

直列接続コイルを用いた非接触給電システムの 共振コンデンサ方式・電源駆動方法の検討

今野 純也*、津田 和真、金子 裕良 (埼玉大学)、岸 洋之、保田 富夫 (櫛テクノバ)

Study about Resonant Capacitor Method and Power control of Wireless Power Transfer System
by Series Connected Coils

Junya Konno, Kazuma Tsuda, Yasuyoshi Kaneko, Hiroyuki Kishi, Tomio Yasuda (Technova Inc.)

1. はじめに

環境問題や石油依存度の軽減などの観点から電気自動車 (EV) やプラグインハイブリッド車 (PHV) が注目されている。EV には充電時間および航続距離という課題が存在する。走行中非接触給電システムはそれらの課題を解決し、電池容量の削減・車両価格を抑えることができる。位置ずれに優れた H 型ソレノイドコイル⁽¹⁾を用いて、これを地上側に複数並べた走行中非接触給電システムは、停車中給電システムとの共用も可能で有用である⁽²⁾。本稿では、地上側コイルを電源に直列接続した場合の給電特性について検討し、補償コンデンサ配置や電源駆動方式による違いを論じる。

2. 提案する走行中非接触給電システム

走行中非接触給電には、地上に埋設された架線やほぼ間隔ゼロで設置された複数コイルで誘起した磁束を車両側コイルでピックアップして送電する方式が提案されているが、埋設コストやメンテナンスに問題がある⁽³⁾。本研究では小型で位置ずれに強い H 型コアソレノイドコイル (図 1) を採用し、その磁極方向を進行方向とし複数の地上側コイルを間隔を開けて配置する (図 2)。これにより車載コイルへの給電電力が大きく変動することなく連続的な給電が可能となる。

<2・1> 地上コイルの直列接続 提案システムでは多数の地上コイルを設置する必要があるが、各コイルにそれぞれ電源を接続することや多数のスイッチを用いて駆動コイルを切り替えることはコストの面から望ましくない。一つの電源で複数のコイルを駆動する場合、車載コイルとの結合がないコイルの入力インピーダンスが小さくなることがある。これに対し図 3 に示す地上コイルの直列接続方式では、電源から見たコイルの入力インピーダンスは各コイルの入力インピーダンスの総和となるため、直列に接続されたコイルの内一つ以上が車載コイルと結合していれば地上コイル全体の入力インピーダンスが小さくならない。

<2・2> コンデンサ方式 非接触給電は結合係数が低く、漏れインダクタンスの補償のために共振コンデンサを用いるのが一般的である。その主な方式として SP (一次直列二次並列) 方式と SS (一次直列二次直列) 方式が存在する⁽²⁾。地上

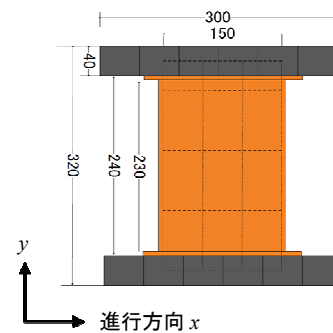
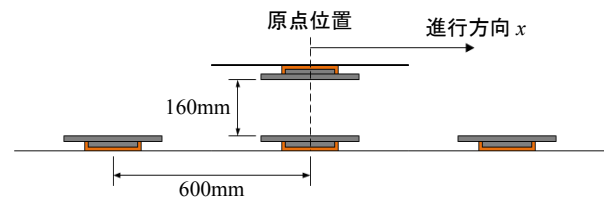
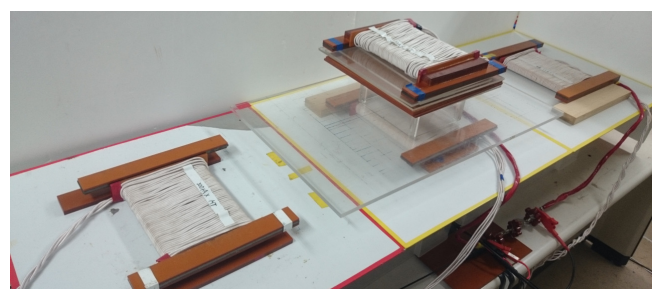


Fig.1. Outline of an H-shaped solenoid coil



(a) Outline of the proposal system



(b) Photograph of the proposal system

Fig.2. Proposal system

側コンデンサは SP/SS 両方式において電源出力力率を高める役割を持つが、車両位置の変化によって回路定数が変化するため、提案する走行中非接触給電システムにおける電源出力力率の特性を明らかにする必要がある。

3. 給電実験による検証

図 1 のコイル 3 個を地上側に使い、図 3 の SP と SS 両方式の回路構成で給電実験を行った。各コイルの背面には磁気遮蔽用のアルミ板 (600mm×600mm 厚さ 2mm) を設置し、

