

Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №2 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-2>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/137TVN216.pdf>

DOI: 10.15862/137TVN216 (<http://dx.doi.org/10.15862/137TVN216>)

Статья опубликована 18.05.2016.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Коджо К.М., Ажавон А.С.А., Салами А.А., Беджа К.С. Моделирование с помощью программного обеспечения Matlab/Simulink, гибридного генератора состоящего из ветроэлектрогенератора переменной скорости и солнечной электростанции, подключенных к общей буферной линии передачи постоянного тока // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №2 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/137TVN216.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/137TVN216

**For citation:**

Kodjo K.M., Ajavon A.S.A., Salami A.A., Bedja K.S. [Modelisation d'une centrale hybride eolienne a vitesse variable-solaire connectee a un bus continu commun en environnement Matlab/Simulink] Naukovedenie, 2016, Vol. 8, no. 2. Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/137TVN216.pdf> (In Russ.)

**Kodjo Koffi Mawugno**

Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs<sup>1</sup>  
Université de Lomé, République togolaise, Lomé  
E-mail: [rig\\_kodjo@yahoo.fr](mailto:rig_kodjo@yahoo.fr)

**Ajavon Ayité Sénah Akoda**

Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs  
Université de Lomé, République togolaise, Lomé  
E-mail: [senajavon@hotmail.com](mailto:senajavon@hotmail.com)

**Salami Adekunlé Akim**

Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs  
Université de Lomé, République togolaise, Lomé  
E-mail: [akim\\_salami@yahoo.fr](mailto:akim_salami@yahoo.fr)

**Bedja Koffi-Sa**

Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs  
Université de Lomé, République togolaise, Lomé  
E-mail: [bedjaeugene@yahoo.fr](mailto:bedjaeugene@yahoo.fr)

## **Modelisation d'une centrale hybride eolienne a vitesse variable-solaire connectee a un bus continu commun en environnement Matlab/Simulink**

**Abstract.** Une des solutions pour réduire les effets du changement climatique tant décriés de nos jours, est de trouver des sources d'énergie alternatives aux sources d'énergie fossiles. Ces nouvelles sources sont les sources d'énergies renouvelables dont les plus étudiées cette dernière décennie sont les énergies solaire et éolienne.

L'utilisation du photovoltaïque dans les zones isolées est sans doute d'un grand avantage, de par sa facilité de mise en œuvre et le peu d'entretien qu'il nécessite. Cependant, le Watt

---

<sup>1</sup> BP 1515 UNIVERSITE DE LOME-TOGO

photovoltaïque délivré est assez coûteux pour les charges de moyennes et grandes puissances par rapport aux autres sources classiques d'énergie. Ainsi, est-il envisageable de coupler plusieurs systèmes énergétiques (vent, solaire, biodiesel etc), afin de rendre a priori moins aléatoire les variables d'entrée et d'autre part à chercher une optimisation du stockage ou de raccordement à un réseau électrique. De telles combinaisons de sources d'énergie sont appelées «systèmes hybrides».

L'objectif de cet article est de présenter une méthode de modélisation d'une éolienne à vitesse variable d'une puissance de 300 kW, raccordée à un réseau moyenne tension par l'intermédiaire d'un système à double convertisseurs ayant en commun un bus continu en environnement Matlab/Simulink. L'idée, consiste à évaluer diverses possibilités pour augmenter la puissance injectée sur le réseau. La solution proposée dans cet article, consiste à envisager la mise en parallèle, sur le même bus continu, d'une centrale de plusieurs éoliennes associées à leurs convertisseurs Modulation de Largeur d'Impulsion et d'une centrale solaire formant ainsi un générateur hybride. Les modèles développés permettent de rendre compte à la fois, des évolutions temporelles des grandeurs électriques, ainsi que des flux de puissance transitée. Nous utilisons un système comportant trois éoliennes reliées à un même bus continu, pour illustrer un phénomène d'instabilité et nous présentons la solution envisagée.

**Keywords:** modélisation; centrale hybride d'énergie; énergies renouvelables; centrale solaire; centrale d'éoliennes; convertisseurs modulation de largeur d'Impulsion; bus commun de courant continu

## 1. Introduction

L'engouement pour l'utilisation des énergies renouvelables augmente, car les populations vivent de nos jours les problèmes environnementaux au quotidien. L'utilisation du photovoltaïque dans les zones isolées est sans doute d'un grand avantage, de par sa facilité de mise en œuvre et le peu d'entretien qu'il nécessite. Cependant, le Watt photovoltaïque délivré est assez coûteux pour les charges de moyennes et grandes puissances par rapport aux autres sources classiques d'énergie. Ainsi, est-il envisageable de coupler plusieurs systèmes énergétiques (vent, solaire, biodiesel etc), afin de rendre a priori moins aléatoire les variables d'entrée et d'autre part à chercher une optimisation du stockage ou de raccordement à un réseau électrique. De telles combinaisons de sources d'énergie sont appelées «systèmes hybrides d'énergie».

