

走行中非接触給電のシステム提案

電気電子情報工学専攻
電力システム工学研究

MA15073 ほんだゆきもり
指導教員 藤田吾郎

1. はじめに

現在、世界中でガソリン車が移動手段として活躍しているが、排気ガスなどが環境に影響を与えている。そこで、化石燃料を使用しない電気自動車(EV: Electric Vehicle)などが開発された。しかし、ガソリン車と比較して航続距離が短いことや充電時間が長いことなどの課題があり、普及は約 14 万台とあまり普及が進んでいない状況である^[1]。そこで、走行中に充電することでこれらの課題を解決することにより、EV の価値を高め普及を促進することを目的とした「走行中非接触給電システム」の研究を行う。

2. 研究目標

走行中非接触給電システムは非接触給電自体の課題だけでなく、「電力系統への影響・変電設備やインバータなどの設備課題」といったインフラの課題も多く存在する。非接触給電が可能であっても導入が不可能では意味を成さない。そこで、実験や導入コストなどを参考にシステムを提案する。また、課金方法や使用するセンサも検討する。システムを決定することにより、電力系統へ与える影響などを検討することが出来る。

3. 走行中非接触給電と先行研究^[2]

走行中非接触給電とは、駐車時に非接触で充電を行う定置式非接触給電を発展させ道路に非接触給電装置(コイル)を埋め込み、走行中の EV へ給電を行い充電する方法である。無限距離を走行できる可能性を秘めた走行中非接触給電の開発により EV への期待を高まり普及を促進できる。本研究では 10kW のインバータを用いて非接触給電を行うことを目指している。

先行研究として韓国の大学(KAIST)の OLEV(On Line Electric Vehicle)がある。これは 100kW の出力で 20cm の伝送距離を 75%の効率でバスに給電できるものである。10km の区間の中に 500m の走行中非接触給電区間が 4 つあり、端に定置式の充電スポットがある。

4. 参考実験

走行中非接触給電システムを想定するために乾電池を電気二重層キャパシタ(EDLC: Electric Double-Layer Capacitor)に改造した LEGO トレインを使用し、デモンストレーション装置(以下デモ装置)を製作した。そのデモ装置を使い、参考実験として「デモ装置の速度変化による給電実験」「コイル形状比較実験」を行った。本稿では「コイル形状比較実験」を説明する。ここでデモ装置に使用した CQ 出版から販売されているオプション扁平コイル給電キットの詳細を表 1 に示す。

表 1 詳細

給電方式	電磁誘導方式
使用周波数	130kHz~200kHz
コイルのインダクタンス	12.1μH, 9.2μH
共振用コンデンサ	0.047μF
AC アダプタ	DC12V, 0.6A

4.1 コイル形状比較実験

丸型の直径の約 2 倍の長径の楕円型のコイルを製作し、丸型(12.1μH)と楕円型{以下中楕円(9.2μH)}の場合の給電実験の比較を行う。この実験は「コイルの形状を変えることによって長時間給電でき、コスト削減に寄与するシステムを考案する。」を目的としている。この実験では送電側と受電側に丸型コイルまたは楕円型コイルを使用し全部で 4 つのパターンの実験を行う。以下にパターンと実験条件を示す。また、送電回路 2 つで行った場合(a)と、送電回路 1 つで送電コイル 2 つを並列接続した場合の実験(b)を行う。図 1 に簡易実験回路図を示し、図 2(a)(b)にその実験のイメージを示す。

・実験パターン

- ① 丸—丸(送電側：丸, 受電側：丸)
- ② 丸—中楕円(送電側：丸, 受電側：中楕円)
- ③ 中楕円—丸(送電側：中楕円, 受電側：丸)
- ④ 中楕円—中楕円(送電側：中楕円, 受電側：中楕円)

・実験条件

- (i)EDLC 間電圧：4V または 3V, (ii)送電距離：約 3mm
(iii)コイル間距離：約 1mm または 3mm

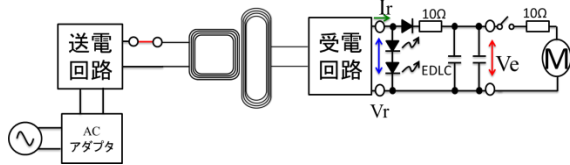
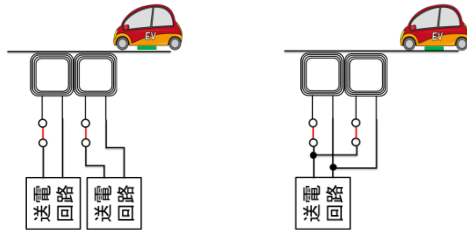


