

非対称共振回路によるワイヤレス給電の研究

柏倉 直輝

(指導教員 佐藤 憲史)

1. はじめに

ワイヤレス給電技術で将来有望とされる磁界共鳴方式の効率と出力は、負荷によって大きく変化する⁽¹⁾。また、効率と出力はトレードオフの関係であり、回路定数によって定まる最大効率と最大出力の両立は難しい。そこで、回路定数を非対称にすることで高効率を保ちながら高出力を取り出すことを目的とする。

2. 非対称回路の内容と測定

磁界共鳴方式の回路図を図1に示す。

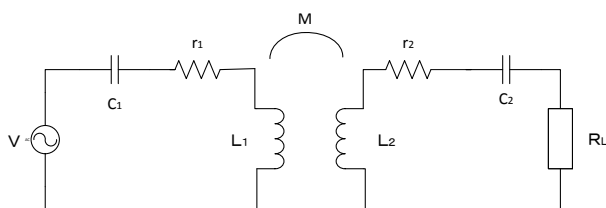


図1、磁界共鳴方式

磁界共鳴方式の効率 η の式は、

$$\eta = \frac{\omega^2 k^2 L_1 L_2 R_L}{\left\{ (r_2 + R_L)^2 + \left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2} \right)^2 \right\} r_1 + \omega^2 k^2 L_1 L_2 r_2 + \omega^2 k^2 L_1 L_2 R_L}$$

である⁽²⁾。この式からインダクタンス L_1, L_2 を固定した場合、磁界共鳴方式で効率に大きく関わる回路定数要素は 2 次側のコンデンサの回路定数 C_2 である。また、構成された回路定数から共振周波数時の出力は

$$P = \frac{(\omega_0 k)^2 L_1 L_2 R_L}{\{ r_1 R_L + r_1 r_2 + (\omega_0 k)^2 L_1 L_2 \}^2} V^2$$

で求められる⁽¹⁾。

本研究では、2 次側には $\sqrt{L/C}$ の値を大きくすることで高効率となる回路定数で構成された共振回路を使用し、1 次側には $\sqrt{L/C}$ の値を小さくすることで高出力となる回路定数で構成された共振回路を使用し、全体で一つの非対称な磁界共鳴方式の回路を構成する。また、1 次側、2 次側で共振周波数は等しくなるように設計している。

表1 非対称シミュレーション結果

	出力 P [W]	効率 η [%]
① 高出力	58.4	79.4
② 高効率	4.89	97.9
③ ①+②の非対称	18.3	94.1
④ ②+①の非対称	18.3	94.1

シミュレーション結果の一例を表1に示す。結合係数 k は 0.1 に、共振周波数は 143kHz に設定している。①は高出力を重視した回路定数構成であり、②は負荷条件 $R_L = 6\Omega$ 時に最大効率とする回路定数を構成である。③は非対称として①を 1 次側に、②を 2 次側に構成し、負荷 $R_L = 6\Omega$ を適用したシミュレーション結果である。④は非対称として③とは逆に②を 1 次側に、①を 2 次側に構成し、負荷 $R_L = 6\Omega$ を適用したシミュレーション結果である。また、表1の③条件と④条件の出力の周波数 f 依存

性を図2に示す。共振周波数 143kHz において③条件と④条件のシミュレーション結果を比較すると出力、効率ともに同じ値である。しかし、図2を比較すると③条件は④条件と比べ、高出力を保つ周波数帯の幅が広いことが分かる。この点から③条件の方が周波数変化に強い構成といえる。

図3は実際に作製した③条件の非対称構造回路の測定結果である。作製した回路でも出力を取り出せる周波数帯の幅が広いことが分かる。また、測定値がシミュレーション値より低いことが分かる。これは、作成した回路の1次側に大電流が流れて素子が壊れないように、入力電流に制限をかけたため、共振周波数付近で、入力電圧が低下し、一定値以上の出力を取り出せることが出来ていないと考えられる。

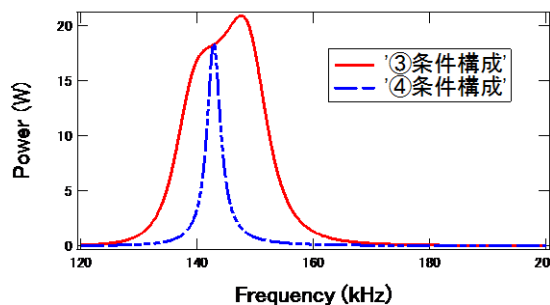


図2 シミュレーション結果 出力比較

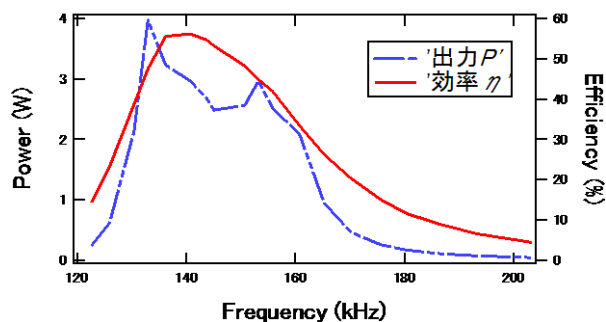


図3 非対称③条件測定結果、 f 依存特性、共振周波数 143kHz

3. まとめ

2 次側には最大効率となる回路定数で構成された共振回路を使用し、1 次側には高出力を重視した回路定数で構成された共振回路を使用し、回路定数を非対称にすることで周波数が多少変化しても高効率を保ち、ある程度出力を取り出せることをシミュレーションにより検証した。今後は、シミュレーションを実証出来る回路を確立することを課題とする。

参考文献

- 居村 岳広, 他: 「ワイヤレス給電における送電側による最大効率と受電側による所望受電電力の独立制御」 電気学会論文誌 Vol.135 No.8 p847-p853 (2014)
- 居村 岳広, 他: 「電磁誘導方式と磁界共振結合方式の統一理論」 電気学会論文誌 Vol.135 No.6 p697-p710 (2015)