



جامعة الموصل

كلية الهندسة

تشخيص بعض اعطال المحرك المتزامن ذي المغناطيس الدائم
المستخدم في السيارات الكهربائية بالاعتماد على التعلم المعزز
العميق

محمد عمر محفوظ محمد

رسالة ماجستير علوم في

الهندسة الكهربائية/ هندسة كهربائية

بإشراف

المدرس الدكتور

عمر موفق محمود اليوسف

الخلاصة

يعد المحرك التزامني ذي المغناطيس الدائم (PMSM) من أكثر المحركات استخداما في السيارات الكهربائية حيث ان له كفاءة عالية وحجم صغير ونسبة العزم الى التيار عالية وكذلك متانة وسرعة عالية وعلى الرغم من الموثوقية العالية فان هذا المحرك معرض للعديد من الأعطال لذلك هناك حاجة ماسة لكشف هذه الأعطال وتشخيصها من اجل زيادة موثوقية السيارة الكهربائية وحماية الأشخاص بداخلها.

يقدم هذا البحث نظام كشف وتشخيص اعطال متقدم يعتمد على التعلم المعزز العميق الذي يمتاز بقدرته الكبيرة على تحليل البيانات القادمة من المحرك بصورة ذاتية وتشخيص العطل دون الحاجة الى استخراج ميزات من العطل , حيث تم الاعتماد على إشارة التيار القادمة من محولات التيار (Current Transformers) من اجل الكشف عن حدوث عطل دائرة القصر بين اللفائف (Inter-Turn Short Circuit) وتحديد شدة العطل وكذلك عطل فقدان المغنطة الجزئي كما تم اختبار مدى شمولية النظام في التعامل مع اعطال محركات أخرى مثل الأعطال الميكانيكية كعطل عدم محاذاة محور الدوران الافقي والعامودي والاعطال التي تصيب المحامل كعطل تكسر الكرات وتكسر الحزام , وكذلك تم اختبار النظام المقترح للكشف عن عطل دائرة القصر بين اللفائف (Inter-Turn Short Circuit) لمحرك التزامني ذي مغناطيس دائم آخر (PMSM) وتحديد شدة العطل من خلال التمييز بين ٧ مستويات مختلفة.

تمت مقارنة أداء النظام المقترح بأنظمة كشف الأعطال التي تعتمد على خوارزميات التعلم الآلي البسيطة كشجرة القرار (Decision Tree) ونظام الدعم الآلي (Support vector Machine) والجيران الأقرب (K-nearest Neighbor) والغابة العشوائية (Random forest) وكذلك خوارزمية الشبكة العصبية العميقة (Deep Neural Network) التي تعتمد على التعلم العميق . أستطاع التعلم المعزز العميق الكشف عن عطل دائرة القصر بين اللفائف بدقة تصل الى 100% كما حقق دقة تصل الى 99% في الكشف عن كل من عطل دائرة القصر وعطل فقدان المغنطة الجزئي. في الكشف عن الأعطال الميكانيكية المختلفة أستطاع التعلم المعزز العميق تحقيق دقة كشف تصل الى 99% كما حقق دقة كشف تصل الى 96% في الكشف عن عطل دائرة القصر بين اللفائف لمحرك تزامني ذي مغناطيس دائم اخر والتميز بين ٧ مستويات للعطل.

University of Mosul

College of Engineering



Diagnosis of Some Faults of Permanent Magnet Synchronous Motors Used in Electric Vehicles Based on Deep Reinforcement Learning

Mohammad Omar Mahfooth Mohammad

M.Sc. Thesis of Science

In

Electrical Engineering/Electrical Engineering

Supervised by

Lecturer

Dr. Omer Muafaq Mahmoud Al_Yousef

Abstract

The permanent magnet synchronous motor (PMSM) is one of the most widely used motors in electric cars, as it has high efficiency, small size, high torque-to-current ratio, durability and high speed. Despite its high reliability, this motor is prone to many faults, so there is an urgent need to detect these Faults and their diagnosis in order to increase the reliability of the electric vehicle and protect the people inside.

This research presents an advanced system for detecting and diagnosing faults based on deep reinforcement learning, which is characterized by its great ability to independently analyze the data coming from the motor and diagnose the fault without the need for human intervention. The occurrence of a short circuit fault between the windings (Inter-Turn Short Circuit) and determining the severity of the fault as well as the partial loss of magnetization.

The generalization of the system was also tested in dealing with faults of other motors such as mechanical faults such as vertical and horizontal misalignment also faults affecting bearings such as breakage of Balls and cage breakage, as well as the proposed system was tested to detect the Inter-Turn Short Circuit fault of another permanent magnet synchronous motor (PMSM) and to determine the severity of the fault by distinguishing between 7 different levels.

The performance of the proposed system has been compared with fault detection systems based on simple machine learning algorithms such as the Decision Tree, the Support Vector Machine, the K-nearest Neighbor, the Random Forest, as well as the Deep Neural Network algorithm. The deep reinforcement learning was able to detect the inter-turn short circuit fault in the stator windings with an accuracy of up to

100%, and it achieved an accuracy of up to 99% in detecting both the inter-turn short circuit fault and the partial magnetization fault. In detecting various mechanical faults, deep reinforcement learning was able to achieve a detection accuracy of up to 99%. It also achieved a detection accuracy of up to 96% in detecting a short circuit fault between the windings of another permanent magnet synchronous motor and distinguishing between 7 fault levels.