

〔招待公演〕 EV・PHV 向けワイヤレス給電システムの概要・開発動向と今後の課題

漆畑 栄一[†]

[†] パイオニア株式会社 〒212-0031 神奈川県川崎市幸区新小倉 1-1

E-mail: [†] eiichi_urushibata@post.pioneer.co.jp

あらまし 昨今の環境対応において PHV, EV などの自動車に対する期待が急速に高まっている。これらを支える充電インフラとして電磁誘導方式のワイヤレス給電技術は、最も早い段階での実用化が可能な技術の一つとして有望視されている。この技術を使用したワイヤレス給電システムについて研究開発の取り組みを説明する。

キーワード EV PHV, 非接触給電, ワイヤレス給電システム

General outline of wireless charging system for EV/PHV as well as its development trend and the future.

Eiichi URUSHIBATA[†]

[†] PIONEER CORPORATION 1-1 Shinogura Saiwai-ku Kawasaki-shi Kanagawa, 212-0031 Japan

E-mail: [†] eiichi_urushibata@post.pioneer.co.jp

Abstract Nowadays, new energy vehicles such as EV and PHV are expected to play a crucial role in environmental sustainability. Electromagnetic induction type of wireless power transmission system is considered as one of the most feasible and promising technical solutions for battery charging infrastructure, which can be put into practical use in the near future.

This report describes the research and development effort of the wireless power transmission system.

Keyword EV and HV systems, onboard charging system, Wireless charging system

1. はじめに

昨今の環境対応においてプラグインハイブリッド自動車や電気自動車などに対する期待が急速に高まっている。これらを支える充電インフラは、現状プラグを使用したケーブルでの充電を AC で行う家庭用充電や、出かけ先などで 30 分以内に SOC 80% まで行う DC の急速充電方式が普及しつつあるが、利便性に関しては課題が残る。その解決手段の一つとして昨今ワイヤレス給電システムの研究開発が進められており、この方式ではケーブルを接続することなく簡単に充電を行う事が可能となる。その中でも電磁誘導方式のワイヤレス給電技術は、過去様々な製品に応用されてきており、最も早い段階でプラグインハイブリッド自動車や電気自動車に対する実用化が可能な技術として有望視されている。本報ではこの技術を使用したワイヤレス給電システムについての研究開発に関する取り組みを報告する。

2. 充電システム

現在自動車会社各社から発売されている電気自動車には、家庭において使用される 100V / 200V

での充電を可能とする充電器が車両に搭載されている。また外出先などで短時間での充電を可能とする急速充電の両方に対応できる仕様が提案されている。(図 1) 一方で利便性の向上を一つの目的として、ワイヤレス給電の研究開発が昨今急速に進められている。ワイヤレス給電システムの方式には電磁誘導方式、共鳴方式、マイクロ波方式の 3 方式の検討が主として行われている。(表 1)

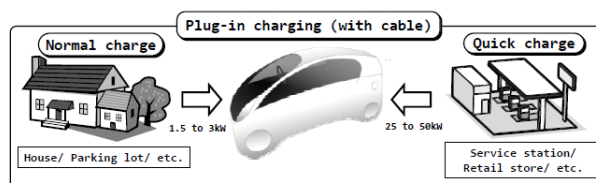


Fig. 1 Plug-in Charging System

	Advantage	Disadvantage
Electromagnetic Induction	Efficiency Transmitted Power	Distance power transmission
Magnetic Resonant	Distance power transmission	Transmitted Power
Microwave	Distance power transmission	Efficiency

