

الملخص

شهد العالم خلال السنوات القليلة الماضية تطورا سريعا في استخدام الطاقة المتجددة في استهلاك الكهرباء. فقد بلغ إجمالي إنتاج لطاقة الرياح عام 2015 إلى 432,83 ميغاواط بارتفاع نسبته % 17 مقارنة بالعام الذي قبله. ومن جهة أخرى, فإن تغير طبيعة الأحمال بالمنشآت الصناعية والتجارية والسكنية التي تعتمد خصوصا على الكترونييات القوى, أدى إلى تدهور جودة التغذية التي أصبحت تعاني من عدة مشاكل والتي تعتبر ذات أهمية خاصة لكلا من مرفق الكهرباء والمستهلكين. من أجل هذا السياق, تم تقديم هذه الأطروحة تحت عنوان: إستراتيجية الخوارزميات الذكاء الاصطناعي الهجينة للتحكم في نظام إنتاج الطاقة المتجددة لغرض تحسين جودة التغذية وتحقيق استمرارية إنتاجها.

ولههدف تحقيق ذلك, يتناول هذا العمل بداية بتقديم إستراتيجية تحكم لنظام إنتاج الطاقة الكهربائية من خلال طاقة الرياح والتي تعتمد على مولد ثنائي التغذية ذات نظام تحكم متغير, الذي يسمح بالاتصال بشبكة الكهرباء من جهتي: باتصال مباشر عبر ثابت المولد واتصال غير مباشر بالعضو الدوار عبر محول قدرة رجعي. تسمح هذه التركيبة بالتحكم في الطاقة المنتجة للشبكة من خلال ثلاث وحدات للتحكم وهي كالأتي: وحدة التحكم للمحول الجانبي للدوار والذي يسمح بالتحكم في الطاقة الفعالة والغير فعالة المنتجة من طرف العضو الثابت للمولد, وحدة التحكم للمحور الجانبي للشبكة والذي يسمح بالتحكم بالتوتر المستمر المتمركز بين المحولين (AC/DC/AC) ووحدة التحكم MPPT والتي تسمح باستخلاص التوربينات أقصى طاقة حركية ممكنة من الرياح. تضمن هذه الوحدات للتحكم في إنتاج طاقة كهربائية جيبية شبه مثالية للشبكة, إلا أن هذه الطاقة تتعرض للكثير من الاضطرابات بسبب تزايد المعدات والأجهزة ذات الخصائص الغير خطية والتي تتغذى من شبكة التوزيع كهربائية معقدة. تتمثل هذه الاضطرابات في تشوه موجتي الجهد والتيار, تقلب وارتعاش الجهد, انخفاض وارتفاع الجهد, عدم اتزان الجهد والتيار, تقلب التواتر والتوافقيات... الخ. قد تؤدي هذه الاضطرابات إلى اختلال عمليات تشغيل المعدات أو انهيار بعض المعدات. وقد تم معالجة نوعين من هذه الاضطرابات في هذه الأطروحة أولهما: التوافقيات واختلال أو انقطاع الجهد نتيجة عطل في احد المحولات وذلك باستعمال استراتيجيات الذكاء الاصطناعي.

لحذف أو التخفيض من التوافقيات والتشويش تستخدم عدة حلول منها المرشحات الفعالة, كالمشرح الفعال المتوازي والذي يعمل على فكرة مراقبة الإشارة الكهربائية المشوهة بالتوافقيات ويحدد تردد وقيمة هذه التوافقيات ثم حذفها عن طريق حقن ديناميكي لتيار معاكس لها. ولتحقيق ذلك بدون تكلفة زائدة للنظام, يقترح هذا العمل إستراتيجية تحت اسم نظام الأولية, والتي تسمح بتسيير الأولوية بين التحكم في الطاقة الفعالة وغير فعالة المنتجة وتخفيض التوافقيات. تبين نتائج المحاكاة في بيئة ماتلاب على فاعلية هذه الإستراتيجية والتي سمحت بانخفاض التوافقيات في الشبكة من % 16 الى % 1,98, والتي تعبر في الحدود العالمية المسموح بها.

ولههدف ضمان استمرارية إنتاج الطاقة في حالة تعطل أحد الترونزستورات الثنائية أحادية القطبية للمحول الجانبي للعضو الدوار, تم تطبيق إستراتيجية تعتمد على الذكاء الاصطناعي الهجين لمجالين منه إلا وهما: النظام الخبير والضباب المنطقي. تعمل هذه الإستراتيجية على تشخيص وتحديد العطل للترونزستور ثم عزله على النظام واستبداله بأخر سليم من أجل ضمان استمرارية الانتاج دون انقطاع. وبينت نتائج المحاكاة في بيئة ماتلاب كذلك فاعلية وسرعة هذه الاستراتيجية في تشخيص وعزل واستبدال الترونزستور المعطوب في زمن أقل من دور واحد.

