

3.2. STORMS_

Titre du projet : Power Storage for Microgrid Stabilization (StorMS)

Porteur du projet : Mourad AIT-AHMED

Etablissement : Université de Nantes

Laboratoire : Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes Atlantique (IREENA, EA 4642)

Eventuellement, laboratoire associé : Center for Research on Microgrids (CROM) – Université d'Aalborg, Denmark

Laboratoire et établissement d'origine du candidat :

En collaboration avec : Microgrid Research Laboratory, Aalborg University, Denmark, Laboratory of Electrical Systems and Industries (LSEI), University of Sciences and Technology of Algiers (USTHB), Algeria.

Nom du postdoctorant : Abdelhakim Saim

Partenaires : Azeddine Houari (IREENA), Mohamed Machmoum (IREENA), Josep. M. Guerrero (CROM)

Mots clés : Micro-réseau, Génération Distribuée, Systèmes de Stockage d'Energie, Stabilité, Qualité de l'Energie

Verrous scientifiques ou technologiques :

Les travaux menés portent essentiellement sur l'étude de l'apport que peuvent avoir les systèmes de génération distribuée à forte intégration de systèmes de stockage et de sources d'énergie renouvelables dans l'amélioration de la qualité de l'énergie et la stabilité des micro-réseaux.

Dans ce contexte, les développements réalisés ont concerné :

- L'amélioration de la commande des systèmes de génération distribuée en termes de robustesse et de rejet de perturbations en présence de charges non-linéaires et déséquilibrées via le développement de commandes hybrides basées sur des algorithmes d'optimisation méta-heuristiques [ACL 1].
- La caractérisation des différentes sources d'instabilité dans les micro-réseaux et le développement de solutions stabilisatrices actives basées essentiellement sur la reconstruction et la compensation des perturbations via la modification de la commande des systèmes de génération distribuées [ACL 2]-[ACTN 1].
- Le développement de lois de commande avancées pour le rétablissement des niveaux de tension et de fréquence dans un micro-réseau à forte intégration de sources d'énergie renouvelables et systèmes de stockage.

Etat : 02/01/2020 au 31/12/2020.

Impact de la collaboration internationale :

3.2.1. Résumé du projet :

Les défis liés à la transition énergétique font de l'émergence de micro-réseaux la principale solution pour répondre aux nombreuses exigences environnementales, techno-économiques et de sécurité énergétique. Ces concepts encouragent la production décentralisée d'électricité ainsi que l'utilisation de technologies énergétiques à faibles émissions. Les micro-réseaux favorisent l'intégration des sources d'énergie renouvelables ainsi que les systèmes de stockage d'énergie. Cependant, les micro-réseaux restent sujets à de nombreuses préoccupations, essentiellement en mode isolé, où des problèmes de qualité de l'énergie et de stabilité peuvent apparaître. Ces problèmes se manifestent par une augmentation des variations de tension et de fréquence et sont essentiellement causés par les phénomènes de résonance, les perturbations dues principalement aux charges non-linéaires et l'intermittence des sources d'énergie renouvelables. Dans ce contexte, l'utilisation de système de stockage d'énergie constitue une solution attrayante pour fournir aux micro-réseaux des services systèmes destinés à améliorer la qualité de l'onde, assurer la stabilité du micro-réseau et à compenser les variations de tension et de fréquence. À ce niveau, ce projet vise à développer des méthodologies innovantes de contrôle et de gestion de l'énergie afin

STORMS, Power Storage for Microgrid Stabilization

d'optimiser les performances des systèmes et de garantir la qualité et la stabilité de l'alimentation en énergie dans les micro-réseaux.

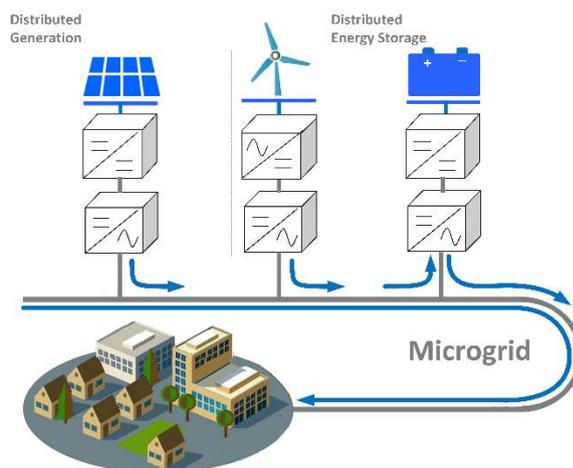


Figure 5. STORMS : Microgrid configuration

3.2.2. Résultats scientifiques du projet :

Les travaux de recherche réalisés portent essentiellement sur les aspects liés à l'amélioration de la qualité de l'énergie et de la stabilité des micro-réseaux.