Parmi les énergies renouvelables, l'énergie éolienne est maintenant largement utilisée [1, 2, 7]. L'utilisation de convertisseur de puissance permet d'optimiser l'énergie extraite du vent. Ils permettent également de combiner différents générateurs et d'améliorer le contrôle global du système complet. Les convertisseurs de puissance sont par nature des systèmes discrets [3, 4], tandis que les générateurs et le réseau d'énergie sont des systèmes continus. Pour analyser la dynamique d'un système complet de génération d'énergie et pour synthétiser les différents correcteurs, il est opportun de développer un modèle continu équivalent du système complet incluant les convertisseurs de puissance [4, 5].

Le but de cet papier est de présenter un modèle global d'un ensemble d'éoliennes à vitesse variable connectées à un bus continu commun et d'une centrale solaire. Il s'agit d'un modèle continu équivalent qui prend en compte les composantes utiles des courants et tensions au niveau des génératrices, du bus continu et du réseau. Ce type de modélisation est intéressant pour les raisons suivantes:

- il est bien adapté à une intégration numérique dans la mesure où il n'est pas nécessaire de choisir un pas d'intégration inférieur à la période de fonctionnement des convertisseurs, qui est déterminée par la fréquence de commutation des semi-conducteurs;

- le temps de simulation reste alors limité, ce qui est intéressant, car l'on doit souvent considérer les fluctuations du vent sur plusieurs minutes;
- il permet de simuler le comportement dynamique global des éoliennes, y compris la dynamique du bus continu;
- il permet de dimensionner les différents correcteurs intervenant dans le contrôle des génératrices et des échanges de puissances avec le réseau, et en particulier le correcteur permettant de réguler la tension du bus continu;
- il est assez aisé d'ajouter dans ce modèle des éléments complémentaires reliés à un bus continu tels que d'autres sources d'énergie (systèmes photovoltaïques, batteries,...), des systèmes de stockage (batteries, stockage inertiel,...) ou encore un système de dissipation d'énergie, sans que le temps de calcul de la simulation de ces modèles ne devienne trop élevé.

Le modèle continu équivalent ne permet pas de prédire les harmoniques de courant et de tension, puisque la fréquence de commutation des semi-conducteurs n'est pas prise en compte.

Dans un premier temps nous présentons le principe de l'éolienne à vitesse variable et nous rappelons son modèle [7, 8, 10]. Celle-ci est basée sur une génératrice asynchrone à vitesse variable de 300 KW reliée à un bus continu commun par un convertisseur Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI) (figure 2). Le bus continu est relié au réseau alternatif par un second convertisseur Modulation de Largeur d'Impulsion qui permet de contrôler les échanges de puissance active et réactive avec le réseau [6, 11]. Puis, dans cet article, nous considérons la possibilité d'utiliser trois éoliennes connectées sur le même bus continu. Ce type de connexion est actuellement envisagé pour des centrales éoliennes et hydroliennes off-shore dans un contexte particulier et d'une manière plus générale, constituerait la seule hypothèse plausible permettant d'aller vers la «fusion bien tempérée» [7] représentée à la figure 1. Le contrôle de la tension du bus continu sera particulièrement étudié en relation avec le transit de puissance entre les éoliennes et le réseau. En effet, si la connexion de plusieurs génératrices sur un bus continu commun réduit le nombre de convertisseurs de puissance, il rend le contrôle de la tension du bus continu plus délicat.

### L'INTÉGRATION À LONG TERME ET À GRANDE ÉCHELLE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES: VERS LA «FUSION BIEN TEMPÉRÉE»

