

# 高効率化と出力電圧安定化を両立した非接触給電装置に関する検討

太田佑貴, 有賀暢幸, \*宮原敏, 佐藤文博, \*松木英敏  
(東北大学大学院工学研究科, \*東北大学大学院医工学研究科)

Compatibility with High Efficiency and Output Voltage Stabilization on Wireless Power Transfer

Y. Ota, N. Aruga, \*S. Miyahara, F. Sato, \*H. Matsuki

(Grad. Sch. of Eng., Tohoku Univ., \*Grad. Sch. of Biomed. Eng., Tohoku Univ.)

## はじめに

電磁誘導を用いた非接触給電技術は、携帯機器や電気自動車、医療・ヘルスケア機器等、幅広い機器への応用が期待されている。本技術が対象とする機器の多くは定電圧電源を要求するため、充電状態の変化等により負荷変動が生じても出力電圧が安定していることが求められる。これまでの研究<sup>2)</sup>においては、送電コイルを定電流駆動とした場合の出力電圧安定化手法について考察を行ってきたが、対象機器によっては、回路規模等の観点から送電側も一般的な定電圧駆動であることが求められる場合がある。そこで今回は、LCブースタ方式<sup>3)</sup>を活用し、高効率な非接触給電と出力電圧の安定化を両立する方法について検討を行った。

## 検討内容

給電中の負荷状態はバッテリーの充電状態や機器の動作状況によって数 $\Omega$ ~ $\infty$ まで大きく変化するため、効率と負荷端電圧の両方について負荷特性を検証する必要がある。本検討では、携帯機器やヘルスケア機器への給電を想定したコイル(外径40 mm, 20 turn)を試作し、そのコイルパラメータを用いて負荷変動による負荷端電圧と効率の変化を直列共振、並列共振、LCブースタの各方式で回路シミュレータにより確認した。

## 検討結果

負荷変動と出力電圧の関係を Fig. 1, 負荷変動と効率の関係を Fig. 2 に示す。Fig. 1 より、直列共振に比べて、並列共振形やLCブースタ型は出力電圧の変動範囲が小さくなるのがわかる。一方 Fig. 2 より、直列共振とLCブースタ方式が重負荷領域で効率最大であり、並列共振型は軽負荷でピークを迎えることがわかる。一般に非接触給電装置を設計する際には、電力消費が大きい重負荷時に効率が高くなるよう調整されるため、効率の観点からは直列共振またはLCブースタ方式を選択したほうが有利であるといえる。以上より、直列共振同様の効率特性を持ちながら出力電圧変動が抑えられる、LCブースタ方式の活用が有効であることが示された。引き続き他のマッチング方式の活用などについて考察を深めていく。

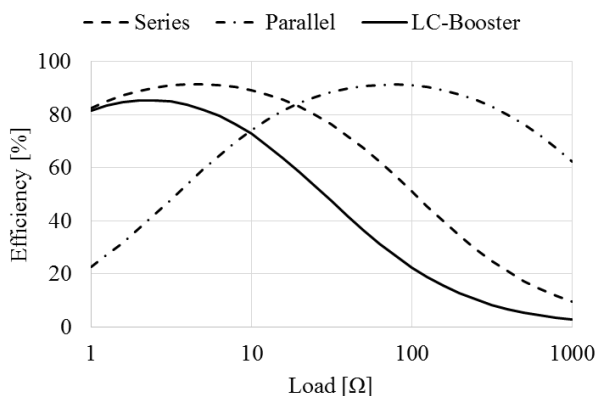


Fig. 1 Load - Efficiency Characteristics

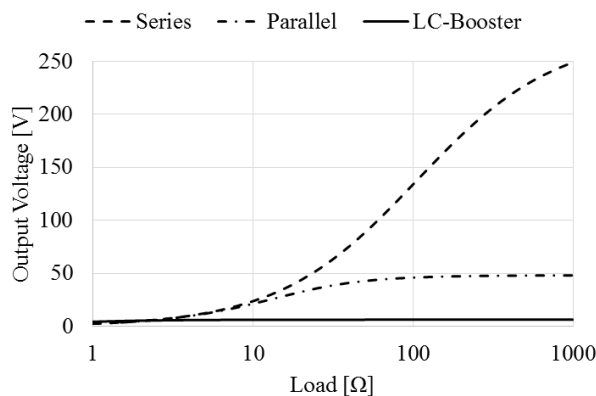


Fig. 2 Load - Output Voltage Characteristics

## 参考文献

- 1) 松木, 高橋: ワイヤレス給電技術が分かる本, pp.82-91, 131-140 (2011)
- 2) 太田, 田倉, 佐藤, 佐藤, 松木: 平成 24 年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集, 2G24(DVD) (2012)
- 3) Y. Ota, T. Takura, F. Sato, H. Matsuki, T. Sato, T. Nonaka: *IEEE Trans. Magn.*, **47**, pp.4235-4237 (2011)

