

電気自動車の車輪を利用した路面からばね下受電コイルへの ワイヤレス給電機構に関する研究

Research on Novel Mechanism for Wireless Power Transfer from Road to Unsprung Receiver Coil on EV

学生証番号 47-186090 氏名 宇都 隆
(指導教員 堀 洋一 教授)

Key Words : Electric Vehicle, Wireless Power Transfer, Tire, Magnetic Circuit, CFRP

近年、電源の安全性に対する懸念とコードレスの利便性からワイヤレス電力伝送（Wireless Power Transfer : WPT）への関心が高まっている。特に磁界共振結合方式によるWPTは、数十cm程度の伝送距離において高効率な給電が実現可能なことから、様々な分野での応用が期待されている。なかでも電気自動車（Electric Vehicle : EV）へのWPTは最も注目されている技術の一つである。このコンセプトは路面に設置される送電コイルから磁界を介して各車輪に設置される受電コイルへのワイヤレス給電を行うというものである。EVはガソリン車と比べて環境負荷が低い等の利点から一層の普及が望まれるが、航続距離が短い、長時間の充電を要する等の問題が普及を妨げている。EVへのWPTによる走行中の給電が可能となれば、EVの抱える問題が解決されるだけでなく車載バッテリーの小型化、低コスト化も可能となり、EVの普及促進が期待できる。

EVへのWPTを社会実装するために解決すべき問題としては、路面と車体との間に金属が入り込む懸念が挙げられる。従来の給電機構は受電コイルを車体の底面に搭載するものであり、送受電コイル間に空間が存在する。そこに金属が入り込むと誘導加熱により金属が発熱するため、熱的な危険が生じるうえに給電効率が著しく低下する。この現象を防ぐ手段として、金属を検知した際に給電を停止する異物検知技術が検討されているが、宙空に存在する金属や給電中に入り込む金属の検知は技術的に困難である。

上記問題は、「EVの車輪を利用するタイヤ給電」により根本的な解決が期待できる。本給電機構はタイヤが常に路面と接触する点に着目し、給電機構にタイヤを組み込むことでコイル間に金属異物が入り込む懸念を払拭するものである。さらに、受電コイルをばね下に設置することで送受電コイル間のギャップを短縮、一定保持することが可能となり、給電効率の向上、安定化が期待できる。

本論文では、「EVの車輪を利用するタイヤ給電」という新たな給電機構を提案し、それらの実現可能性を実証するとともに社会実装に向けた設計指標の作成を目的とする。

本論文の第1章では研究背景を記述し、続く第2章では新たに提案する「EVの車輪を利用するタイヤ給電」について述べる。提案する4種類の構想をそれぞれ示し、その特徴や社会実装を考える際の課題について述べる。また、従来の給電方法である急速充電や接触式走行中給電、車体に受電コイルを搭載する走行中給電との比較を行い、タイヤ給電の優位性を示す。

提案するタイヤ給電では、「磁場がタイヤを鎖交する」という点が全構想において共通する。したがって、タイヤの影響により給電効率が大幅に低下する場合、提案する構想が成立しない懸念がある。そこで第3章では、実際に普及しているタイヤを用いて、タイヤがWPTに及ぼす影響の検証を行う。

続く第4章と第5章では、4種類のタイヤ給電構想のうち、技術的な観点から早期の社会実装が見込まれる2種類に対して行った研究について示す。第4章では「磁気回路を利用するタイヤ給電」に関して記述する。まず、ミニモデルを用いて給電効率の観点から実現可能性を検証し、次に設計指針の決定や設計時の性能評価の際に必要な相互インダクタンスのモデル化を行う。

第5章では、「インホイールコイルへのタイヤ給電」に関して記述する。まず、実現可能性の検討として炭素繊維強化プラスチック（Carbon Fiber Reinforced Plastic : CFRP）を含むホイール素材がWPTに及ぼす影響を検証する。次に、構造や密度によって物性が変化するCFRPの作製時やホイール素材探索時の設計指標の作成を目指し、給電効率に多大な影響を及ぼす電気伝導率に注目して「本構想成立のためにホイールの電気伝導率が満たすべき条件」を特定するために電磁界解析を行う。

第6章ではタイヤ給電について振り返り、本論文のまとめとする。