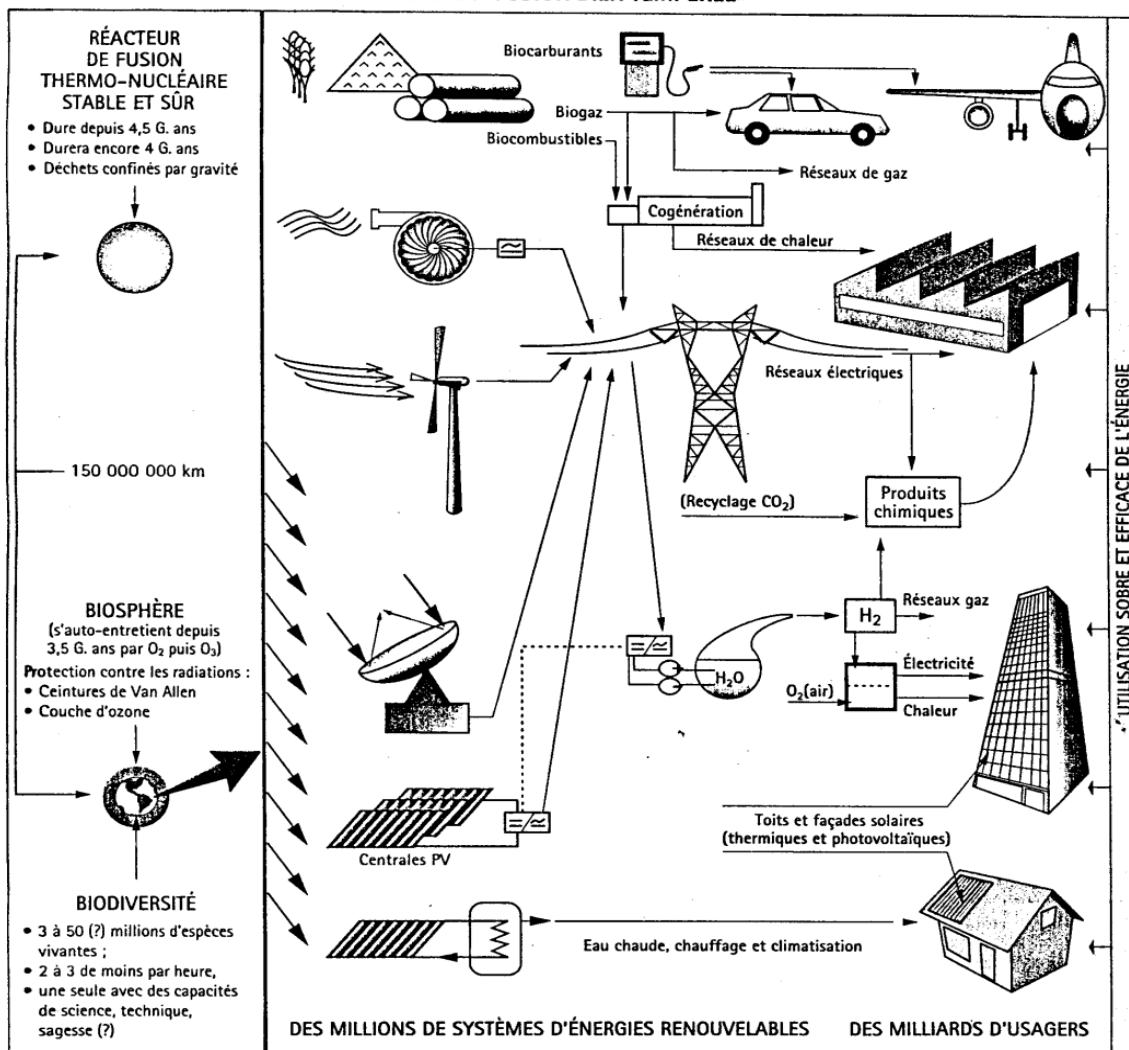


Figure 1. Schéma de principe la «fusion bien tempérée»

## 2. Modélisation et simulation d'une éolienne

### 2.1 Modélisation

Les schémas synoptiques du modèle éolien et du système hybride étudiés dans cet article sont représentés à la figure 2 et à la figure 3.

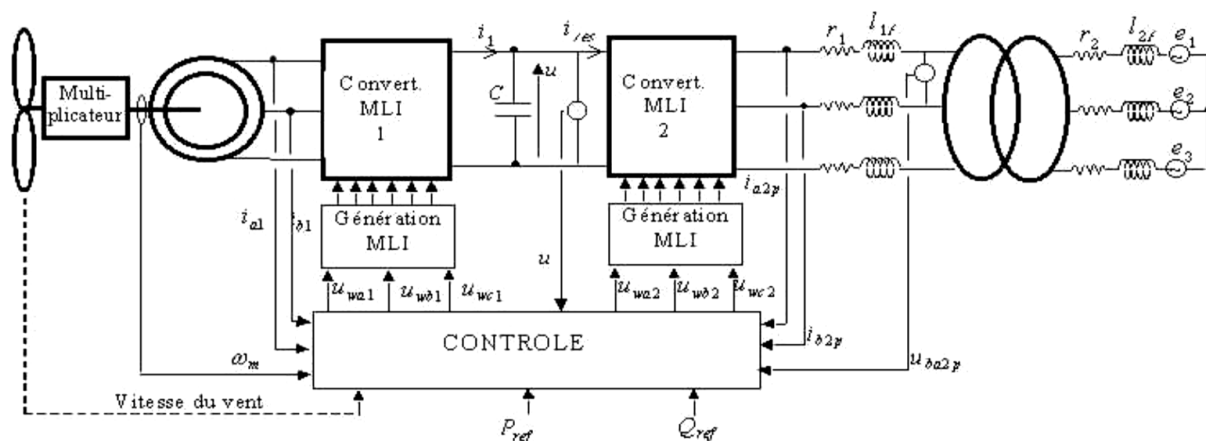


Figure 2. Générateur éolien à vitesse variable basé sur une génératrice asynchrone à cage