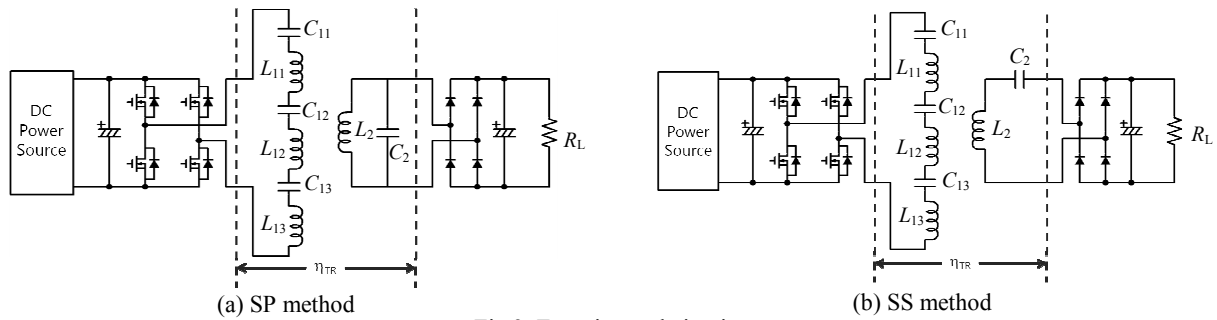


Fig.3. Experimental circuit

表 1 に示す実験条件において進行方向 x への位置ずれ特性を測定した。位置ずれ特性の測定において、真ん中の地上コイルの真上の位置を車載コイル位置 x の原点位置とした。車載側コンデンサ C_2 は車載コイルの自己インダクタンス L_2 と共振する値に、地上側コンデンサ C_1 は全ての位置ずれ測定範囲において電源出力が進相とならないような値とした。地上コンデンサ C_1 は実験中の過電圧を防ぐため、3 倍の容量をもつ 3 つのコンデンサ $C_{11} \sim C_{13}$ に分圧し各コイルと交互に接続した。

<3・1> 電源駆動方法の比較 図 4 は各コンデンサ方式および電源駆動における、車載コイル位置 x と負荷電力・トランス効率の関係である。定電圧駆動時は電源出力電流量の制約から、測定範囲を SP 方式では 800mm、SS 方式では 700mm とした。いずれの方式においてもトランス効率は地上コイルと車載コイルが正対する位置(0mm と 600mm)で高いがその変動幅は小さい。また各方式の間でそれぞれの位置における効率の差はほとんどない。定電流駆動では車載コイルが地上コイルと正対する位置で負荷電力が極大となり、定電圧駆動では車載コイルが地上コイルの間の位置にあるとき負荷電力が極大となっている。

<3・2> コンデンサ方式の比較 図 5 は各コンデンサ方式における定電流駆動時の電源出力力率の位置ずれ特性である。両コンデンサ方式ともに車載コイルが地上コイルと正対する位置で高力率、地上コイルの間の位置では低力率となっているがその変動幅は小さい。

4. まとめ

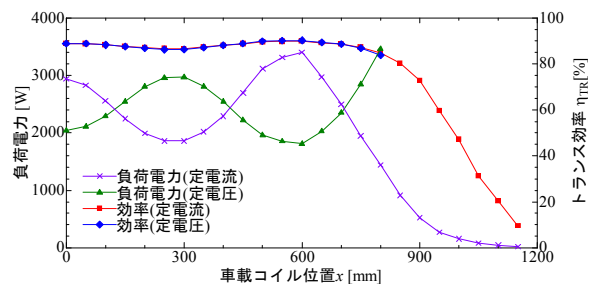
本稿では間隔を開けて複数配置した地上側コイルを直列接続する H 型ソレノイドコイル方式の走行中非接触給電システムの給電実験を行い、共振コンデンサ配置(SP/SS 方式)や電源駆動方式(定電流/定電圧)の違いによる給電特性、電源の容量及び力率への影響について示した。

文 献

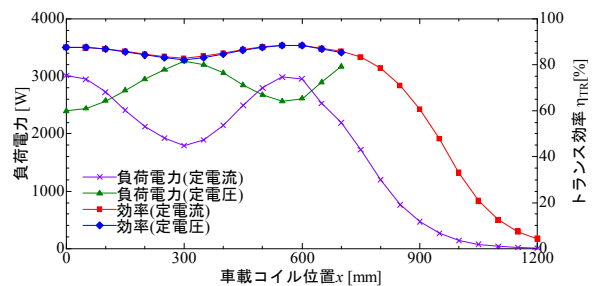
- (1) 千明,金子,保田他 電学論 D Vol.132, No.1 pp.9-16(2012)
- (2) 保田,大場,佐藤 自動車技術会 2014 年秋季大会 297-20145827
- (3) In-Soo Suh, "Innovative EV Charging with OLEV Technology and its Practical Applicability", ETEV-2012, October 2012

Table1 Experimental parameter

コンデンサ方式	SP	SS
電源周波数	85kHz	
地上コイル間隔	600mm	
磁気 gap	160mm	
地上コイル巻数	各 14T	
車載コイル巻数	4T	14T
地上コンデンサ C_1	0.0171 μ F	0.0173 μ F
車載コンデンサ C_2	0.583 μ F	0.0493 μ F
負荷抵抗 R_L	50 Ω	10 Ω



(a) SP method



(b) SS method

Fig.4. Measured Supplied Power and η_{TR}

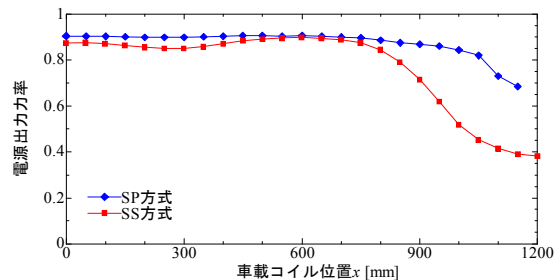


Fig.5. Measured Power Factor of Power Source output