

Gestion de l'énergie du système multi-sources basée sur l'algorithme génétique.

Moataz Elsied¹, Amrane Oukaour¹, Hamid Gualous¹, Radwan Hassan²

¹Laboratoire LUSAC – Rue Louis Aragon 50130 Cherbourg-Octeville.

²University of Halwan, Faculty of engineering-Egypt.

Résumé—Le concept de l'intégration des ressources énergétiques distribuées (DER) et de systèmes de stockage d'énergie (ESS) dans un micro-réseau moderne (MG) sera considéré comme la préoccupation principale dans un avenir proche. Le micro-réseau peut fonctionner en mode connecté au réseau principal, ou dans un mode isolé. Le fonctionnement simultané du micro-réseau, du réseau principal et de la charge dont les besoins sont variables, est contrôlé en utilisant le système de gestion de l'énergie (EMS). Le rôle principal du système de gestion est de déterminer de manière autonome, heure par heure, la quantité d'énergie optimale qui sera fournie par le micro-réseau et le réseau principal pour satisfaire la demande en termes de besoins énergétiques de la charge. Ce papier est axé sur l'élaboration d'un modèle de gestion d'énergie en mesure de déterminer les stratégies optimales de fonctionnement pour minimiser les coûts de l'énergie, permettre la réduction des émissions polluantes et une meilleure utilisation des ressources en énergie renouvelables telles que le vent et l'énergie marine. Le modèle d'optimisation proposé pour le micro-réseau est formulé en utilisant les algorithmes génétiques.

Mots clés—production combinée de la chaleur et d'électricité, cogénération, les micro-réseaux MG, les ressources d'énergie distribuée (DER), système de stockage d'énergie (ESS), système de gestion de l'énergie (EMS)

1 Introduction

Dans la dernière décennie, les ressources énergétiques distribuées suscitent un intérêt immense dans le scénario de la production à l'échelle mondiale. L'objectif principal étant la réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'amélioration de la qualité de l'énergie, une meilleure efficacité du système et une grande fiabilité et disponibilité du service. Les systèmes distribués changent de mode de transmission de l'énergie à travers le réseau d'alimentation, permettant aux consommateurs d'avoir une échelle flexible d'utilisation de celle-ci. Le système d'alimentation doit donc être transformé en petits systèmes intégrés de l'énergie distribuée [1]. Les systèmes distribués sont également des sources d'énergie de types différents telles que la cogénération (CHP), les piles à combustible (FC), les hydroliennes (Tidal) et les petites éoliennes (WTS) [2]. L'intégration des systèmes distribués, du système de stockage de l'énergie électrique, des charges électriques distribuées et le réseau de distribution à travers le point de couplage commun est appelé micro-réseau. Récemment il ya eu une recrudescence d'intérêt général dans le concept et dans l'utilisation de micro-réseaux. Ainsi, ils sont décrits comme réseau flexible, réseau intelligent ou réseau électrique actif ayant un grand potentiel pour promouvoir et à accroître l'intégration des sources d'énergie renouvelable. Dans le même temps, ils sont capables d'améliorer la fiabilité du système, son efficacité et sa sécurité.

La stratégie de gestion de l'énergie en micro-réseau consiste à définir l'utilisation judicieuse et efficace de l'énergie par la maximisation des profits (minimisation des coûts) et l'amélioration de la compétitivité. La gestion des unités micro-réseau nécessite un modèle économique précis pour décrire le coût d'exploitation en tenant compte de la puissance produite en sortie. Un tel modèle est discret et non linéaire de nature ; par conséquent, des outils d'optimisation sont nécessaires pour réduire les coûts d'exploitation à un niveau minimal [3]. La gestion de l'unité nécessite un algorithme précis pour identifier la fonction coût d'exploitation et d'émission en tenant compte de la demande de puissance du consommateur. Ces outils d'optimisation minimisent la fonction coûts d'exploitation et le facteur d'émission en tenant compte des contraintes du système.

Ces contraintes doivent être prises en compte dans l'algorithme d'optimisation. Elles désignent respectivement l'équilibre de puissance pour satisfaire les besoins du consommateur, les coûts de carburant, les

spécifications de performance des équipements, les limitations des niveaux de sécurité, la limitation de l'approvisionnement en carburant et les restrictions sur les émissions de bruit et de polluants [4]. L'un des algorithmes les plus efficaces de l'optimisation est l'algorithme génétique (GA). L'algorithme génétique résout différents types de programmation comme la programmation linéaire et les problèmes quadratiques sous contraintes.