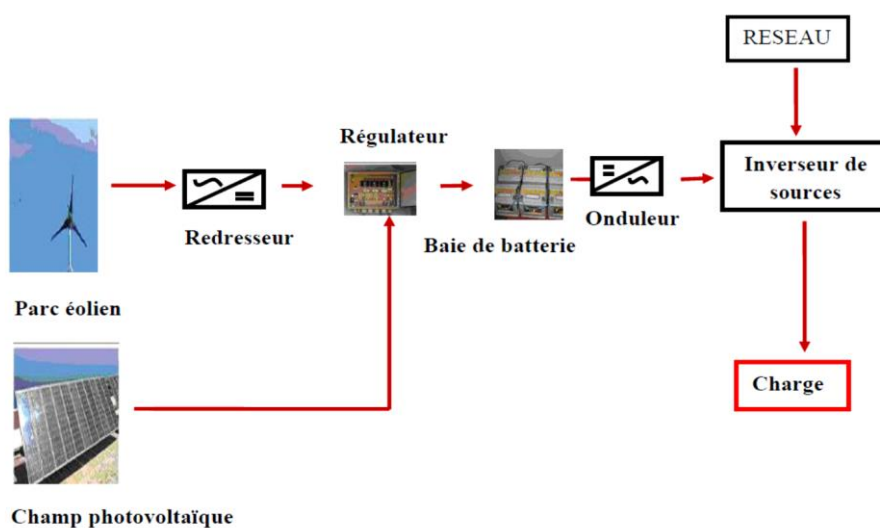


Figure 3. Schéma de principe du système hybride photovoltaïque-éolien

Le bus continu est modélisé par la connaissance de la tension aux bornes du condensateur (Fig. 2) obtenue en intégrant l'équation différentielle (1):

$$\frac{du}{dt} = \frac{1}{C}(i_1 - i_{res}) \quad (1)$$

Le modèle du convertisseur est établi dans l'hypothèse d'un fonctionnement triphasé équilibré (tensions et courants). Ainsi, dans le repère de Park, les tensions simple au primaires du transformateur ( $v_{dp}$  et  $v_{qp}$ ) dépendent des tensions de réglage du convertisseur ( $u_{dw}$  et  $u_{qw}$ ) selon les équation (2) et (3):

$$v_{dp} = u_{dw} \frac{u}{2} \quad (2)$$

$$v_{qp} = u_{qw} \frac{u}{2} \quad (3)$$

L'onduleur est connecté au réseau MT (Moyenne Tension) au moyen d'un transformateur. Son modèle est décrit par le système d'équations (4):



$$\begin{cases} i_{dp\_ref} = \frac{P_{ref} v_{dp} - Q_{ref} v_{qp}}{v_{dp}^2 + v_{qp}^2} \\ i_{qp\_ref} = \frac{P_{ref} v_{qp} + Q_{ref} v_{dp}}{v_{dp}^2 + v_{qp}^2} \end{cases} \quad (7)$$

Les fluctuations de la tension du bus continu ont été atténuées en réglant la puissance modulée par un système de commande basé sur le contrôle des puissances. Il est composé:

- d'une compensation de puissance active issue des redresseurs définis par la relation (8)

$$P_{ref} = u_{il} - P_{reg} \quad (8)$$

- d'une boucle de régulation définie par l'équation (9):

$$P_{reg} = C_u(p)(u_{ref} - u) \quad (9)$$

Avec: un correcteur  $C_u(p)$  Proportionnel – Intégral dont les éléments ont été calculés de manière à avoir une tension du bus continu constante.

Les figures 5 à 8 montrent les résultats de simulation obtenus (sous Matlab/Simulink) pour un fonctionnement avec des vents moyens (entre 8 et 10 m/s) et une tension du bus continu de 700 V. On constate que la vitesse de la génératrice est effectivement rendue variable de manière à extraire un maximum de puissance active. La tension du bus continu est maintenue constante et la puissance réactive est négligeable par rapport à la puissance active transitée.

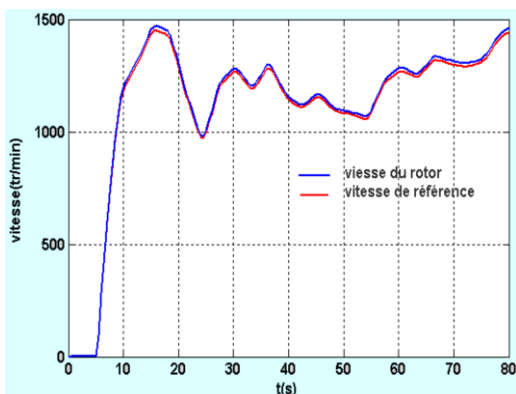


Figure 5. Vitesse de la génératrice (tr/min)

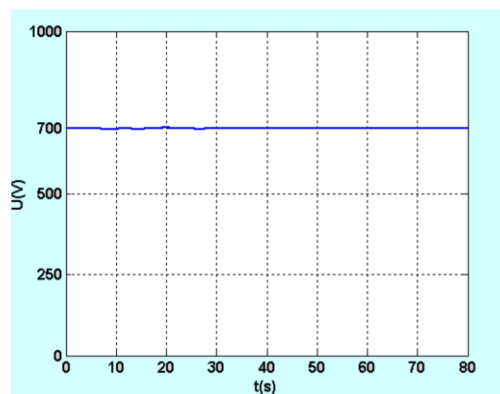


Figure 6. Tension du bus continu (u)

