

磁界共振結合ワイヤレス電力伝送における送電側電圧と相互インダクタンスの同時推定に基づく伝送効率最大化

Efficiency Maximization Based on Simultaneous Estimation of Primary Voltage and Mutual Inductance
in Wireless Power Transfer via Magnetic Resonance Coupling

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

東京大学大学院 工学系研究科¹
Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

1 はじめに

磁界共振結合を用いたワイヤレス電力伝送における電力伝送効率は送受電器の結合状態と負荷によって変化するため、受電側において最適負荷を満たす受電側電圧に制御し、最大効率を得る手法が提案されている [1]。しかし、受電側制御に用いる目標値は受電側において測定できないパラメータを必要とするため、受電側情報に基づくパラメータ推定が重要である。本稿では受電側情報を用いた送電側電圧と相互インダクタンスの同時推定法 [2] を利用し、最大効率制御に用いる目標値を計算する。また、この結果を用いて効率最大化できることを示す。

2 最大効率制御に用いる目標値の計算

本研究で用いるワイヤレス電力伝送システムを図 1 に示す。送電側インバータは矩形波電圧駆動させ、動作周波数は送受電器の共振周波数と一致させる。ハーフアクティブ整流器は下アームの MOSFET を OFF 状態とした Rectification mode, ON 状態とした Short mode の 2 つの動作モードを利用し、受電側制御を実現する。このとき、異なる 2 つの負荷インピーダンスが得られ、受電側において送電側電圧 V_1 と相互インダクタンス L_m を同時に推定できる [2]。

電力伝送効率 η を最大化する受電側電圧 $V_{dc\eta\max}$ は

$$V_{dc\eta\max} = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \frac{\omega_0 L_m}{\sqrt{R_1 R_2 + (\omega_0 L_m)^2 + \sqrt{R_1 R_2}}} V_1 \quad (1)$$

で与えられるため [1]、推定された送電側電圧 \hat{V}_1 および相互インダクタンス \hat{L}_m を用いて $\hat{V}_{dc\eta\max}$ を計算する。

3 実験

図 2 に示す実験装置を用いて実験検証を行った。送受電器の特性値は表 1 に示す通りであり、送電側電圧 V_1 は 20 V とした。DC リンク電圧 V_{dc} を 2.5 V から 50 V まで 2.5 V 刻みで変化させ、各条件において $\hat{V}_{dc\eta\max}$ を計算した。また、それぞれの V_{dc} における η と $V_{dc} = \hat{V}_{dc\eta\max}$ とした場合の η を測定し、比較検討を行った。

実験結果を図 3 に示す。図 3(a) より、全ての条件において $\hat{V}_{dc\eta\max}$ は真値と良く一致しており、有効性を確認できる。また、図 3(b) から V_{dc} に応じて η は変化してしまうが、 $\hat{V}_{dc\eta\max}$ を目標値として最大効率制御を行った場合、最大効率が得られることが分かる。

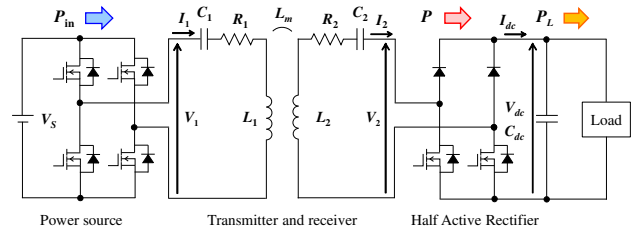
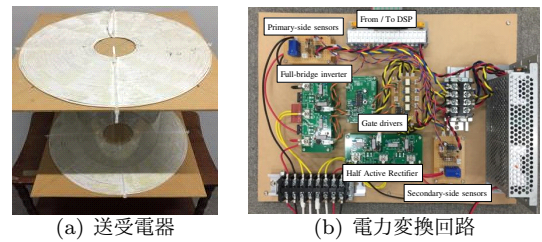
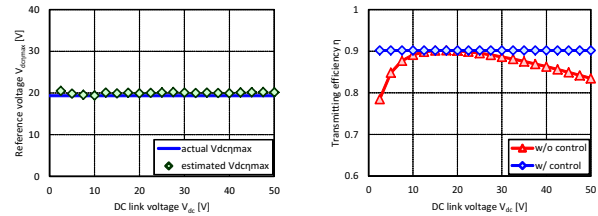


図 1 ワイヤレス電力伝送システム



(a) 送受電器 (b) 電力変換回路

図 2 実験装置



(a) 目標値 $V_{dc\eta\max}$ (b) 電力伝送効率 η

図 3 実験結果

表 1 送受電器の特性値

	Primary side	Secondary side
Resistance R_1, R_2	1.19 Ω	1.23 Ω
Inductance L_1, L_2	617 μH	617 μH
Capacitance C_1, C_2	4000 pF	4000 pF
Resonance frequency f_1, f_2	101.3 kHz	101.3 kHz
Mutual inductance L_m	37.3 μH (Gap: 300 mm)	
Outer diameter	440 mm	
Number of turns	50 turns	

参考文献

- [1] M. Kato, T. Imura, and Y. Hori, "Study on maximize efficiency by secondary side control using DC-DC converter in wireless power transfer via magnetic resonant coupling," EVS27, 2013.
- [2] K. Hata, T. Imura, and Y. Hori, "Simultaneous estimation of primary voltage and mutual inductance based on secondary-side information in wireless power transfer systems," WPTC2016, 2016.