



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الموصل

كلية الهندسة

نقل القدرة لاسلكياً لمنظومة شحن المركبات الكهربائية

مروان حسين محمد الجرجري

رسالة ماجستير علوم في
الهندسة الكهربائية / الهندسة الكهربائية

بإشراف

الدكتور ياسر محمد يونس أمين

الدكتور أحمد عبد الفتاح عبد العال

الملخص

لاقت تقنية نقل القدرة اللاسلكي إقبالاً كبيراً من الباحثين مؤخراً، وأصبحت أنظمة نقل القدرة الحثي الرنيني (Resonant Inductive Power Transfer, RIPT) أحد أهم تقنيات نقل القدرة اللاسلكي شيوعاً وفعاليةً لتطبيقات شحن المركبات الكهربائية. وتمثل وسائل الشحن الجزء المهم في أنظمة RIPT التي تُشكل روابطها اللاسلكية وتحدد أدائها من حيث قوة الاقتران المغناطيسي والكفاءة والحساسية لسوء المحاذاة والسلامة فضلاً عن عاملي الوزن والحجم. لذلك أصبح تصميم وسائل الشحن ودراساتها محوراً جذاباً لاهتمام الباحثين والمهندسين لتحسين أداء أنظمة RIPT. في هذه الرسالة قُدمت خطوات تصميم مبسطة لبناء منظومة نقل قدرة حثي رنيني لاسلكي ذات المعوض المتوالي (SS-RIPT) تستخدم لشحن المركبات الكهربائية وفقاً للمعايير المحددة من قبل جمعية مهندسي المركبات (SAE J2954). إذ عُرض تحليل مفصل لدراسة وسائل شحن عديدة، منها ما ذكرت في الأعمال السابقة كالوسائد الدائرية ووسائد Double-D ومنها ما اقترحت في هذه الرسالة سميت بوسائد شرائط الفريت، وهي وسائل جديدة لم تطرق في الدراسات السابقة، إذ قورنت في الأداء والتصميم مع سابقتها المذكورة آنفاً. وقد صممت الوسائد وتمت محاكاتها باستخدام برنامج المحاكاة ANSYS Maxwell المستند في عمله على طريقة تحليل العناصر المنتهية ثلاثية الأبعاد، وبرنامج MATLAB لمحاكاة المنظومة. وركزت الرسالة على تصميم منظومة ناقل قدرة لاسلكي من المستوى الثاني (WPT2/Z1)، وُدس أدائها عند فجوات مغناطيسية مختلفة. وأظهرت النتائج التحليلية ونتائج المحاكاة فعالية الخطوات المقدمة في تصميم منظومة ناقل قدرة حثي لاسلكي. وأظهرت نتائج المقارنة بأن الوسائد المقترحة منها وسادة (Hollow strings pad_M3) هي الأفضل من حيث التكلفة البالغة (\$79.4) وبمساحة (0.0688m²) وبوزن مقارب لوزن وسادة DD البالغة (3.23kg). فضلاً عن الكفاءة العالية للمنظومة (93.01%) عند فجوة مغناطيسية (105mm) وتأثرها الأقل بحالات عدم المحاذاة، إذ إن النسبة المئوية لإنخفاض معامل الاقتران عند عدم المحاذاة الأفقية والزاوية بلغت (10-27%) و(1.3-6%) على التوالي. وبالتالي الحد من حدوث ظاهرة الاقتران الصفري (Null). وأخيراً سعت الرسالة إلى بناء منظومة ناقل قدرة لاسلكي في

المختبر فُتِنِيت دوائر المغيرات المطلوبة ونفذت الوسائد المقترحة والمدروسة عملياً بغية التأكد من صحة النتائج المقدمة. وقد نقلت القدرة لاسلكياً عبر الوسادة الدائرية بنجاح وأظهرت النتائج العملية توافقاً مقبولاً مع نتائج المحاكاة بنسبة خطأ (9%) والتصميم بنسبة (4.4%).

Abstract

Wireless Power Transfer (WPT) technology has become very popular with researchers recently, and resonant inductive power transfer (RIPT) systems have become one of the most popular and effective WPT technologies for electric vehicle charging applications. Charging pads are the more important part of RIPT systems that form their wireless links and determine their performance in terms of magnetic coupling strength, efficiency, sensitivity to misalignment, safety, and weight and size factors. Therefore, charging pad design and study has become a more attractive focus for researchers and engineers to improve RIPT systems' performance. In this thesis, simplified design steps are presented to construct an SS-RIPT system with which electric vehicles can be charged wirelessly according to the standards specified in SAE J2954. A comprehensive analysis was presented to examine several charging pads, some of which have been mentioned in the literature, such as circular pads and Double-D pads. Some of them were proposed as ferrite string pads in this work, which are novel pads that were not mentioned in previous literature, and compared in performance and design to those mentioned above. The pads have been designed and simulated using ANSYS Maxwell software based on the 3D-FEA method and using MATLAB to simulate the entire system. The work focuses on designing a Level 2 WPT system (WPT2/Z1) and studying its performance at various magnetic gaps. The analytical and simulation results demonstrated the success of the steps presented for designing a wireless inductive power transfer system. The comparison results showed that the proposed pads as the Hollow strings pad_M3 are the best in terms of cost (79.4 \$), area

(0.0688m²), and approach weight to weight of DD pad (3.23kg). In addition to the high efficiency of the system (93.01%) at a magnetic gap (105mm) and its lower sensitivity on misalignment cases, as the percentage of decrease of the coupling coefficient when the horizontal and angular misalignment amounted to (10-27%) and (1.3-6%) respectively. Thus, reducing the zero couplings (Null) phenomenon. Finally, the work attempted to set up a WPT system in the laboratory thereby, and the necessary high-power high-frequency converter circuits were set up. The proposed and examined pads were implemented experimentally to check the validity of the results presented. The power was successfully transmitted wirelessly over a circular pad, and the experimental results showed acceptable agreement with the simulation with a percentage error (9%) and design (4.4%) results.

Ministry of Higher Education and Scientific Research

University of Mosul

College of Engineering



Wireless Power Transfer for Electric Vehicles Charging System

Marwan Hussein Mohammed Al Jarjary

M.Sc. Thesis

In

Electrical Engineering / Electrical Engineering

Supervised by

Dr. Yasir M. Y. Ameen

Dr. Ahmed A. S. Mohamed

2020 A.D.

1442 A.H.