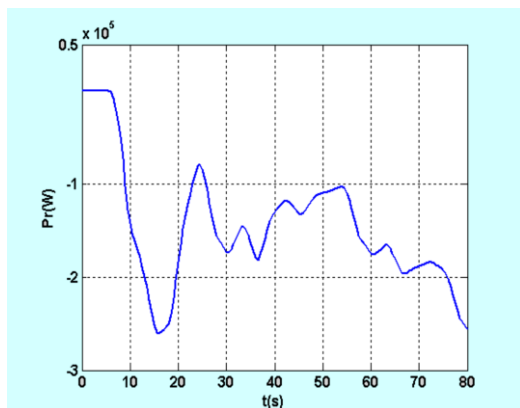


Figure 7. Puissance active transitée au réseau

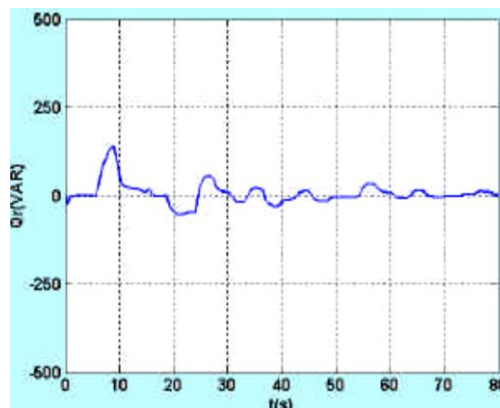


Figure 8. Puissance réactive transitée au réseau

### 3. Modélisation et simulation d'une centrale à trois éoliennes

Dans l'objectif d'augmenter la fourniture en puissance au réseau de distribution, nous avons envisagé la connexion de plusieurs éoliennes au même bus continu (fig. 9). L'équation régissant le bus continu devant (10):

$$\frac{du}{dt} = \frac{1}{C} [i_1 + i_2 + i_3 - i_{res}] \quad (10)$$

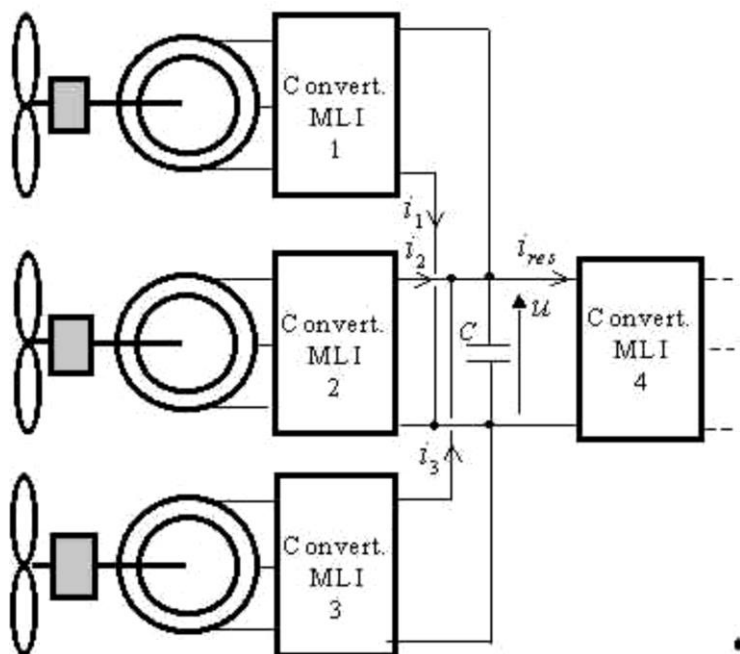


Figure 9. Centrale à trois éoliennes isolées

Les résultats de simulation présentés aux figures 10 et 11 montrent un bon maintien de la tension continue jusqu'à 15,3 s. Au delà, le courant issu des trois éoliennes arrive à son maximum de 1112 A, qui correspond à la puissance nominale transférable par l'onduleur, c'est la cause de l'instabilité.

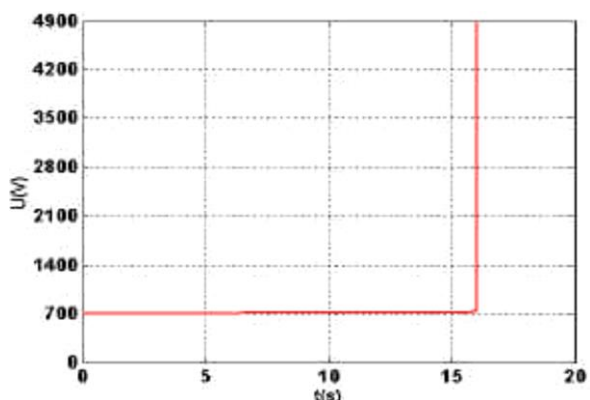


Figure 10. Tension du bus continu

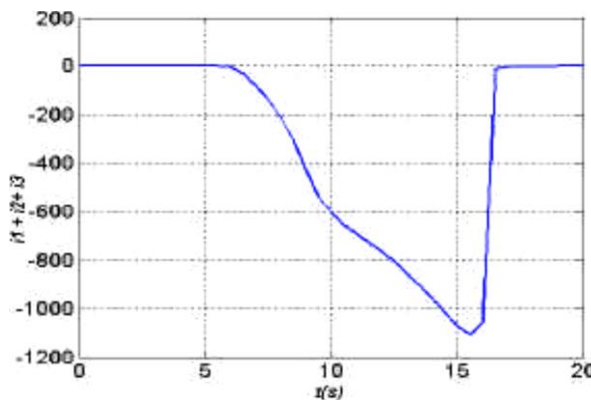


Figure 11. Courants provenant des 3 éoliennes

Afin d'analyser ce phénomène, on considère le modèle équivalent monophasé de la figure 12 en sortie de l'onduleur avec  $i$ , le courant dans la ligne,  $u$ , la valeur de la tension du bus continu,  $E$ , la valeur efficace de la tension simple du réseau,  $u_m$ , la valeur efficace du fondamental de la tension modulée par l'onduleur.