Résumé

Au cours des dernières années, le monde a connu un développement rapide dans l'utilisation des énergies renouvelables pour la production d'électricité. En 2015, la capacité éolienne totale a atteint 432,83 MW, avec une augmentation de 17% par rapport à l'année précédente. Les charges des clients y compris industrielles, commerciales et résidentielles raccordées au réseau de distribution sont la principale source de perturbations affectant la qualité de l'énergie qui doit être une forme d'onde sinusoïdale pure d'amplitude et de fréquence spécifiques.

Cette thèse propose de nouvelles solutions pour améliorer la qualité et la fiabilité de l'alimentation électrique des éoliennes à partir d'un système de générateur d'induction à double alimentation (GADA) utilisant des algorithmes hybrides basés sur l'intelligence artificielle. Le système de contrôle du système global se compose de trois blocs de contrôle, à savoir le convertisseur côté rotor (RSC), le convertisseur côté réseau électrique (GSC) et le contrôle MPPT (Maximum Power Point Tracking) permettant l'échange d'énergie entre le système de conversion d'énergie éolienne et le réseau. Les problèmes de qualité de puissance y compris la distorsion harmonique sont discutés en détail et des techniques d'atténuation basées sur le filtrage actif parallèle sont présentées. Une solution efficace et économique basée sur le concept de contrôle prioritaire est proposée. Cette méthode de contrôle de priorité permet de gérer la priorité parmi les contrôles de production du système précédents et la suppression des courants harmoniques à l'aide de la méthode d'extraction d'harmoniques à base de référence synchrone (SRF). En outre, et pour assurer la continuité du service, une stratégie de commande hybride intelligente qui tolère aux défauts (FTC) du circuit ouvert de l'IGBT du convertisseur côté de rotor (RSC) a été présentée. La stratégie FTC est basée sur des systèmes experts combine une méthode simple de détection de défaut basée sur l'inférence de logique floue et utilise les valeurs moyennes du courant du rotor pour détecter le commutateur défectueux sur une période très courte. En outre, pour améliorer les performances du système en boucle fermée pendant les transitoires et les conditions défectueuses, différents contrôleurs de courants comme PI, hystérésis, contrôleurs PI flou-adaptatifs et un contrôleur PI optimisé utilisant des algorithmes génétiques ont été utilisés.

Le modèle de simulation a été développé dans l'environnement Matlab / Simulink et les résultats démontrent que les techniques proposées peuvent réduire efficacement la distorsion harmonique totale (THD) dans les courants de réseau et maintenir la qualité de l'énergie et la continuité des services dans les normes internationales.

Abstract

Over the recent years, the world has witnessed a rapid development in the use of renewable energy in electricity consumption. Where, in 2015 the Total wind power production was reached to 432.83 MW, i.e. an increase of 17% from the previous year. In other side, the changing in the nature of loads in industrial, commercial and residential establishments connecting to the grid, led the disturbances in quality of energy which must be as a pure sinusoidal waveform with specific phases and frequency.

This thesis investigates and proposes new solutions to enhance the power quality and reliability of electricity supply of wind turbine energy based on Doubly Fed Induction Generator (DFIG) system using hybrid artificial intelligence algorithms. The control scheme of the overall system consists of three controls blocks namely the Rotor Side Converter (RSC), Grid Side Converter (GSC) and the Maximum Power Point Tracking (MPPT) control which permits energy exchange between the wind energy conversion system and the grid. The problems of power quality including harmonic distortion are discussed in details and mitigation techniques based on shunt active power filtering are presented. An efficient and economical solution based on the concept of priority control is proposed. This priority control method permits to manage the priority among the previous system production controls and the harmonics currents suppression using Synchronous Reference Frame (SRF) harmonic extraction current method. In addition, and to ensure service continuity, a hybrid-intelligent Fault Tolerant Control (FTC) strategy of IGBT open-circuit for Rotor Side Converter (RSC) has been presented. The FTC strategy is based on Expert Systems and combines a simple fault detection method based on fuzzy logic inference and uses rotor current average values to detect the faulty switch in a very short period. Furthermore, to improve the performance of the closed-loop system during transients and faulty conditions, different currents controllers like conventional PI, hysteresis, PI fuzzy-adaptive controllers and PI controller optimized using Genetic Algorithms have been used.

The simulation model was developed in Matlab/Simulink environment and the results demonstrate that the proposed techniques can effectively reduce the Total Harmonic Distortion (THD) in the grid currents and maintain the quality of energy within the international standards and ensure service continuity of the system during open switch IGBT fault.