'un convertisseur connecté au réseau. La mise en œuvre décentralisée renforce la résilience lors de la commande de plusieurs générateurs d'énergie renouvelable, comme dans le concept de centrale électrique virtuelle dynamique développé dans le projet H2020 RIA POSYTYF. Les résultats ont démontré que les structures de commande proposées sont plus performantes que la commande vectorielle classique en termes de stabilité et de performance. Cette thèse présente également une méthode de conception de système de commande conviviale sur la base des approches présentées, qui peut ensuite être appliquée aux applications au niveau industriel.

**Title :** Control of power electronics of future smart grids for ancillary services

**Keywords :** MIMO, Optimal control, VSC, HVDC, PMSG, STATCOM, ancillary services

**Abstract :** In order to provide ancillary services and handling coupling between converters, this thesis proposed a coordinated control technique for power converter systems connected to the grid, with both centralised and decentralised implementations. The new proposed control structures are divided into different control levels/loops based on the system's natural dynamics: the very fast loop is used to provide local services (active/reactive power, DC voltage, and grid inertia/ RoCoF support), the fast loop is for MPPT, frequency response, and AC voltage services, and the slow loop is for secondary frequency and voltage control. In this regard, such control is an alternative to traditional vector control. Furthermore, advanced control techniques including MIMO state-space, resilient and optimal H2/H-infinity control, nonlinear fuzzy approaches, and LMI

techniques are used to obtain optimal performance while maintaining a stability margin (e.g., FRT and CCT). There are 3 applications: VSC-HVDC (nonlinear) decentralised control, grid-connected wind system PMSG (nonlinear) decentralized/centralized control, and a grid-connected STATCOM LMI-based pole-placement control. Decentralized implementation enhances resilience when controlling several renewable generators, such as in the Dynamic Virtual Power Plant concept developed in the H2020 RIA POSYTYF project. The results demonstrated that the proposed control structures outperform classical vector control in terms of stability and performance. This thesis also presents an engineering-friendly control system design method based on the presented approaches, which can then be applied to industrial-level applications