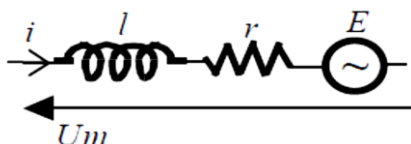


Figure 12. Schéma monophasé de la liaison

Le diagramme vectoriel de la figure 13 permet d'écrire l'équation (11):

$$U_m^2 = (E + ri)^2 + (l\omega i)^2 \quad (11)$$

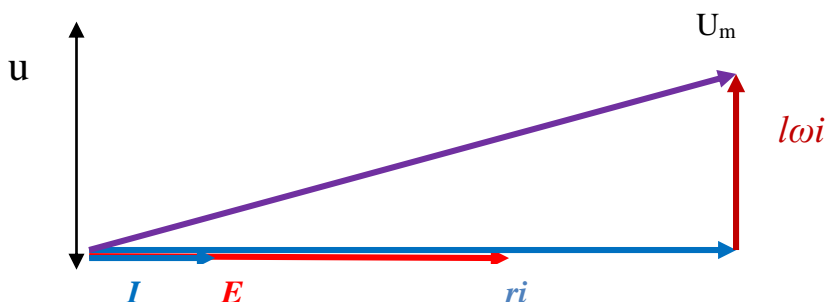


Figure 13. Diagramme vectoriel pour  $\cos\varphi=1$

Un fonctionnement à facteur unitaire n'est possible que si  $U_m < u$ . En supposant la chute de tension aux bornes de  $r$  négligeable, la valeur efficace du courant correspondante peut être exprimée par (12):

$$i^2 < \frac{1}{(l\omega)^2} (U_m^2 - E^2) \quad (12)$$

Dans le cas où le courant total ( $i_1+i_2+i_3$ ) est supérieur à cette contrainte (Fig. 14), le système de régulation est incapable de maintenir un facteur de puissance égal à 1.

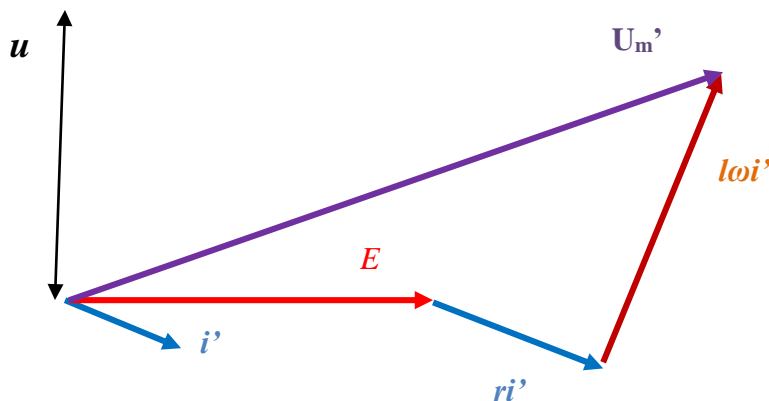


Figure 14. Diagramme vectoriel pour  $\cos\varphi \neq 1$

Pour maintenir le courant en phase avec la tension, il faut donc augmenter la valeur du bus continu  $u$ . Pour déterminer cette dernière, on peut introduire le paramètre de dimensionnement  $\alpha$  lié à la valeur efficace des tensions simples du réseau  $E$  par (13):

$$u = \alpha E 2\sqrt{2} \quad (13)$$

La puissance maximale transmissible si l'on considère uniquement la centrale d'éoliennes, avec un facteur de puissance unitaire est alors déterminée par (14):

$$P_{\max} = 3 \frac{E^2}{X} \sqrt{(\alpha^2 - 1)} \quad (14)$$

#### 4. Résultats de simulation

Nous avons donc étudié ce système sous une tension du bus continu de 1000 V. On constate effectivement une bonne régulation (Fig. 14) et une puissance active multipliée par trois comme attendu initialement (Fig. 15).