L'objectif principal de cette étude est d'optimiser et de dispatcher les générations (contribution de chaque source) calculées dans le micro-réseau en considérant simultanément les objectifs concurrentiels, à savoir l'économie et les émissions. Le modèle d'optimisation proposé pour la gestion de l'énergie dans un micro-réseau est formulé sur la base des algorithmes génétiques. L'exécution efficace de la méthode proposée et son comportement est illustrée et analysée en détail en envisageant un profil de consommation en saison hivernale.

Le micro-réseau dans le présent papier est supposé être relié au réseau principal (EDF). On peut donc y acheter une quantité d'énergie électrique à des heures creuses ou lorsque la production du micro-réseau est insuffisante pour répondre à la demande des consommateurs. D'autre part, on peut vendre l'énergie quotidienne excédentaire du micro-réseau lorsqu'il génère une puissance supérieure à la demande de la charge durant les heures de pointe.

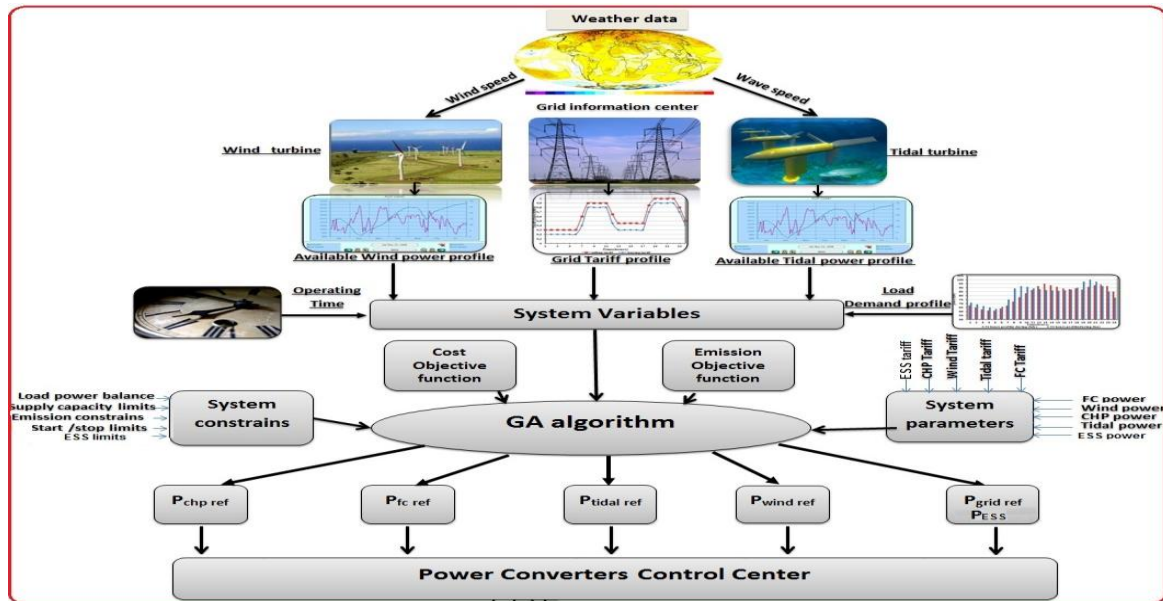


Figure 1 : La description du système de gestion de l'énergie dans le micro-réseau

2 Méthodologie

Dans cette section un modèle d'optimisation du système de gestion de l'énergie dans le micro-réseau étudié est introduit. Les variables de décision incluant la production d'électricité des systèmes distribués, du système de stockage et du réseau de distribution principal permettent d'attribuer des valeurs de consigne de production d'énergie optimales pour chaque source comme le montre la figure 1. Une commutation ON et OFF appropriée est utilisée pour optimiser le coût d'exploitation total du micro-réseau et afin de satisfaire toutes les contraintes d'égalité et d'inégalité. Les fonctions mathématiques objectives de ce problème peuvent être décrites comme suit:

2.1 Fonctions objectives proposées pour le coût et pour les émissions

Le choix de la fonction coût représente la décision la plus pertinente à réaliser. En fait, une autre fonction coût a déjà été proposée dans [5]. Cependant, dans la fonction coût que nous proposons, le coût total d'exploitation, à savoir la consommation d'énergie dans les systèmes distribués et le coût de vente/achat sur le réseau principal (EDF) sont considérés. La fonction coût prend également en compte le coût de la cogénération, le démarrage des piles à combustible et le coût de la charge et de la décharge du système de stockage, où P est la puissance des systèmes distribués, du système de stockage ainsi que le réseau principal en KW, D représente l'état de commutation ON-OFF et C donne le tarif par KWh. L'objectif principal de la fonction coût est de fournir une demande des besoins de la charge quotidienne et d'une manière plus économique. Une telle fonction objective peut être écrite comme suit:

$$f_1(x) = \sum_{t=1}^T \left\{ \sum_{i=1}^{u_g} D_i(t) P_{DERi}(t) C_{DERi}(t) + D_i(t) SUC_{DERi}(t) + \sum_{j=1}^{u_s} D_j(t) P_{ESSj}(t) C_{ESSj}(t) + P_{gr}(t) C_{gr}(t) - P_{gs}(t) C_{gs}(t) \right\}$$