図1 簡易実験回路図



(a) 送電回路2つの場合 (b)送電回路1つでコイル2つを並列接続した場合

図2 実験のイメージ

本稿では最も有効受電電力量率が高かった②のパターンの(b)の場合についての実験結果を図3に示す。

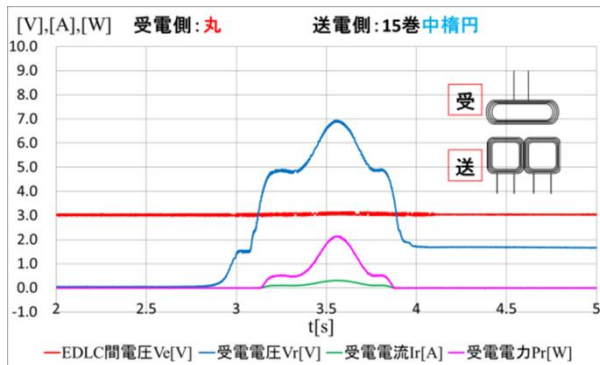


図3 実験結果

図3のグラフにおいてコイルの通過開始から通過終了までの時間で受電電力を時間で積分し、算出した値を有効受電電力量 W_1 とする。次にこの実験において2つの各コイルからの最大受電電力点で理想受電が出来ていると仮定した電力量を理想受電電力量 W_2 とする。この W_1 の W_2 に対する割合を有効受電電力量率とする。

4.2 考察

実用的な走行中非接触給電システムでは、各コイルから1kW以上の電力伝送を想定する。有効受電電力量率から受電電力の大きさによる受電電力量を比較し、受電電力の最適量を検討する。電力量は時間に依存するため100km/hと60km/hの場合で充電レーンを通過した場合を検討したが、本稿では60km/hで通過した場合を説明する。有効受電電力量率を基準として「10km区間を60km/hで走行するEVの理想的な1kW受電(0.167kWh)」

に当てはめ、3kWと5kWでも受電した場合の充電量を比較する。比較表を表2に示す。

表2 60km/hの場合(0.167kWh)

	有効受電電力量率	1kW受電 [kWh]	3kW受電 [kWh]	5kW受電 [kWh]
①丸—丸(b)	21.54%	0.03597	0.1079	0.1799
②丸—中楕円(b)	198.3%	0.3312	0.9936	1.656
③中楕円—中楕円(b)	19.50%	0.03257	0.09771	0.1629
④中楕円—丸(b)	69.75%	0.1165	0.3495	0.5825

ここで、「走行中非接触給電における充電量」の基準を考える。そこで基準として「電気自動車の走行消費電力とほぼ同等の電力を走行中に充電する。」を挙げる。EVは約1kWで10km程度走行できることを踏まえ、表2を見ると $0.9936\text{kWh} \div 1\text{kWh}$ 受電できる「②丸—中楕円(b)の3kW受電」から基準を満たすことが明らかになった。そこで、EVの速度に充電量が比例する事から「速度制限を設け、10kWのインバータから3つコイルを並列した丸—中楕円(b)の約3.3kW伝送(約3kW受電)」をシステムとして提案する。コイルを3つ並列する事によってインバータの数を1/3に減らすことができ、コストも抑えられる。

5. まとめ

有効受電電力量率を使った検討から、基準を満たすパターンを明らかにしたことにより、実用的な走行中非接触給電のシステムを提案した。

今後はこのシステムを基盤に、走行中非接触給電の課題である電力系統の影響などの検討を行う。

参考文献

- [1] 経済産業省報告書、「EV・PHVロードマップ検討会 報告書」<<http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160323002/20160323002-3.pdf>>, 2017/1/7
- [2] Seungyoung Ahn Pyo Suh, and Dong-Ho Cho, 'Charging up the road', Spectrum IEEE, Vol50, No4, pp48-54

研究業績

- Yukimori Honda, Goro Fujita, 'Preliminary Review of Electric Vehicle In-Motion Wireless Charging', in Proc. of International Conference on Electrical Engineering (ICEE) 2015, (2015-7, Hong Kong)
- 本田幸盛, 藤田吾郎, 松本哲明, ニュエンフックカイ, 干川晶大, 「走行中非接触給電システムの検討」, 平成28年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.380 pp.10-1-1~10-1-2, (2016-9, 福岡)
- Azreezal Zairee Bin Omar, Khai Phuc Nguyen, Yukimori Honda, Noriaki Matsumoto, Zur Ain Binti Hanafi, Akihiro Hoshikawa, Goro Fujita, 'Towards Japan's Future EV-Friendly Highway Concept With In-Motion Road-Embedded Wireless Chargers' SEATUC(2016)に投稿中