# EV 用走行中非接触給電システムにおける 電力給電時の効率改善に関する検討

有賀暢幸, 宮原敏, 佐藤文博, 松木英敏  
(東北大学)

A study on efficiency improvement during power supply for Contactless Electric Vehicle Charge on Moving  
N. Aruga, S. Miyahara, F. Sato, H. Matsuki  
(Tohoku Univ.)

## はじめに

現在, 環境負荷が小さい EV (電気自動車) に注目が集まっているが, 航続距離と充電時間の最適な関係を成立させることが重要な課題となっている. そこで, 我々は当初より走行中に非接触で車両に給電を行うことを提案し, スケールモデルにおける種々の検討を行ってきた<sup>1)</sup>. しかし, 実際に走行中非接触給電を行う場合には, 負荷に合わせた整合回路の設計と, kW 級の電力を給電する必要があり, それに付随する問題を解決する必要がある. そこで本検討では, 整合回路として LC ブースタ方式<sup>2)</sup>を用い, 併せてシールド材として送受電コイル背面に磁性体を装着させた際の電力上昇に伴う効率変化に関する検討を行った.

## 検討方法

送電コイル ( $L_1$ ), 受電側 LC ブースタコイル ( $L_2$ ), 負荷整合を行うための受電側ピックアップコイル ( $L_3$ ) を Fig. 1, Table. 1 の様に設計した. 送電コイルには走行方向に安定的に給電可能なレーン状長方形コイルを用い, LC ブースタコイルは普通乗用車に車載可能な仕様を満たす外径 500 mm, 15 turns の円型スパイラルコイルとし, ピックアップコイルは外径 200 mm, 10 turns とした. 整合回路は, バッテリ及びモータの想定負荷として, 50  $\Omega$  で最大効率を得られるよう設計を行った. また, 磁性体には MnZn 系フェライトを用い, コイル間ギャップを 100 mm, 周波数を 100 kHz とし各入力電圧における効率の負荷特性を測定した.

## 実験結果

Fig. 2 に実験結果を示す. 出力電力が低い場合は計算結果とほぼ一致していることがわかるが, 出力電力が大きい状態では, 効率低下が著しい事がわかる. 更に最大効率を与える負荷 (最適負荷) が入力電圧を上昇させることにより重負荷へと遷移していることが分かる. これは, 電力増加に伴い伝送系のパラメータが変化したためであると考えられる. 今後は電力規模を大きくした際に生じる効率低下をより抑えるコイル設計・磁性体の配置方法について検討を行っていく.

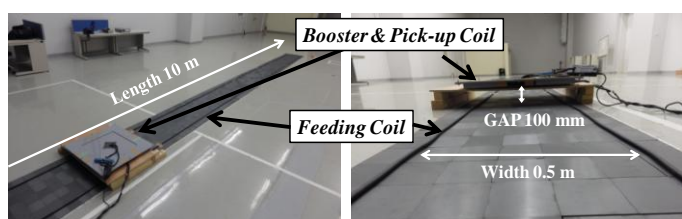


Fig. 1 Figure of Coil configuration

Table. 1 Coil Specifications at 100 kHz

	Feeding	Booster	Pick-up
Inductance $L$ [ $\mu\text{H}$ ]	33.1	176.5	25.4
Resistance $r$ [ $\Omega$ ]	0.20	0.20	0.05
Coupling Factor $k$		0.07	0.3

