

**Travail de fin d'études et stage[BR]- Travail de fin d'études : Digital twin-based
AC microgrid: components modeling and simulation applied to MiRIS[BR]-
Stage d'insertion professionnelle : John Cockerill Renewable S.A**

Auteur : Rakotozanaka, Anselme

Promoteur(s) : Cornélusse, Bertrand

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil électromécanicien, à finalité spécialisée en énergétique

Année académique : 2022-2023

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/17797>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Digital twin-based AC microgrid: components modeling and simulation applied to MiRIS

ANSELME RAKOTOZANAKA

Graduation Studies conducted for obtaining the Master's degree in Electromechanical
Engineering

Academic supervisor:
BERTRAND CORNÉLUSSE

Industrial supervisor:
PETR SIMIK, JEAN-PHILIPPE MARISSIAUX

Academic year 2022-2023

Renewable energy represents a crucial step towards building a sustainable and resilient future for both current and future generations. However, integrating renewable energy into traditional power grids presents challenges due to its intermittent nature and the need for grid adaptation. Microgrids offer a solution by providing localized and decentralized energy systems that effectively manage fluctuations in renewable energy generation.

The core purpose of this thesis is to develop a virtual microgrid that is applied to the MiRIS microgrid at *John Cockerill Energy's* Seraing site. The virtual model is built using **Typhoon Hil Control Center** software, utilizing a virtual Hil device. A bottom-up approach is adopted to model the different components of the microgrid including the Battery Energy Storage System, Photovoltaic installation, Diesel generator, Transformer, and Loads. By accurately replicating the physical microgrid's behavior, this digital twin allows for detailed comparative studies, performance evaluation, and exploration of operational strategies. The main emphasis lies on the microgrid's components and their internal control, therefore, microgrid controller and higher levels of control are beyond the scope of this analysis.

The thesis is structured into four parts. The first part explores the fundamental operating principles of microgrids, emphasizing the importance of adopting a virtual model approach for modeling. The second part conducts a state-of-the-art analysis of the various microgrid components. The third part is dedicated to building the different components of the microgrid and evaluating their fidelity with the real physical devices at MiRIS. For instance, the power produced by the modeled PV installation is compared with the real PV operation under given meteorological conditions. The last chapter presents the microgrid model composed of the previously built assets and showcases the stability of the models, as well as their ability to operate under different scenarios such as start-stop of each asset, on-grid/off-grid switching, and off-grid operation with non-linear loads. Finally, a comprehensive conclusion is drawn, incorporating various perspectives for future work.

Micro-réseau à courant alternatif basé sur un jumeau numérique : modélisation et simulation des composants appliquées à MiRIS

ANSELME RAKOTOZANAKA

Travail de fin d'études réalisé en vue de l'obtention du grade de master "Ingénieur Civil en
Electromécanique"

Promoteur:

BERTRAND CORNÉLUSSE

Superviseur industriel:

PETR SIMIK, JEAN-PHILIPPE MARISSIAUX

Année académique 2022-2023

L'énergie renouvelable représente une étape cruciale vers la construction d'un avenir durable et résilient pour les générations actuelles et futures. Cependant, l'intégration de l'énergie renouvelable dans les réseaux électriques traditionnels présente un défi majeur d'ingénierie en raison de sa nature intermittente et de la nécessité d'une toute nouvelle stratégie de distribution d'énergie. Les micro-réseaux offrent une solution en fournissant des systèmes d'énergie localisés et décentralisés qui gèrent efficacement les fluctuations de la production d'énergie renouvelable.

Ce mémoire de fin d'études vise à élaborer un jumeau virtuel d'un micro-réseau appliqué à MiRIS sur le site de *John Cockerill Energy* à Seraing. Le modèle est construit à l'aide du logiciel *Typhoon Hil Control Center*, en utilisant un dispositif Hil virtuel. Une approche ascendante est adoptée pour modéliser les différents composants du micro-réseau, y compris le système de stockage d'énergie par batterie, l'installation photovoltaïque, le générateur diesel, le transformateur et les charges. En reproduisant fidèlement le comportement du micro-réseau réel, ce jumeau numérique permet de réaliser des études comparatives détaillées, d'évaluer les performances et d'explorer les stratégies opérationnelles. L'accent étant mis sur les composants du micro-réseau et leur contrôle interne, par conséquent, le contrôleur du micro-réseau ainsi que les niveaux de contrôle supérieurs dépassent la portée de cette analyse.

Le mémoire est structuré en quatre parties. La première partie explore les principes fondamentaux de fonctionnement des micro-réseaux, en mettant l'accent sur l'importance d'adopter d'une approche de jumeau virtuel pour la modélisation. La deuxième partie réalise une analyse de l'état de l'art des différents composants qui constituent un micro-réseau. La troisième partie est consacrée à la modélisation des différents composants suivie par l'évaluation de leur fidélité avec les dispositifs physiques réels de MiRIS. Par exemple, la puissance produite par les installations PV modélisées est comparée à celle des dispositifs PV réels sur site pour les mêmes conditions météorologiques données. Le dernier chapitre présente le modèle du micro-réseau formé par les composants précédemment élaborés et analyse la stabilité des modèles, de même que leur capacité à fonctionner dans différents scénarios tels que le démarrage/arrêt de chaque composant, le passage du micro-réseau en mode îloté ainsi que le fonctionnement hors réseau avec des charges non linéaires. Enfin, une conclusion générale est présentée, accompagnée des perspectives pour l'avenir.