Table.1 Wireless charging System Method

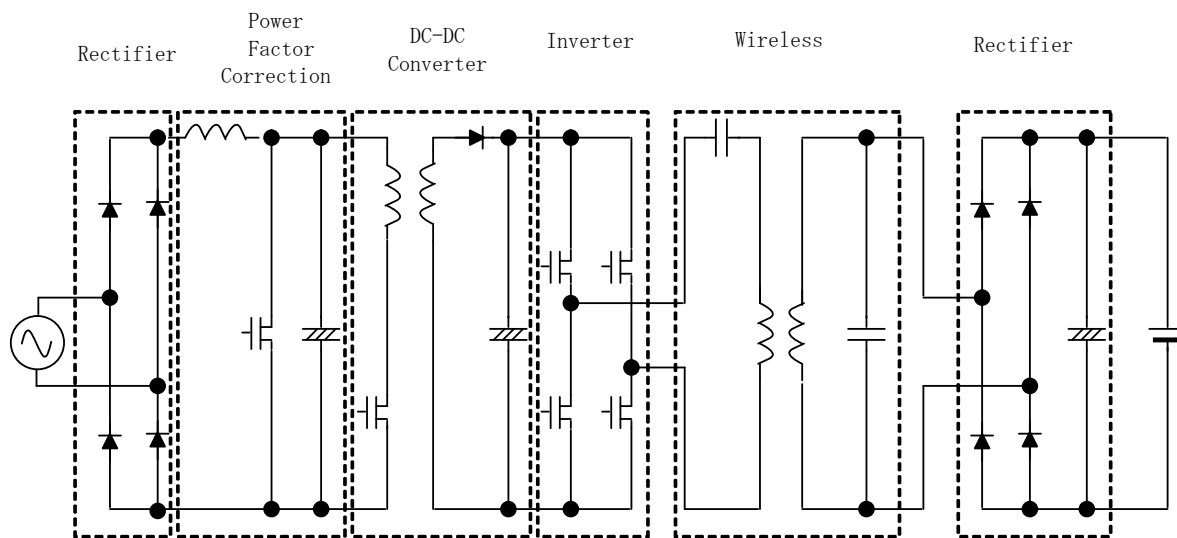


Fig.2 Wireless Charging System Circuit Diagram

電磁誘導方式は動作周波数が高くないため、一般的な半導体を使用出来ることや、表皮効果、近接効果などの影響が比較的低いため伝送電力量を大きく取る事が出来且つ効率も高い。しかしながら他の方式と比較すると電力伝送距離はあまり大きくとれない。

共鳴方式はQ値を極限まで高めた状態での電力伝送を行うため、過去ISMバンドを想定した動作周波数の検討がなされていた。このため電力伝送距離に対する効率の低下が少ない。その反面その動作周波数から効率や電力伝送量を大きくすることが難しい。昨今はその動作周波数を下げつつ共鳴の長所が得られる方向での開発も行われている。

マイクロ波方式は使用する動作周波数から、使用可能なデバイスが限られており現時点では効率を上げる上での課題が大きい。

3. ワイヤレス空電システム

3.1.電磁誘導方式のシステム構成

電磁誘導方式のワイヤレス給電システム構成の一例を図2に示す。

図2の例では家庭において使用される単相100V~240Vの交流を整流器、力率改善回路を用いて直流化しその後コンバータ(図3)で電力制御を行いフルブリッジインバータを用いて高周波電流に変換し一次側のコイルを駆動している。一次側コイルから伝送された電力は二次側のコイルに伝達され全波整流回路を介して直流に変換され負荷に供給される。

また本システムの仕様としてはAC100V~240Vの単相入力によって、3KWの出力を位置ずれを含めた条件で80%以上の総合効率を実現している。(表2)

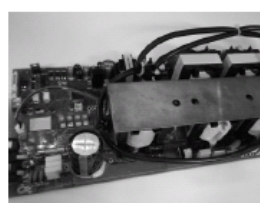


Fig.3 Converter

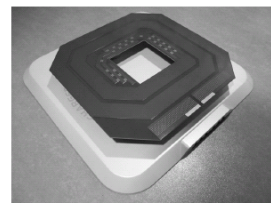


Fig.4 Coil

Table.2 Specification

Output voltage	~450V (rectifier output)
Output current	7A (rectifier output)
Rated power	3.0kW (Min)
Rated power factor	95% and above
Efficiency	80% and above (Total efficiency)
Input power	AC100 to 240V, Single phase 50/60Hz

3.2.金属皮膜コイル

図4に金属薄膜で形成したコイルを示す。

システムの高効率化のためにはコイルの抵抗による熱損失を低減する必要がある。一般的には高周波での表皮効果や近接効果を考慮しリッツ線で構成されるものが多かったが、薄型化が困難、製造工数の増加、特性値がばらつく等の問題があった。これら問題を解決するため金属薄膜のコイルを開発した。100kHzの銅の表皮深さが約210μmであるため今回はそれ以上の厚銅箔を使用した。また、金属薄膜上にスパイラル状のコイルを形成した際、高周波になるほど近接効果の影響が大きかったため、それらを改善する為のパターン形成を施し高周波抵抗成分の低減を図った。

