

二次側電圧制御を用いた最大効率制御に基づくワイヤレス電力伝送システムの電力設計

Power Design of Wireless Power Transfer System Based on Maximum Efficiency Control by Secondary Voltage Control

畑 勝裕¹ 居村 岳広¹ 堀 洋一¹
Katsuhiko Hata Takehiro Imura Yoichi Hori

東京大学 新領域創成科学研究科¹
Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

1 はじめに

磁界共振結合によるワイヤレス電力伝送の電力伝送効率は送受電コイルの結合状態と負荷によって変化し、ある結合状態において効率最大となる二次側電圧が存在する [1]。また、変動する負荷に対して最大効率を維持するため、DC-DC コンバータを用いた二次側電圧制御による最大効率制御が提案されている [1,2]。しかし、給電電力に関する検討はなされていなかった。

本稿では、最大効率制御を適用したワイヤレス電力伝送システムにおいて、所望の供給電力を実現する一次側電圧の設計手法を提案し、実験による検証を行う。

2 最大効率制御に基づくシステム設計

本研究では、送受電コイルと共振コンデンサをそれぞれ直列に接続した SS 方式の送受電器を用いる。また、最大効率制御を実現するため、二次側に整流器と DC-DC コンバータが接続し、図 1 のシステムを構成する。

ワイヤレス電力伝送における二次側電圧が

$$v_2 = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \frac{\omega_0 L_m}{\sqrt{R_1 R_2 + (\omega_0 L_m)^2 + \sqrt{R_1 R_2}}} v_1 \quad (1)$$

であるとき、電力伝送効率が最大となる [1]。各記号は図 1 に示す通りである。整流後の平滑コンデンサの容量が十分であり、二次側電圧波形が矩形波とみなせる場合、整流後の二次側電圧は $v_{2dc} = v_2$ として扱えるため、(1) 式を満たすように二次側電圧制御を適用する。このとき、整流後の二次側電流の平均値は

$$i_{2dc} = \frac{8}{\pi^2} \frac{\omega_0 L_m v_1 - R_1 v_{2dc}}{R_1 R_2 + (\omega_0 L_m)^2} \quad (2)$$

と求められる [2]。

最大効率制御が適用されるとき、給電電力 P_L は (1)、(2) 式の積であるため、 $P_L = f(v_1)$ と表せる。従って、所望の給電電力 P_L^* より、一次側電圧を設計すればよい。

3 実験

図 1 のシステムにおいて最大効率制御を適用し、一次側電圧を変化させた場合の給電電力を測定する。また、(1)、(2) 式を用いた理論値との比較により、設計手法の有効性を検討する。送受電器の特性値は表 1 に示す通りであり、電源周波数は 99.6 kHz、各伝送距離における相互インダクタンスはそれぞれ 83.3, 56.8, 40.1 μH である。

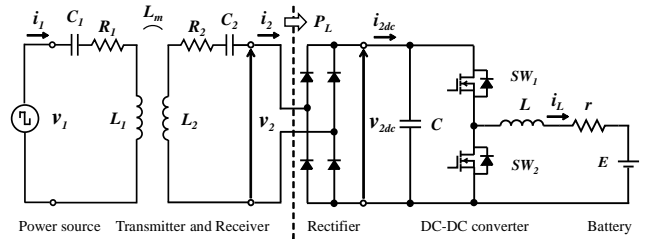


図 1 ワイヤレス電力伝送システム

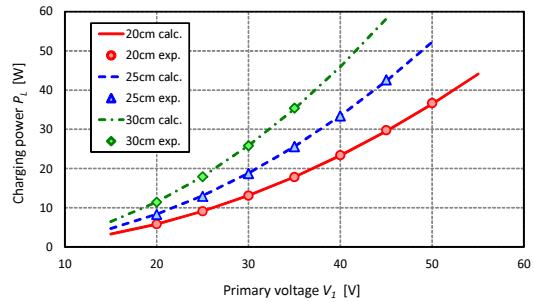


図 2 実験結果

表 1 送受電器の特性値

| | Primary side | Secondary side |
|------------------------|-------------------|-------------------|
| Resistance R_1, R_2 | 1.28 Ω | 1.24 Ω |
| Inductance L_1, L_2 | 640 μH | 642 μH |
| Capacitance C_1, C_2 | 3990 pF | 3990 pF |

図 2 の実験結果において、各線は (1)、(2) 式を用いた理論値、マーカーは測定値を示し、それぞれ良い一致が得られている。また給電電力は一次側電圧の単調増加関数であるため、理論式を用いた設計は有効といえる。

4 まとめ

電力伝送効率の最大化と所望の給電電力を実現するワイヤレス電力伝送システムの設計手法を提案し、実験により有効性を示した。今後、電力制御系の構築を行う。

参考文献

- [1] M. Kato, T. Imura, and Y. Hori: "Study on Maximize Efficiency by Secondary Side Controll Using DC-DC Converter in Wireless Power Transfer via Magnetic Resonant Coupling," EVS27, pp. 1-5, 2013.
- [2] 畑 勝裕, 居村 岳広, 堀 洋一: "長距離伝送における走行中ワイヤレス給電を目指した二次側 DC-DC コンバータによる最大効率制御," IEICE, WPT2014-33, pp. 51-56, 2014.