Dans un premier temps, le travail a porté sur le développement d'une stratégie de commande permettant d'améliorer la qualité de l'énergie dans un système de génération distribuée dans des conditions de fonctionnement contraignantes caractérisées par la présence de charges non linéaires et déséquilibrées. Pour cela, un algorithme d'optimisation métaheuristique a été développé pour agir en temps réel sur la tension de référence du système de telle sorte à introduire un signal de correction permettant de compenser efficacement les perturbations de charge et d'améliorer l'onde de tension en réduisant le taux de distorsion harmonique et de déséquilibre [ACL 1].

Dans un deuxième temps, le travail a porté sur le développement d'une stratégie de commande basée sur la platitude du système dont l'objectif est de garantir le bon fonctionnement des systèmes de génération distribuée en mode autonome et connecté au réseau, tout en assurant des transitions en douceur d'un mode à un autre [ACTI 1].

A partir de là, le travail a porté sur l'amélioration de la stabilité des micro-réseaux dotés de plusieurs systèmes de génération distribuée à travers le développement de stratégie de commande permettant d'assurer l'amortissement des phénomènes de résonances. Cette partie a porté sur la caractérisation des différentes sources d'instabilité dans le micro-réseau et la mise en évidence des interactions qui peuvent survenir, notamment entre les filtres d'interconnexion, l'électronique de puissance et la commande. Par la suite, des techniques de stabilisation actives basées sur la reconstruction et la compensation des harmoniques de résonances a été proposée [ACL2], [ACLN 1]. Dans le même objectif, les travaux en cours portent sur la contribution des systèmes de stockages distribués dans la stabilisation du système à travers le développement de stratégies de commande permettant d'exploiter la capacité des systèmes de stockage dans la stabilisation des niveaux de tension et de fréquence des micro-réseaux.

Les performances des techniques proposées ont été vérifiées expérimentalement sur une plateforme micro-réseau de taille réduite constitué de plusieurs systèmes de génération distribués développée dans le cadre de la plateforme Smart Power pilotée par l'IREENA.

3.2.2.1. Les publications réalisées

Revue internationale avec comité de lecture de rang A (Référéncées dans la base ISI Web of Knowledge) [ACL]

[ACL 1] A. Saim, A. Houari, M. Ait Ahmed, A. Djerioui, M. Machmoum and J. M. Guerrero, "Adaptive

Reference Trajectory for Power Quality Enhancement in Three-Phase Four-Wire Standalone Power Supply Systems with Nonlinear and Unbalanced Loads". **IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics**, 8(2), 1593-1603, **2020**. (IF: 4.728)

[ACL 2] **A. Saim**, A. Houari, M. Ait Ahmed, M. Machmoum and J. M. Guerrero, "*Active Resonance Damping and Harmonics Compensation in Distributed Generation based Islanded Microgrids*", **Electric Power Systems Research**, **2020**. (IF: 3.211)

Conférences internationales avec comité de lecture [ACTI]

[ACTI 1] **A. Saim**, A. Houari, M. Ait Ahmed, M. Machmoum and J-M. Guerrero, "*Differential flatness for smooth transition between grid-connected and standalone mode of three-phase inverter*", **EPE'20 ECCE EUROPE**, September 7-11, 2020, France, **2020**. (**Orale**)

Conférences nationales avec comité de lecture [ACLN]

[ACLN 1] **A. Saim**, A. Houari, M. Ait Ahmed, M. Machmoum and J-M. Guerrero, "*Active resonance damping in LCL-filtered inverters-based islanded microgrids*", Symposium de Génie Electrique (**SGE**), 18-20 Novembre, Nantes, **2020**. (**Orale**)

3.2.2.2. Dissémination

Les résultats du projet seront aussi présentés dans le cadre d'un cours de 20 HTD intitulé « Introduction aux SmartGrids » qui sera délivré à l'Ecole Polytech de Nantes (11/2020).

En raison des conditions sanitaires actuelles, la participation à d'autres évènements (salons, expositions, rencontres, ...) a été annulé.

3.2.2.3. Equipement et ressourcement

Le projet a permis de financer le salaire du post-doctorant (Abdelhakim SAIM) et d'offrir les moyens d'environnement nécessaires pour la réussite des travaux. Les frais d'environnement concernent principalement : les frais de publication (conférences...), matériel informatique et logiciel, ...