

Titre : Oscillations de puissance dans les systèmes électriques à forte proportion de sources d'énergie renouvelables

Mots clés : Benchmark Conceptuel, Modèle d'Ordre Réduit, Machines Synchrones, Ressources Basées sur des Onduleurs, Interactions Dynamiques, Modes de Couplage Electriques.

Résumé : Avec l'augmentation significative des ressources basées sur les onduleurs (IBRs), une attention particulière doit être accordée aux interactions entre ces sources et les machines synchrones (SMs) au sein des systèmes électriques.

Cette thèse propose une méthodologie compréhensible pour étudier les interactions dynamiques dans les systèmes électriques, en introduisant une technique de réduction de modèle pour les systèmes simples et complexes. En utilisant une structure de référence avec deux sources et un modèle de réseau dynamique équivalent, ce modèle réduit permet des études préliminaires des oscillations et de la dynamique du système.

De plus, la thèse présente une méthodologie d'analyse des oscillations du système électrique

à l'aide d'outils d'analyse modale. Cette approche permet des études détaillées et une analyse de sensibilité des modes d'oscillation, en se concentrant sur les oscillations impliquant les SM et les IBR. Elle étudie en particulier les modes de couplage électrique, en classant leurs tendances comme structurelles et non structurelles.

Enfin, la méthodologie de réduction de modèle est mise en oeuvre pour réduire un système électrique insulaire français puis un système IEEE 39-bus modifié à la structure de référence. L'analyse est réalisée avec des convertisseurs en modes grid-following et grid-forming, en tenant compte des retards de communication. L'efficacité de boucles de stabilités POD et PSS est évaluée, suivie d'une analyse comparative des deux systèmes étudiés.

Title: Power oscillations in electrical systems with a high proportion of renewable energy sources

Keywords: Conceptual Benchmark, Reduced-Order Model, Synchronous Machines, Inverter-based Resources, Dynamic Interactions, Electrical Coupling Modes.

Abstract: With the significant increase of inverter-based resources (IBRs), careful attention must be given to the interactions between these sources and synchronous machines (SMs) within power systems.

This thesis proposes a comprehensive methodology for studying dynamic interactions in power systems, introducing a model reduction technique for simple and complex systems. Using a benchmark structure with two sources and an equivalent dynamic grid model, this reduced model enables initial assessments of system oscillations and dynamics.

Moreover, the thesis presents a methodology for analyzing power system oscillations using modal analysis tools. This approach enables detailed

investigations and sensitivity analyses of modes of oscillation, focusing on oscillations involving SMs and IBRs. It specially studies electrical coupling modes, classifying their tendencies as structural and non-structural.

Finally, the model reduction methodology is implemented to reduce a French island power system and a modified IEEE 39-bus system to the benchmark structure. Modal analysis is performed with inverters operating in both grid-following and grid-forming modes. Communication delays are also considered. The effectiveness of a power oscillation damping (POD) controller and a power system stabilizer (PSS) is evaluated, followed by a comparative analysis between the two studied systems.