



Ecole Nationale Polytechnique
Département d'Electronique
Laboratoire des Dispositifs de Communication
et de Conversion Photovoltaïque



Thèse de Doctorat

En ELECTRONIQUE

Présenté par : **GUELLAL Amar**
Magister en Electronique, ENP

Thème

Contribution à l'étude et à l'implémentation des commandes en temps réel pour MAS

Soutenue publiquement le 13 Décembre 2015 devant le jury composé de :

HADDADI Mourad	Professeur	ENP	Président
LARBES Cherif	Professeur	ENP	Directeur de thèse
AIT- CHEIKH Mohamed Salah	Professeur	ENP	Examineur
BARAZANE LINDA	Professeur	USTHB	Examinatrice
HADJ ARAB Amar	Directeur de Recherches	CDER	Examineur
LARABI Abdelkader	Professeur	USTHB	Examineur

ENP 2015

ملخص:

في السنوات الأخيرة, الكثير من الأبحاث توجهت لدراسة التحكم في سرعة السيارات الكهربائية (EVs) المدفوعة بمحرك لا متزامن. إن تقنية تغيير عرض الدفع المصحوبة بتقنية حذف المركبات التوافقية (SHE PWM) تمثل حلا ممتازا للتحكم في سرعة المحرك اللامتزامن لكنها لم تلق انتشارا واسعا خاصة في مجال السيارات الكهربائية وذلك بسبب استحالة حساب زوايا التبديل في نفس الوقت الذي يشتغل فيه المحرك. للتخلص من هذا المشكل اقترحنا في هذه الأطروحة تقنية جديدة تعتمد على طريقة الشبكات العصبية (ANN). في هذه الأطروحة نبدأ بشرح دقيق للطريقة ANNSHE PWM المقترحة ثم نجري لها التحاكي. بعد ذلك نجري تحليلا عميقا لدراسة الخطأ في زوايا التبديل وذلك للتأكد من دقة و نجاعة الطريقة المقترحة. في الأخير قمنا ببرمجة الطريقة المقترحة على بطاقة "FPGA" و استعمالها في منصة تجارب للتحكم في سرعة محرك لا متزامن, وذلك للتحقق من نجاعة هذه الطريقة في التطبيقات الحقيقية. النتائج المستخرجة تؤكد أن الطريقة المقترحة تسمح بالتحكم و الضبط الجيد للتوتر الأساسي كما بينت نجاعتها في حذف المركبات التوافقية في الوقت الحقيقي و ذلك في جميع مجال تغير سرعة المحرك.

كلمات مفاتيح "SHE PWM", الشبكات العصبية, بطاقة "FPGA", السيارة الكهربائية, المحرك اللامتزامن, العاكس

Résumé :

Au cours des dernières années, un grand intérêt a été donné à la commande de vitesse des véhicules électriques (EV) entraînés par un moteur asynchrone. La modulation de largeur d'impulsion avec élimination sélective des harmoniques (SHE PWM) est une alternative intéressante pour la commande de la vitesse d'un moteur asynchrone. Cependant, son utilisation est impossible dans les applications temps réel, comme celle des véhicules électriques, vu que les angles de commutation ne peuvent être calculés et ensuite générés on-line et en temps réel. Pour résoudre ce problème, dans cette thèse nous proposons un nouvel algorithme PWM on-line basé sur la théorie réseaux de neurones artificiels (ANN) en combinaison avec la technique SHE PWM. Dans cette thèse, l'algorithme ANNSHE PWM proposé est d'abord décrit et simulé. Ensuite, une analyse approfondie des erreurs de calcul des angles de commutation est effectuée afin de vérifier la précision de cet algorithme. Dans le but de valider cet algorithme et de générer les angles de commutation avec précision dans une application en temps réel, une implémentation hardware sur un circuit FPGA de l'algorithme proposé est réalisée et détaillée dans une première étape, puis une mise en œuvre de cette dernière sur un banc d'essai de commande de vitesse d'un moteur asynchrone est effectuée dans une deuxième étape. Les résultats obtenus montrent que l'algorithme proposé ANNSHE PWM contrôle l'amplitude du fondamental et élimine les harmoniques sélectionnés avec précision et en temps réel et ceci dans toute la gamme de variation de vitesse du moteur asynchrone.

Mots clés- SHE PWM, Réseaux de Neurones Artificiels (ANN), FPGA, Véhicule Electrique, moteur asynchrone, onduleur.

Abstract:

During the last decade, many interests were given to the speed control of induction motor based electrical vehicles (EVs). The calculated Pulse Width Modulation technique with Selective Harmonic Elimination and Voltage Control (SHE PWM) is an attractive alternative for speed control of an induction motor. However, its application is unfeasible in real time application, as in EVs, because the switching angles cannot be calculated and then generated online and in real time. To overcome this problem, this thesis proposes a new online PWM algorithm based on the Artificial Neural Network (ANN) theory in combination with the SHE PWM. In this thesis, the proposed ANNSHE PWM algorithm is first described and simulated. Then, an extensive angle error analysis is carried out in order to check the accuracy of this algorithm. Finally, in order to validate this algorithm in a real time application, an FPGA implementation of the proposed algorithm is first presented and detailed. Then, the application of this latter on a variable speed induction motor tests bench is carried out. The results obtained show that the proposed ANNSHE PWM algorithm controls the fundamental voltage and eliminates the desired harmonics efficiently and in real time and this in the whole range of speed variation.

Keywords- SHE PWM, Artificial Neural Network (ANN), FPGA, Electrical Vehicle, Induction Motor, Inverter.