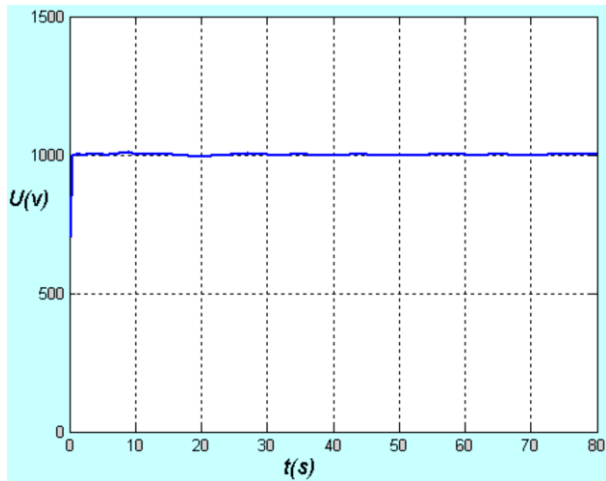


Figure 14. Tension du bus continu

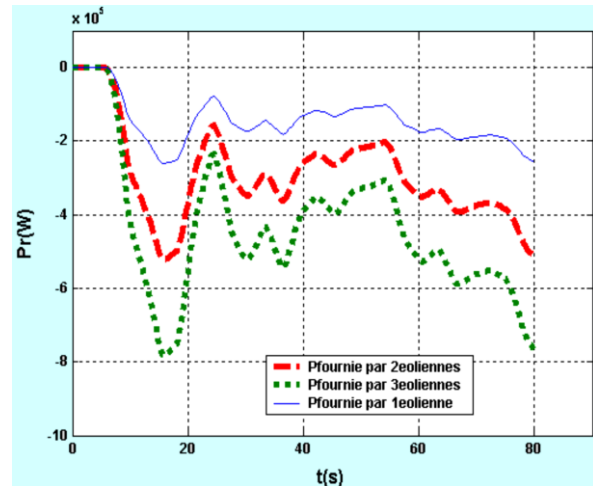


Figure 15. Puissances actives transitées

Le régulateur de charge, appelé aussi contrôleur de charge mesure en permanence la tension au niveau du banc de batteries connecté au bus commun et gère l'apport du courant du champ photovoltaïque et du parc éolien.

#### 5. Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté la liaison d'une centrale hybride éolienne-solaire au réseau de distribution en appliquant une méthodologie de modélisation et de commande par modulation de largeur d'impulsion pour l'ensemble au moyen d'un modèle continu. La conclusion qui se dégage à l'analyse de des résultats obtenus est que: pour maintenir le courant en phase avec la tension, il faut donc augmenter la valeur du bus continu  $u$  en introduisant un paramètre de dimensionnement  $\alpha$  lié à la valeur efficace des tensions simples du réseau  $E$  ou en augmentant par l'intermédiaire du régulateur l'apport de la centrale solaire.

## REFERENCES

1. AZAIZIA Rachid: «étude et commande d'une machine asynchrone à double alimentation alimentée par un convertisseur multi niveaux», Thèse de doctorat de l'Université de Henri Poincaré Nancy I en France, Décembre 2008.
2. DENDOUGA A.: «Contrôle des puissances actives et réactives de la machine asynchrone à double alimentation (DFIM)», Thèse de Doctorat en Electrotechnique de l'Université de Batna en Algérie, 2010.
3. DRID S.: «Contribution à la modélisation et à la commande robuste d'une machine à induction double alimentée à flux orienté avec optimisation de la structure d'alimentation: théorie et expérimentation», Thèse de Doctorat en Electrotechnique à l'Université de Batna en Algérie, 2005.
4. GAILLARD Arnaud: «Système éolien basé sur une MADA: contribution à l'étude de la qualité de l'énergie électrique et de la continuité de service», Thèse de doctorat en Génie Electrique de l'Université Henri Poincaré Nancy-I en France, Avril 2010.
5. GERGAUD Olivier: «Modélisation énergétique et optimisation économique d'un système de production éolien et photovoltaïque couplé au réseau et associé à un accumulateur», thèse de doctorat en Génie Electrique de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan en France, décembre 2002.
6. HEIER S.: «Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems», Publications John Wiley & Sons, ISBN 0-471-97143-X, 1998.
7. KODJO Koffi M.: «Approche connexionniste pour la modélisation et l'optimisation du rendement d'un aérogénérateur», Thèse de Doctorat unique en sciences de l'Ingénieur de l'Université de Lomé au Togo, 2005.
8. MAMADOU Lamine Doumbia: «Modélisation d'une machine asynchrone à cage à l'aide du logiciel Matlab/Simulink», Mémoire d'Ingénieurs de recherche de l'Université de Montréal, 2010.
9. MASMOUDI A.: «Contribution à la commande en tension de la machine doublement alimentée», Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie PARIS VI, 1994.
10. POITIERS Frédéric: «Etude et commande de génératrices asynchrones pour l'utilisation de l'énergie éolienne: machine asynchrone à cage autonome, machine asynchrone à double alimentation reliée au réseau», Thèse de Doctorat en Electronique et Génie Electrique à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes en France, 2003.
11. SALAMI Akim A. «Modélisation du vent a partir des méthodes d'analyse de données imparfaites: étude et réalisation d'un outil d'aide à la décision pour la caractérisation du potentiel éolien, la prédiction de vitesses du vent et l'optimisation du dimensionnement des aérogénérateurs au Togo», Thèse de doctorat unique en Sciences de l'Ingénieur, Option Génie Electrique de l'Université de Lomé, Novembre 2008.