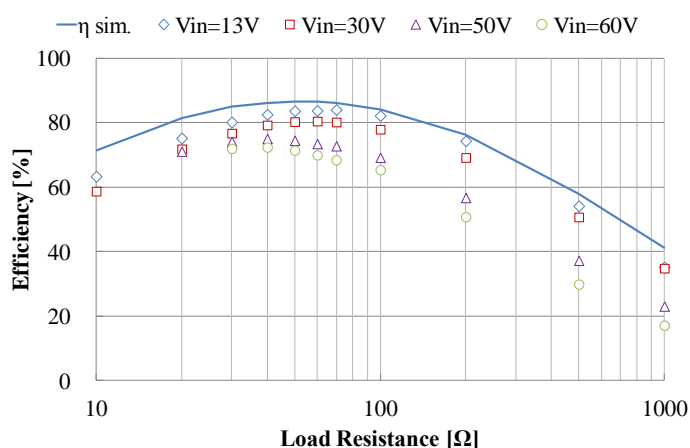


Fig. 2 Load characteristics of efficiency at each Input Voltage

## 参考文献

- 1) F. Sato, J. Morita, T. Takura, T. Sato, and H. Matsuki : *J. Magn. Soc. of Jpn.*, 36, 249-252 (2012)
- 2) T. Takura et al.: *J. Magn. Soc. of Jpn.*, 35, 132-135 (2011)

# マルチ周波数バンド型電磁界共振式 WPT システムの提案

土井 達也  
(足利工業大学工学部)

Proposal of electromagnetic resonant coupling type WPT using multi-frequency band

DOI Tatsuya  
(College of Engineering, Ashikaga Institute of Technology)

## はじめに

近年、比較的高い周波数のスイッチング電源を用いた電磁界共振式ワイヤレス給電 (WPT) が検討されている<sup>(1)</sup>。スイッチング電源は電源高調波成分による漏洩磁界や放射磁界の対策が必要になる。電磁界共振式では、システムの共振周波数成分が支配的となって他の周波数成分は受電側負荷にほとんど供給されない。

本稿では、複数の周波数成分を利用した電磁界共振結合式 WPT を提案し、基礎検討を行なう。提案システムを示し、電源高調波成分を使ったワイヤレス給電への応用について述べる。

## 提案システム

本稿では、複数の周波数成分を同時給電可能な WPT システムの構築を目的とする。Fig.1 に提案 WPT システムの概念図を示す。1 次側電源からは高調波成分または多周波数成分をもつ交流電圧が供給される。Fig.1 のシステムは単一の共振周波数をもつ送受電デバイスを複数セットもち、送電及び受電デバイスは 1・2 次側でそれぞれ並列接続されている。各セットの送受電デバイスには、それぞれの共振周波数近傍の電流が流れやすくなる。

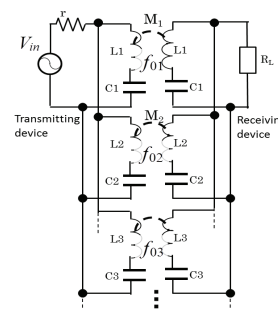


Fig. 1. Concept of resonant coupling type WPT with multi-frequencies.

## 提案法の応用

一般に、電磁界共振式では単一の共振周波数をもつ LC 共振コイルを送受電コイルに使用される。このため、電源高調波成分の電力は受電側に供給されにくく、効率を下げの一要因となっている。本稿では、電源高調波成分を使ったワイヤレス給電に提案システムを応用した例を示す。

本稿では、基本波成分と第 3 高調波成分を給電する 2 組の送受電デバイスをもつ WPT システムの例を示す。Fig.2 に、意図的に高調波成分を含むよう設計した 1 次側の電源電圧波形を示す。

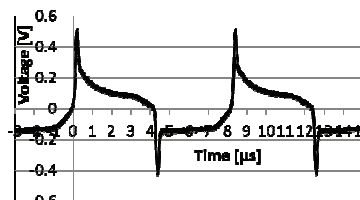


Fig. 2. Voltage waveform of primary power supply [2].

Table 1 に、基本波成分と第 3 高調波成分を給電する送受電デバイスの電圧波形の周波数分析結果をそれぞれ示す。Table 1 の結果から、共振周波数 120kHz の送受電デバイスでは第 3 高調波成分 360kHz も含まれるが、基本波成分 120kHz が大きく効率が高い。一方、共振周波数 360kHz の送受電デバイスでは基本波成分は皆無(ノイズレベル)であり、第 3 高調波成分が支配的で変換効率が高い。第 5 高調波成分 600kHz も受電側に給電されている。結果として、Table 1 は提案システムによって、周波数分割給電が可能であることを示す

Table 1. Measured voltages.

