

磁界共振結合による非接触給電に適用する

高周波スイッチング電源の整合回路設計に関する一考察

日下 佳祐・伊東 淳一（長岡技術科学大学）

1. はじめに

非接触での電力伝送方式として磁界共振結合（以下、MRC）を用いた方式が盛んに研究されている<sup>(1)</sup>。MRCは従来法と比較して高効率な電力伝送が可能である<sup>(2)</sup>。法律上の観点から、MRCはIndustry Science Medical (ISM)帯である 13.56 MHz(±7 kHz)を用いた電力伝送が適当とされているため、整合回路を内包した高周波インバータが必要とされる。本論文ではインバータの LC フィルタを用いた整合回路の設計法を明らかにし、出力周波数変動時に対するインバータの出力インピーダンスの変化について検討する。

2. 実験システムの構成

MRCは送信側と受信側の共振現象により高効率電力伝送を行う。共振周波数は伝送距離や負荷によって変動するため、共振周波数に追従するようインバータの出力周波数を制御する必要がある。

図 1 に MRC に適用する高周波電源のシステム構成を示す。簡単のため、インバータは最も一般的な方形波出力のフルブリッジインバータを用い、整合回路を LPF 型の LC フィルタで構成する。整合回路は基準周波数において設計する。ここで、出力インピーダンスを伝送線路の特性インピーダンス  $\dot{Z}_o = \text{Re}[\dot{Z}_o] + j0 \Omega$  に整合を取ることを検討すると、整合回路のカットオフ角周波数  $\omega_c$  とインダクタンス  $L$  は(1), (2)式を用いて設計できる。

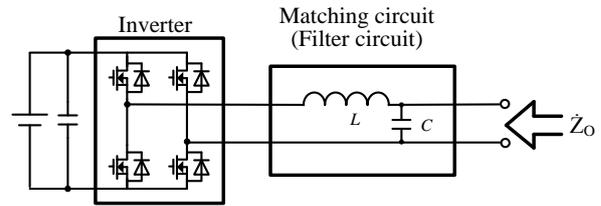


Fig. 1. System configuration of a power supply for wireless power transmission using a MRC.

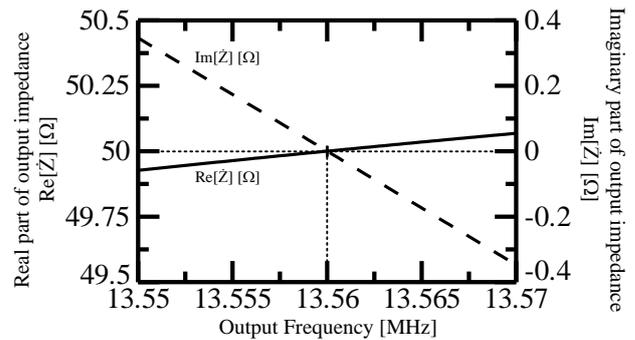


Fig. 2. Output impedance of the power supply.

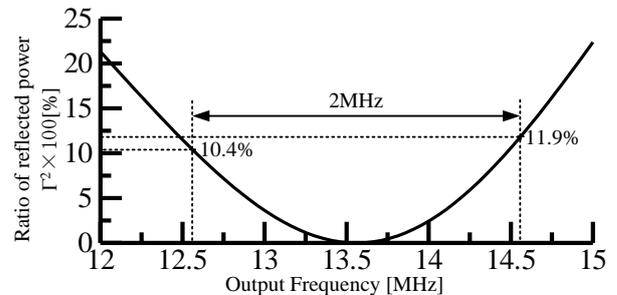


Fig. 3. Ratio of the reflected power.

インバータの出力インピーダンスが(1), (2)式により正しく設計されていることが分かる。

図 3 に周波数を 12 MHz から 15 MHz まで変化させた際の進行波電力に対する反射波電力の比率を示す。ISM 帯である ±7 kHz の範囲において、反射電力は最大でも 0.01% 以内に抑えられており、整合回路は基準周波数を用いて設計を行えばよい。しかし、伝送コイルの周波数特性に合わせて周波数を ±1 MHz 変動させた場合には、進行波電力に対する反射電力の比率は最大で 11.9% に達する。高周波において反射電力は損失となるため、整合回路と伝送線路のインピーダンス不整合は無視することができない。よって、出力周波数によらず出力インピーダンスを一定とするよう動作する、スイッチング整合回路が必要とされる。

文 献

ここで、 $\omega$  はインバータ出力周波数、 $r_d$  はインバータのデッドタイムによる電圧降下分を模擬した抵抗である。なお、整合回路は LPF 型であるため、C の容量はカットオフ角周波数  $\omega_c = 1/(LC)^{0.5}$  から導出可能である。

3. 解析結果

図 2 にインバータの出力周波数を 13.56 MHz を基準周波数とし、±7 kHz 変化させた場合のインバータ出力インピーダンスの変化を示す。ここで、 $\dot{Z}_o = 50.0 + j0.0 \Omega$ 、 $r_d = 2 \Omega$  として設計を行った。基準周波数である 13.56 MHz において、実数成分が 50 Ω であり、かつ虚数成分が十分小さいことから、

(1) A. Kurs, et.al.: Science, Vol.317, pp.83-86 (2007)

(2) 石山: 電気学会産業応用部門大会, 1-S15-3-1, pp.125-126 (2010)