Table.3 Efficiency

GAP	Misalignment	AC input	Inverter input	Output	Total Efficiency	DC to DC Efficiency	Inverter input		Output		
							Voltage	Current	Voltage	Current	Z
(mm)	(mm)	(W)	(W)	(W)			(V)	(A)	(V)	(A)	(Ω)
100	0	3300	2996	2802	84.9%	93.5%	401	7.5	322	8.7	37
100	100	3300	3004	2686	81.4%	89.4%	381	7.9	315	8.5	37
100	125	3300	3000	2549	77.2%	85.0%	388	7.7	306	8.3	37
150	0	3300	3002	2654	80.4%	88.4%	381	7.9	313	8.5	37
175	0	3300	3004	2547	77.2%	84.8%	397	7.6	307	8.3	37

3.3.システムの特性

(1) 効率

金属薄膜を用いたコイルを使用した際の効率を表3に示す。

標準状態をギャップ長100mm、位置ずれ0mmとしてギャップ長を変化させた場合及び位置ずれを変化させた場合の特性を測定した。ギャップ長を100mmと固定し、位置ズレを0mmから100mm、125mmと変化させた場合のインバータ効率を含めたコイル間効率は、93.5%、89.4%、85.0%と減少している。

同様に位置ずれを0mmと固定し、ギャップ長を0mmから150mm、175mmと変化させた場合のインバータ効率を含めたコイル間効率は、93.5%、88.4%、84.8%と減少している。またギャップ長を100mmと固定し、位置ズレを0mmから100mm、125mmと変化させた場合の総合効率は、84.9%、81.4%、77.2%と減少している。同様に位置ずれを0mmと固定し、ギャップ長を0mmから150mm、175mmと変化させた場合の総合効率は、84.9%、80.4%、77.2%と減少している。本開発品は電磁誘導方式を採用したワイヤレス給電システムのため、ギャップ長や位置ずれが大きくなると結合係数kが低下し効率が悪化していることを示している。(図4)

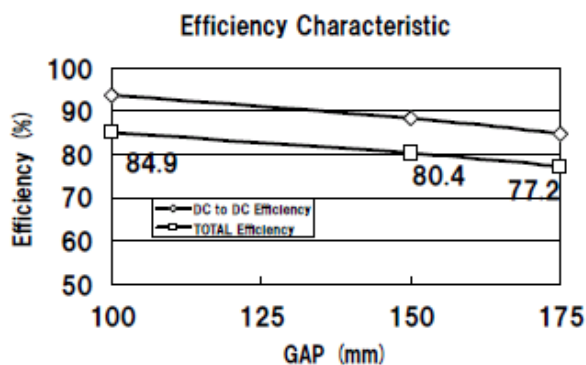


Fig.4 Efficiency Characteristic

(2) 漏洩電磁界

電磁誘導によるワイヤレス給電システムにおいては、コイル及びその近傍で漏洩電磁界が存在するため、充電中の生体への影響が心配される。生体が強い電磁界にさらされた場合、電磁界のエネルギーによる神経への刺激作用（主に100kHz以下）や生体深部への熱作用（主に100kHz以上）などが生じることが明らかになっており、国際的なガイドラインとしてICNIRPガイドラインが制定されている。2010年改訂版では100kHzまでで27μTという制限値になっており、安全性を確保するため確実にこの基準を満たす必要がある。

現在開発のワイヤレス給電システムの漏洩磁界強度の測定値を図5に示す。

測定条件としては2700W出力、ギャップ長100mm、位置ずれ0mm、周波数90kHzとしている。27μTのラインがコイル中心から400mm程度の位置にあり、一般的な車両であれば車幅以内に納まるレベルである。コイル間ギャップの変化や位置ずれ等も考慮し、漏洩電磁界の特性を把握した上で車両の登載位置を決定する必要がある。