УДК 62

**Коджо Коффи Мавуньо**

Высшая Национальная Школа Инженеров  
Университет Ломе-Того, Тоголезская Республика, г. Ломе  
Преподаватель на кафедре «Автоматики»  
Доктор, доцент  
E-mail: rig\_kodjo@yahoo.fr

**Ажавон Айте Сэна**

Высшая Национальная Школа Инженеров  
Университет Ломе-Того, Тоголезская Республика, г. Ломе  
Преподаватель на кафедре «Автоматики»  
Доктор, профессор  
E-mail: senajavon@hotmail.com

**Салами Аким Адекунле**

Высшая Национальная Школа Инженеров  
Университет Ломе-Того, Тоголезская Республика, г. Ломе  
Преподаватель на кафедре «Автоматики»  
Доктор, доцент  
E-mail: akim\_salami@yahoo.fr

**Беджа Коффи-Саа**

Высшая Национальная Школа Инженеров  
Университет Ломе-Того, Тоголезская Республика, г. Ломе  
Преподаватель на кафедре «Автоматики»  
Доктор, Профессор  
E-mail: bedjaeugene@yahoo.fr

**Моделирование с помощью программного обеспечения Matlab/Simulink, гибридного генератора состоящего из ветроэлектростанции переменной скорости и солнечной электростанции, подключенных к общей буферной линии передачи постоянного тока**

**Аннотация.** Одним из способов уменьшения последствий изменения климата, о котором так много говорят в настоящее время, является использование альтернативных источников энергии к ископаемым источникам энергии. Эти новые, альтернативные источники являются возобновляемые источники энергии, из которых наиболее изученные в последнее десятилетие являются солнечной и ветровой энергии.

Использование солнечной энергии в отдаленных районах, несомненно, является большим преимуществом, из-за своей простоты реализации и низкие эксплуатационные расходы. Тем не менее, производимую солнечную электроэнергию довольно дорого для нагрузок средней и большой мощности по сравнению с другими традиционными источниками энергии. Чтобы решить эту проблему нужно сделать менее случайных входных переменных этих сетей комбинируя несколько возобновляемые источники энергии. Такие комбинации источников энергии, называются «гибридные генераторы».

Цель данной статьи состоит в том, чтобы предоставить метод моделирования с программным обеспечением Matlab/Simulink, ветроэлектростанции переменной скорости мощности 300 кВт, подключенный к сети среднего напряжения через двойной тиристорный

преобразователь с общей буферной линией передачи постоянного тока. Идея заключается в том, чтобы оценить различные варианты для увеличения мощности впрыскиваемой в сети, гибридным генератором, состоящим из трех ветроэлектрогенераторов и солнечной электростанцией. Разработанные модели могут учитывать, как динамическое изменение электрических величин и пропускаемого потока мощности. Мы проиллюстрируем феномен нестабильности, и мы приведем предложенное решение.

**Ключевые слова:** моделирование; гибридный генератор; возобновляемые источники энергии; ветроэлектрогенератор; солнечная электростанция; тиристорный преобразователь; общая буферная линия передачи постоянного тока

## REFERENCES

1. AZAIZIA Rachid: «étude et commande d'une machine asynchrone à double alimentation alimentée par un convertisseur multi niveaux», Thèse de doctorat de l'Université de Henri Poincaré Nancy I en France, Décembre 2008.
2. DENDOUGA A.: «Contrôle des puissances actives et réactives de la machine asynchrone à double alimentation (DFIM)», Thèse de Doctorat en Electrotechnique de l'Université de Batna en Algérie, 2010.
3. DRID S.: «Contribution à la modélisation et à la commande robuste d'une machine à induction double alimentée à flux orienté avec optimisation de la structure d'alimentation: théorie et expérimentation», Thèse de Doctorat en Electrotechnique à l'Université de Batna en Algérie, 2005.
4. GAILLARD Arnaud: «Système éolien basé sur une MADA: contribution à l'étude de la qualité de l'énergie électrique et de la continuité de service», Thèse de doctorat en Génie Electrique de l'Université Henri Poincaré Nancy-I en France, Avril 2010.
5. GERGAUD Olivier: «Modélisation énergétique et optimisation économique d'un système de production éolien et photovoltaïque couplé au réseau et associé à un accumulateur», thèse de doctorat en Génie Electrique de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan en France, décembre 2002.
6. HEIER S.: «Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems», Publications John Wiley & Sons, ISBN 0-471-97143-X, 1998.
7. KODJO Koffi M.: «Approche connexionniste pour la modélisation et l'optimisation du rendement d'un aérogénérateur», Thèse de Doctorat unique en sciences de l'Ingénieur de l'Université de Lomé au Togo, 2005.
8. MAMADOU Lamine Doumbia: «Modélisation d'une machine asynchrone à cage à l'aide du logiciel Matlab/Simulink», Mémoire d'Ingénieurs de recherche de l'Université de Montréal, 2010.
9. MASMOUDI A.: «Contribution à la commande en tension de la machine doublement alimentée», Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie PARIS VI, 1994.
10. POITIERS Frédéric: «Etude et commande de génératrices asynchrones pour l'utilisation de l'énergie éolienne: machine asynchrone à cage autonome, machine asynchrone à double alimentation reliée au réseau», Thèse de Doctorat en Electronique et Génie Electrique à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes en France, 2003.
11. SALAMI Akim A. «Modélisation du vent a partir des méthodes d'analyse de données imparfaites: étude et réalisation d'un outil d'aide à la décision pour la caractérisation du potentiel éolien, la prédiction de vitesses du vent et l'optimisation du dimensionnement des aérogénérateurs au Togo», Thèse de doctorat unique en Sciences de l'Ingénieur, Option Génie Electrique de l'Université de Lomé, Novembre 2008.