2.2 Contraintes

2.2.1 Bilan de puissance de la charge:

Cette contrainte indique que la demande de puissance électrique de la charge à chaque instant de la journée doit être égale à la somme des puissances fournies par les systèmes distribués, le système de stockage et le réseau principal.

2.2.2 Contrainte d'émission

Cette partie présente la contrainte pour l'émission de polluants à chaque heure, le facteur d'émission considère les polluants atmosphériques tels que les oxydes de soufre (SO₂), les oxydes de carbone (CO₂) et les oxydes d'azote (NO_x) générés par des unités thermiques à combustible fossile. Il est proposé dans le présent document que chaque générateur ne peut dépasser les limites maximales de facteur d'émission (kg / kWh).

2.2.3 Limites de la capacité d'approvisionnement:

Chaque système distribué et unité de stockage a une capacité maximale et minimale en mode de fonctionnement. Ces limites sont considérées dans le présent papier.

2.2.4 Systèmes distribués – les limites Stop/Start:

Pour chaque unité génératrice le nombre de démarrages et d'arrêts doit être pris en compte comme une contrainte et ne peut dépasser une certaine limite. Cette contrainte vise à augmenter la durée de vie de l'unité de production.

2.3 Paramètres du système micro-réseau

Cette section présente une description complète des systèmes distribués, du système de stockage, réseau principal et le profil de charge dans le système micro-réseau. En outre, il présente les coûts de fonctionnement et le facteur d'émission pour chacune des sources pendant la durée de fonctionnement. Toutes les hypothèses sur les données qui ont été étudiées dans cette partie sont formulées sur la base de connaissances et d'informations pratiques.

2.3.1 Profil des besoins de la charge

Il est considéré dans le système micro-réseau que la charge représente un ensemble résidentiel. La demande en électricité varie selon certains facteurs tels que le revenu du ménage, le type de logement et de la propriété, la présence à la maison de chaque ménage, les données météorologiques de la journée, de l'année, la situation géographique et le climat. Dans ce papier, le profil des besoins de la charge sera présenté et illustre l'ampleur des variations diurnes de la demande d'électricité, et comment ces besoins varient en fonction du temps pendant la journée, en raison d'effets saisonniers.

2.3.2 Paramètres du réseau principal

La variation de la demande se reflète dans les principaux contrats tarifaires sur le marché du réseau et/ou d'approvisionnement qui assurent une production plus importante lorsque la demande est élevée et moindre quand elle est faible. Deux chiffres indiquent le coût de l'électricité (achat-vente) du réseau principal pendant 24 heures pour les mois de Janvier et de Juillet. Ce tarif est pour un usage domestique et peut être bien adapté pour les clients qui utilisent une bonne partie de leur consommation d'électricité pendant les heures creuses. D'autre part, le total des émissions inhérentes au réseau principal dépend du type de système de production qui a été examiné dans le présent document comme le système de production d'énergie nucléaire (0 CO₂ d'émission) et le système de production de charbon (0,99 kg de CO₂ par kWh).

2.3.3 Paramètres systèmes distribués et système de stockage

Chaque générateur a une limite maximale pour sa puissance de sortie pendant son fonctionnement. Il est supposé que le CHP et la pile à combustible travaillent tout le temps avec une gamme de puissance entre les limites minimales et maximales pour réduire le coût de démarrage.

2.3.4 Disponibilité de l'énergie du vent et des marées:

La disponibilité de l'énergie éolienne en mode de fonctionnement dépend de la vitesse du vent tandis que pour une hydrolienne, elle dépend des courants de marées. Un exemple de simulation avec des données réelles est présenté dans ce papier pour montrer les distributions horaires compte tenu du temps de la journée, de l'année et le changement climatique pour l'hydrolienne et l'éolien.

