

ワイヤレス給電の回路設計の基本

有限会社ソネット技研
石飛 徳昌

2010年9月22日

概要

入出力の対称性を前提に簡易な等価回路から最適な伝送条件を示し、電磁界解析により具体的な数値を導出する例を示した。詳細な設計法は文献 [1] を参照されたい。

1 理論

図1にワイヤレス電力給電の等価回路を示す。ここでは簡単のために入力側と出力側に同一の共振器を使用するものとし、且つ電力供給側の内部抵抗と負荷側の負荷抵抗も同一とした。

この回路で電力供給側から負荷側に最大の電力を供給するには文献 [2] の“5. 結合共振器”記載の臨界結合係数 $k_c = \frac{1}{\sqrt{Q_1 \cdot Q_2}}$ を満たさねばならない。そこで図1の場合は

$$Q = \frac{Q_u \cdot R}{Q_u \cdot \omega_o L + R} \quad (1)$$

であるし、入出力は同一なので、式1を $k_c = \frac{1}{\sqrt{Q_1 \cdot Q_2}}$ の Q_1, Q_2 に代入すると

$$k_c = \frac{Q_u \cdot \omega_o L + R}{Q_u \cdot R} \quad (2)$$

を得る。これを R について解くと

$$R = \frac{Q_u \cdot \omega_o L}{k_c \cdot Q_u - 1} \quad (3)$$

。 R は正でなければならないから、 $k_c > \frac{1}{Q_u}$ の場合にのみ臨界結合が実現できる。

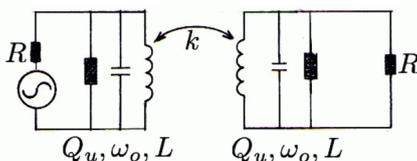


図1 共鳴型ワイヤレス電力給電の等価回路
対称性によりパラメータは5つにできる

2 解析例

一例として導体幅 2cm 、導体厚 $35\mu\text{m}$ の線路を一边 60cm の方形に導体間隔 1cm で $8.5T$ 巻いた共振器の電磁界解析を行い $L = 1.82\mu\text{H}$ 、 $\omega_o = 62.8\text{Mrad/sec}$ 、 $Q_u = 909$ を得、式2から $k_c = 0.0011$ が実現可能な最小結合係数であることを得た。

また、この共振器を対向した場合の結合係数も図2のように電磁界解析により得られた。この図から伝送可能な最大距離は概ね 1m であることがわかる。

参考文献

- [1] 粟井, “MIT型ワイヤレス給電システムの精密な設計法,” 2010 信学会総合大会, BS-9-6.
- [2] 石飛, “Sonnetによる磁気トランスの解析,” http://www.sonnetsoftware.co.jp/support/tips/magnetic_transformer.pdf

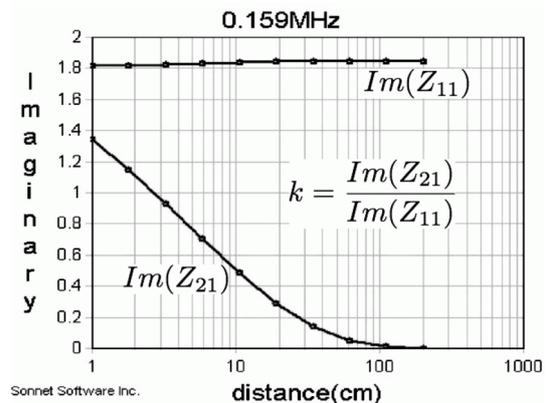


図2 対向して配置した共振器の間隔 d と結合係数 k

Z_{11} はほとんど距離に依存しないので、結合係数は $Im(Z_{21})$ に比例する