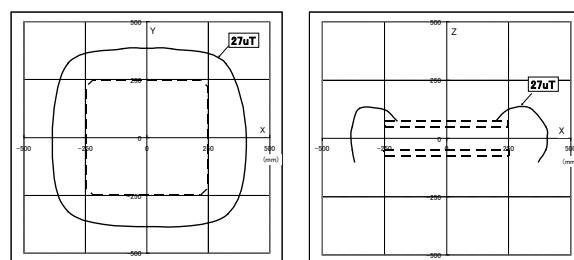


Fig.5 Electromagnetic Fields

またワイヤレス給電システムの漏洩電磁界に関しては、ICNIRPのガイドラインへの基準を満足することのみならず、心臓ペースメーカーや金属製人工器官などへの電磁干渉やそれらの機器への様々な影響に関しても十分な配慮が求められる。

(3) 金属異物

電磁誘導によるワイヤレス給電システムにおいては、もう一つの課題として金属異物の問題がある。ワイヤレス給電システムの電力電送部のコイル間に金属異物が入ると、金属表面に渦電流が発生し発熱するため、やけどや発火等の危険性の懸念がある。表4にコイル上に置いた金属試料の温度上昇値を示す。透磁率が高く、抵抗率の高い素材の発熱が大きいことが分かる。また、同一素材でも面積が大きいほど渦電流のループが大きくなり熱損失が大きいことが分かる。また、発熱以外にもコイル状の金属異物が入った場合、起電力が発生し感電するという可能性もある。

そのためワイヤレス給電システムの電力電送部のコイル部及びその近傍の金属異物検知を行い、異物が入った際には電力電送を停止する必要がある。携帯電話向けワイヤレス給電システムなどの電力伝送量の比較的小さなシステムであれば、効率の低下やコイル電流の変化で異物の検出が可能であると思われるが、自動車向け充電システムは送電電力が大きく、その金属異物による効率や電流の変化量の割合が小さいため金属異物として検知することは難しい。そのため現在、各種センサ類を応用した独自の自動車向けワイヤレス給電用途の検知システムの開発を行っている。

Table.4 Temperature Excursions

Material	Size (mm)	ΔT (°C)
アルミ (A5052)	50×50 t 1.0	14
銅	50×50 t 1.0	6
鉄 (SPCC)	50×50 t 1.0	160
鉄 (SPCC)	25×25 t 1.0	80

(Output : 1.0kW Frequency : 90kHz)

4. まとめ

本報では電磁誘導方式を用いたワイヤレス給電システムを容易に実現しうる金属薄膜で形成したコイルを提案し、その電力伝送効率及び漏洩電磁界に関する特性を調査した。また電磁誘導方式のワイヤレス給電に関する全体システムを開発し、そのギャップ長の変化や位置ズレに関する総合電力伝送効率やコイル間電力伝送効率に関する調査を行った。今後はプラグインハイブリッド自動車や電気自動車への早期搭載を考慮し、更なる電力伝送効率向上を目指して、共振回路の構成や、エネルギー制御を行うブロックの配置に関する検討を行い、高効率な電力伝送ができる全体システムの提案も行っていく予定である。

文 献

- (1) 居村岳広・岡部浩之・内田利之・堀洋一 : 「共振時の電磁界結合を利用した位置ずれに強いワイヤレス電力伝送」, 電学論 D, Vol.130, No.1, pp.76-83 (2010年).
自動車太郎 : 学術講演会前刷集におけるテンプレートの作成, 学術講演会講演規定, Vol.100, No.1, p.1-4 (2004).
- (2) 保田富夫・井田和彦・阿部茂・金子裕良・鈴木明・山之内良一 : 「非接触給電システム (第2報)」
自動車技術会周期学術講演会 261-20105612 (2012).
- (3) 居村岳広・岡部浩之・内田利之・堀洋一 : 「等価回路から見た非接触電力伝送の磁界結合と電界結合に関する研究」, 電学論 D, Vol.130, No.1, pp.84-92 (2010年).
- (4) 居村岳広・岡部浩之・小柳拓也・加藤昌樹・ベアテック チュアン・大手昌也・島本潤吉・高宮真・堀洋一 : 「kHz~MHz~GHz における磁界共振結合によるワイヤレス電力伝送用アンテナの提案」, 電子通信学会総合大会, 通信講演論文集 1, S-24-25 (2010年).
- (5) 小丸堯・小泉正剛・小紫公也・荒川博義・柴田貴行・加納一彦 : 「高Q値アンテナによる強結合共鳴を用いた無線電力伝送」, 平成21電気学会産業応用部門大会, II-363 (2009).