2.3.5 Tarifs et émission des systèmes distribués et système de stockage

Dans les systèmes distribués et les unités système de stockage, le coût total par kWh produit (coût unitaire) est traditionnellement calculé en actualisant les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation et d'entretien pendant toute la durée divisée par la production annuelle d'électricité. Une table sera listée pour montrer le coût unitaire de production calculé comme un coût moyen sur la durée de vie. En réalité, les coûts réels seront inférieurs à la moyenne calculée au début de la vie, en raison de faibles coûts de maintenance, et augmenteront au cours de leur utilisation. Le tableau présentera également les émissions totales de CO₂ de chaque unité négligeant l'effet de NO_x, SO₂ en rapport avec leurs faibles valeurs. Il est proposé que tous les producteurs se limitent à produire 17 kg d'émissions de polluants par heure.

2.4 La mise en œuvre de l'algorithme

Cette section présente l'algorithme d'optimisation pour l'électricité produite dans le système en micro-réseau. Le problème d'optimisation pour un fonctionnement micro-réseau a été analysé en utilisant l'algorithme génétique. Cet algorithme est une méthode de recherche globale stochastique qui imite la métaphore de l'évolution biologique naturelle. Comme toutes les méthodes d'optimisation, les algorithmes génétiques nécessitent la spécification du niveau bas, du niveau haut pour les variables qui sont à optimiser. Les valeurs suggérées des variables déterminent le point de prise de décision.

2.5 Résultat et discussion

Dans cette section, les résultats de l'optimisation de système micro-réseau seront évalués à l'aide des algorithmes génétiques. L'optimisation de la capacité installée des systèmes distribués et du réseau principal est étudiée pendant 24 heures de fonctionnement.

Le modèle d'optimisation prend en compte la variation du profil de la demande de la charge, du tarif imposé par le réseau principal, et la puissance disponible pour l'éolien et l'hydrolienne au cours de la journée. En outre, il est considéré que pour l'ensemble de la production, l'algorithme vise à choisir le réglage optimal selon les fonctions objectives pour le coût et les émissions.

2.5.1 Exemple étudié

L'optimisation de la capacité installée de la pile à combustible FC, de la cogénération, de l'éolien, de l'hydrolienne, de la batterie et du réseau principal est étudiée pour la saison d'hiver (janvier). Le modèle d'optimisation prend en compte la variation du profil des besoins de la charge, du tarif du réseau principal et de l'éolien au cours de la journée. Le résultat de cette étude, est représenté dans figure 2.

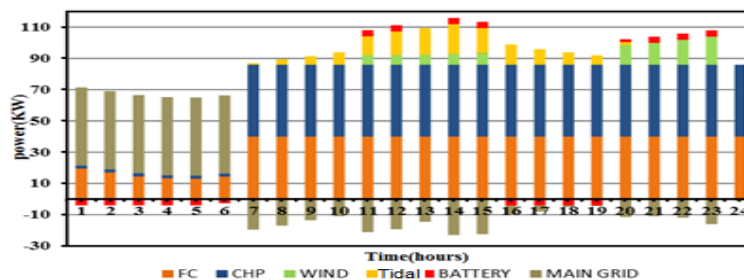


Figure 2: Résultats de l'étude de cas d'hiver

3 Conclusion

Cet article a présenté un modèle d'optimisation pour une répartition optimale des puissances appelées sur les différentes sources d'énergie, à savoir le micro-réseau, le système de stockage et le réseau principal. L'étude d'optimisation tient compte simultanément de la fonction coût, de l'émission et la disponibilité de la puissance des énergies renouvelables comme les objectifs concurrentiels. Le modèle d'optimisation proposé pour la gestion de l'énergie du micro-réseau est analysé à résolution en utilisant les techniques des algorithmes génétiques. L'exécution efficace de la méthodologie proposée et son comportement est formulé en détails pour une variation quotidienne de la demande et compte tenu de l'effet de conditions météorologiques saisonnières sur le profil des besoins de la charge.

4 Références

- [1] Prasenjit Basak, «A literature review on integration of distributed energy resources in the perspective of control, protection and stability of microgrid», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 5545–5556.
- [2] Jackson John Justo, «AC-microgrids versus DC-microgrids with distributed energy resources: A review», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24(2013)387–405.
- [3] Yen-Haw Chen, «Economic analysis and optimal energy management models for microgrid systems: A case study in Taiwan», *Applied Energy* 103 (2013) 145–154.
- [4] José L and Bernal-Agustin, «Simulation and optimization of stand-alone hybrid renewable energy systems», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (2009) 2111–2118.
- [5] Amjad Anvari Moghaddam, «Multi-objective operation management of a renewable MICRO-RÉSEAU (micro-grid) with back-up micro-turbine/fuel cell/battery hybrid power source», *Energy* 36 (2011) 6490-6507.