

Soutenance de thèse de doctorat de Mr. Salah Eddine Halledj

Le 01/07/2024

THEME: Commandes robustes et intelligentes pour les systèmes d'électronique de puissance: application aux convertisseurs statiques et énergies renouvelables.

Spécialité: Automatique et Systèmes,

Filière: Automatique

Département : Electronique, Electrotechnique et Automatique

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mr. ZABAIOU Tarik	MCA	ENP. Malek Benabi Constantine	Président
Mr. BOUAFASSA Amar	MCA	ENP. Malek Benabi Constantine	Encadreur
Mr. BELARBI Khaled	Prof	ENP. Malek Benabi Constantine	Examineur
Mr. RAHMANI Lazhar	Prof	Université Ferhat Abbas Sétif 1	Examineur
Mr. AFGHOUL hamza	MCA	Université Ferhat Abbas Sétif 1	Examineur

Toute personne intéressée est cordialement invitée.

Soutenance de thèse de doctorat de Mr. Salah Eddine Halledj

Le 01/07/2024

THEME: Commandes robustes et intelligentes pour les systèmes d'électronique de puissance: application aux convertisseurs statiques et énergies renouvelables.

Spécialité: Automatique et Systèmes,

Filière: Automatique

Département : Electronique, Electrotechnique et Automatique

Abstract:

In contemporary time, there is growing demand for energy to meet global commercial and residential needs, while traditional energy generation methods like oil and gas are increasingly criticized for their environmental impact. As a response, renewable energy sources are gaining attention, though they come with their own limitations. To tackle these constraints, researchers utilize various power electronic devices, including power converters, known for their effectiveness in enhancing the efficiency of energy systems. However, these systems pose distinct challenges for tracking their output signal and ensuring stable operation in several changing conditions.

For these reasons, this thesis conducts an in-depth investigation into robust and intelligent controllers to enhance the overall performances of aforementioned systems and solve problems related to nonlinearity, model complexity, disturbance existence, and intermittency.

The first aim of this research is to develop improved nonlinear robust control based on synergetic theory, known as anti-disturbance global terminal synergetic control. The overall closed loop system increases rapidity approaching, guarantees finite time, stability suppresses the chattering phenomenon and improves the total performances of both step-down static converter and wind turbine system in comparison to various advanced sliding mode regulators. The second objective of the thesis presents the design of intelligent controllers applicable to different renewable energy applications. The first contribution involves the use of the Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) trained by Particle Swarm Optimization algorithm (PSO), to extract the maximum power point of PV system.

Subsequently, it is integrated in cascade with fractional order sliding mode control to govern the performance of PV-grid powered arc welding power supply. Meanwhile, data-driven control and neural network are used in different application of a Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC); An adaptive model-free based on single interval type 2 fuzzy PI control is developed to regulate the performance of a Standalone PEMFC while Artificial Neural Network based MPPT control is designed to extract the maximum operating point from PEMFC system during the boosting process.

Finally, the Simulation results show the efficacy of the all the proposed controllers in accurately tracking the output signal, surpassing various known regulators. Notably, the proposed control strategies exhibit significant improvement in all of transient response, steady state error and relative stability.

Keywords: Adaptive model-free control, Adaptive neuro fuzzy inference system, Power converters, Renewable energy sources, Sliding mode control, Synergetic theory, Fractional order, Fuzzy type 2.

Résumé :

De nos jours, la demande croissante en énergie pour répondre aux besoins commerciaux et résidentiels mondiaux est de plus en plus critiquée pour leur impact environnemental. En réponse, les sources d'énergie renouvelable suscitent de l'attention, bien qu'elles présentent leurs propres limites. Pour relever ces contraintes, les chercheurs utilisent divers dispositifs électroniques de puissance, notamment les convertisseurs de puissance, connus pour leur efficacité dans l'amélioration des systèmes énergétiques. Cependant, ces systèmes posent des défis distincts pour le suivi de leur signal de sortie et pour assurer un fonctionnement stable dans des conditions changeantes.

Pour ces raisons, cette thèse mène une enquête approfondie sur des régulateurs robustes et intelligents afin d'améliorer les performances globales des systèmes susmentionnés et de résoudre les problèmes liés à la non-linéarité, à la complexité du modèle et à l'intermittence.

Le premier objectif de cette recherche est de développer un contrôle robuste non linéaire amélioré basé sur la théorie synergétique, connu sous le nom de contrôle synergétique global anti-disturbance. Le système global en boucle fermée augmente la rapidité d'approche, garantit la stabilité en temps fini, supprime le phénomène de bavardage et améliore les performances totales du convertisseur DC-DC Buck et du système d'éolienne par rapport à différents régulateurs non linéaires à mode glissant.

Le deuxième objectif de la thèse présente un régulateur intelligent amélioré applicable à différents systèmes d'énergie renouvelable. Le premier régulateur contributif implique l'utilisation du système d'inférence neuro-flou adaptatif entraîné à l'aide de l'algorithme d'optimisation par Essaim de particules pour extraire le point de puissance maximale du système Photovoltaïque.