A set of transmitting and receiving coils with $f_0=120\text{kHz}$ [dB $\mu$ VB]		
120kHz component	Primary	29.6
	Secondary	26.8
360kHz component	Primary	27.1
	Secondary	21.8
A set of transmitting and receiving coils with $f_0=360\text{kHz}$ [dB $\mu$ VB]		
120kHz component	Primary	22.4
	Secondary	23.1
360kHz component	Primary	56.6
	Secondary	43.5
600kHz component	Primary	30.6
	Secondary	26.9

## 参考文献

- 1) 細谷達也：信学技法，WPT2013-16 (2013)
- 2) 松坂駿也：平成 25 年度足利工業大学卒業論文 (2014)

## マルチデバイス方式ワイヤレス給電システムの伝送コイル形状の検討

古里洸一、野中崇、田倉哲也\*、佐藤文博\*\*、松木英敏\*\*  
 (八戸工業高等専門学校、\*東北工業大学、\*\*東北大学)

A study on transmission coil in multi-device type wireless transmission system

K. Furusato, T. Nonaka, T. Takura\*, F. Sato\*\*, H. Matsuki\*\*  
 (Hachinohe Nat. Coll. Tech., \*Tohoku Inst. Tech., \*\*Tohoku Univ.)

## 序論

近年、モバイル機器の普及が著しいものとなっている。そこでモバイル機器の充電に関する利便性を向上することが求められる。これらの問題を解決する技術のひとつにワイヤレス電力伝送技術がある。給電システムには給電ステーション上のどの場所にモバイル機器をおいても、電力伝送効率と機器の受電電圧が安定することが要求される。しかし、送電コイルと受電コイルの位置関係のずれが生じることによって、結合係数が変化するため、結果的に電力伝送効率や受電電圧の変動を招く。よって本研究では、送受電コイル間の結合係数の分布がコイルの位置関係によって変化しないための最適な1次側送電コイル形状を検討した。

## コイルの作成と評価

送受電コイル間の結合係数の理論計算<sup>1)</sup>を行い、送電コイルの形状の最適化を行った。送電側の複数巻円形ステーションコイルを複数の円形コイルの組み合わせとして近似して、過去に検討されたコイル<sup>2)</sup>の大きさ、巻数を変更せずに形状を改良した。最適化対象のモバイルコイルは半径20mmのものを使用し、送受電コイル間の距離は6mmとした。提案したコイルの外観をFig. 1に示す。Fig. 1のコイルを用いて空心での結合係数分布の測定を行った。コイルの横ずれによる結合係数の変化量は改良前より小さくなり、結合係数の位置特性の改善がコイル形状の変更によって可能であるといえる。

効率の改善のためにフェライト挿入する場合を考慮し、電磁界シミュレータ Maxwell 3D を用いて、コイル中心軸が一致した状態での結合係数と受電コイルサイズとの関係を検証した。シミュレーション条件は前述のコイルを用い、受電コイル半径を20mmから50mmまで検証を行った。Fig. 2にその結果を示す。グラフ内の $k_a$ は空心での、 $k_f$ はフェライトを使用した場合の結合係数をそれぞれ示している。フェライトによる変化率は空心に比べ120%程度の一定の値で推移していたことから、空心での理論計算結果に120%程度の比を乗じることでフェライトを設置した場合の特性についてもおおそ得ることができる。

## 参考文献

- 1) 古里洸一、野中崇、田倉哲也、佐藤文博、佐藤忠邦、松木英敏:マルチデバイス方式ワイヤレス電力伝送の送電コイルの数値解析, 平成25年度電気関係学会東北支部大会講演論文集 (2013)
- 2) T. Futatsumori, T. Nonaka, T. Tetsuya, F. Sato, T. Sato, and H. Matsuki: Contactless Power Transmission System of Station-type Charger in Mobile Device, J. Magn. Soc. Jpn., 36, pp. 131~134 (2012).



Fig. 1. Proposed station coil in supply side.

(Left side : Primary coil. Right side : Secondary coils)

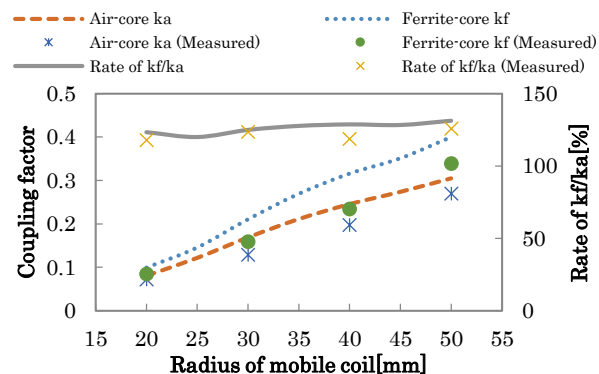


Fig. 2. Effect of coupling factor by ferrite.