



# THESE

Présentée au Laboratoire de Commande des Processus  
en vue de l'obtention du titre de

## DOCTEUR EN SCIENCES

En Génie Electrique, Option : Automatique  
Par

**Abdelhak DJOUDI**

Ingénieur et Magister de l'ENP

### Thème

## **Contribution à la Conduite Robuste d'une Eolienne Basée sur une Machine Asynchrone à Double Alimentation, Connectée au Réseau Electrique**

Soutenue publiquement le **11/05/ 2016** devant le jury composé de:

Président	BOUKHETALA Djamel	Pr. ENP
Directeurs de Thèse	CHEKIREB Hachemi	Pr. ENP
	BERKOUK El-Madjid	Pr. ENP
Examineurs	ILLOUL Rachid	MC/A. ENP
	HADJI Seddik	Pr. EPST d'Alger
	TALHA Abdelaziz	Pr. USTHB
	MESSAIF Iqbal	MC/A. USTHB
Invité	BACHA Seddik	Pr. UJF Grenoble

**ملخص-** أطروحة الدكتوراه الحالية، هدفها التحكم في استطاعة الجزء غير متحرك لماكنة لا متزامنة ثنائية التغذية لنظام تحويل طاقة الرياح موصولة بشبكة التوليد الكهربائي. لهذا الهدف قمنا باقتراح ثلاثة طرق تستند على نظرية البنى المتغيرة. قمنا أولاً بتطوير طريقة تحكم متكيفة باستخدام خوارزمية الأخطاء التربيعية ومرشح التمرير المنخفض. يسمح هذا بتقليص معامل التحكم وكذا ظاهرة الاحتكاك. ولكن هذه الطريقة تعتمد على قياسات شدة التيار الكهربائي في الجزئين المتحرك وغير المتحرك. ولهذا قمنا باقتراح طريقة ثانية لا تعتمد على معرفة شدة التيار الكهربائي في الجزء المتحرك وكذا التدفق. إلا ان هذه الطريقة تحتاج الى معامل تحكم كبير. إيجابيات هاتين الطريقتين تبقى محفوظة في الاقتراح الثالث الذي يعتمد على التحكم المتكيف بدون استعمال ملتقطات شدة التيار الكهربائي في الجزء المتحرك وكذا استعمال معامل تحكم صغير. جميع الطرق المقترحة هنا صالحة لجميع اضطرابات شبكة التوليد الكهربائي عكس تلك المقترحة من قبل. نتائج المحاكاة الرقمية تؤكد نجاعة الطريقة الثالثة بالمقارنة مع الطريقتين الأخرين. قمنا أيضاً بالتحقق من صلاحية الطريقة الثانية تجريبياً.

**كلمات مفتاحية:** ماكنة لا متزامنة ثنائية التغذية، نظام تحويل طاقة الرياح، التحكم في استطاعة الجزء غير متحرك بنظرية البنى المتغيرة، اضطرابات شبكة التوليد الكهربائي.

**Résumé-** La présente thèse est dédiée à la commande des puissances au stator d'une machine asynchrone à double alimentation (MADA) connectée à un réseau électrique et équipant une chaîne éolienne. Dans ce but, nous avons proposé trois approches de commande par les modes de glissement. En premier lieu, nous avons développé une commande adaptative où les paramètres de la MADA sont estimés en temps réel via un algorithme récursif des moindres carrés avec filtrage. Ceci a permis de réduire les gains de commande et en conséquence l'effet du broutement. Cependant, cette méthode nécessite la mesure ou l'estimation des courants au rotor et des courants au stator de la MADA. De ce fait et afin de réduire les coûts de mise en œuvre de la commande, nous avons développé une deuxième commande en dispensant de la mesure ou de l'observation des courants au rotor et du flux. Néanmoins, celle-ci s'apparente à une commande par les modes glissants à grand gain conduisant au phénomène de broutement. Afin de préserver les avantages de ces deux méthodes, nous avons proposé en dernier lieu une commande adaptative à faible coût et à faible gain. Il est important de noter que les commandes proposées assurent la robustesse face aux différentes perturbations pouvant affecter les tensions d'un réseau électrique. Par contre, la robustesse des commandes proposées dans la littérature n'est valide que dans le cas d'un réseau idéal, déséquilibré et/ou déformé. Par ailleurs, les résultats des simulations ont révélé que la dernière commande présente un avantage certain sur les deux autres. De plus dans le cadre de cette thèse, une validation expérimentale a été effectuée dans le cas de la commande à faible coût.

**Mots clé :** Machine Asynchrone à Double Alimentation (MADA), Eolienne, Commande des puissances par les Modes de Glissement, Réseau Perturbé.

**Abstract-** This thesis deals with stator powers control of doubly fed induction generator (DFIG)-based wind energy conversion system connected to the grid. For this target, we have proposed three control approaches based on variable structure theory. Firstly, we have developed an adaptive control where all DFIG parameters estimated by using the least squares algorithm and a low-pass filter. This allowing reducing the control gain and the chattering effect, but it requires the measurement of currents into the stator and rotor. Therefore and in order to reduce the cost related to the control implementation, we developed a second control law independent of the measurement or observation related to the rotor currents and flux. Nevertheless, this one is similar to a high gain control based on sliding modes leading to the chattering phenomenon. Finally and in order to preserve the advantages of these two methods, we proposed an adaptive control at low cost and low gain. The proposed control laws are robust in the presence of voltage disturbances that could affect the electrical network contrary to those proposed in the literature which are only valid for the case of an ideal voltage network, unbalanced and/or distorted. Furthermore, the simulation results showed that the final control law is the best given the desired objectives. Furthermore, as a part of this thesis, an experimental validation carried out in the case of the low-cost control law.

**Key Words:** Doubly Fed Induction Generator (DFIG), Wind Energy Conversion System, Sliding Mode Control of Powers, Non-Ideal Grid.