Ensuite, il est intégré en cascade avec le mode du glissement à ordre fractionnaire pour réguler la machine de soudage à l'arc alimentée par PV-grid. Parallèlement, le contrôle basé sur les données et les réseaux neuronaux sont utilisés dans différentes applications d'une pile à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC). Un contrôle adaptatif sans modèle basé sur un contrôle PI flou de type 2 à intervalle unique est développé pour réguler les performances d'une PEMFC autonome, tandis qu'un contrôle MPPT basé sur un réseau de neurones artificiels est conçu pour extraire le point de fonctionnement maximal du système PEMFC pendant le processus de l'augmentation de la tension.

Enfin, les résultats ont montré l'efficacité de tous les régulateurs proposés dans le suivi précis du signal de sortie, surpassant divers régulateurs connus. Notamment, les stratégies de contrôle proposées présentent une amélioration significative dans toutes les réponses transitoires, les erreurs à l'état stable et la stabilité relative.

Mots clé : Contrôle adaptatif sans modèle, Système d'inférence neuro-flou adaptatif, Convertisseur de puissance, Systèmes d'énergie renouvelable, Contrôle par mode glissant, Théorie synergétique, Ordre fractionnaire, Type 2 flou.

ملخص:

في الوقت الحالي، هناك طلب متزايد على الطاقة لتلبية احتياجات القطاعات الحساسة على مستوى العالم، في حين يتم انتقاد طرق توليد الطاقة التقليدية مثل النفط والغاز بشكل متزايد بسبب تأثيرها البيئي. كاستجابة لذلك، تجذب مصادر الطاقة المتجددة انتباهًا، على الرغم من أنها تأتي مع قيودها الخاصة. للتغلب على هذه القيود، يستخدم الباحثون مجموعة متنوعة من الأجهزة الإلكترونية للطاقة، بما في ذلك محولات الطاقة، المعروفة بفعاليتها في تعزيز كفاءة أنظمة الطاقة. ومع ذلك، تشير هذه الأنظمة تحديات مميزة لتتبع إشارتها الناتجة وضمان تشغيل مستقر في ظروف متغيرة.

لهذه الأسباب، تقوم هذه الرسالة بتحقيق عميق في تحكم قوي وذكي لتعزيز الأداء العام للأنظمة المذكورة وحل المشاكل المتعلقة بعدم الخطية وتعقيد النموذج. الهدف الأول لهذا البحث هو تطوير تحكم غير خطي قوي محسن استناداً إلى نظرية الاشتراك الديناميكي، المعروف باسم التحكم الاشتراكي العالمي المضاد للإزعاج. النظام الكلي المغلق يزيد من سرعة الاقتراب، ويضمن استقرار الزمن المحدد ويقاوم ظاهرة الضوضاء ويحسن الأداء الإجمالي لمحول خافض الجهد ونظام الطاقة الرياح بالمقارنة مع منظمات الانزلاقية غير الخطية المختلفة. الهدف الثاني للرسالة يقدم محكمات ذكية محسنة قابلة للتطبيق على مختلف أنظمة الطاقة المتجددة. يتضمن التحكم المساهم الأول استخدام نظام الاستدلال الضبابي العصبي التكيفي والمدرّب بواسطة خوارزمية سرب الطيور المحسنة. هذا النظام متسلسل مع تحكم الانزلاقي الكسري من أجل تحسين النظام طاقة المتصلة بالألواح الشمسية ولآلة لحام القوس. في الوقت نفسه، تم استخدام التحكم القائم على البيانات والشبكات العصبية في تطبيقات مختلفة لخلية وقود بمبادل البروتونات؛ حيث تم تطوير التحكم التكيفي بدون نموذج مدمج مع التحكم الضبابي النوع الثاني لتنظيم أداء خلية وقود المستقلة في حين تم تصميم تحكم قائم على الشبكات العصبية الاصطناعية لاستخراج أقصى نقطة تشغيلية من نظام خلية وقود خلال عملية تعزيز الطاقة.

أخيراً، تظهر نتائج المحاكاة فعالية جميع وحدات التحكم المقترحة في تتبع الإشارة الناتجة بدقة، متفوقة على منظمات معروفة مختلفة. وبشكل ملحوظ، تظهر استراتيجيات التحكم المقترحة تحسناً كبيراً في جميع جوانب الاستجابة العابرة، وخطأ الحالة الثابتة، والاستقرار النسبي.

كلمات مفتاحية:

محول الطاقة، أنظمة الطاقة المتجددة، التحكم التكيفي بدون نموذج، نظام الاستدلال الضبابي العصبي التكيفي، تحكم وضع الانزلاق، نظرية الاشتراك الديناميكي، النظام الكسري، التحكم الضبابي النوع الثاني.