

電界結合方式を用いたワイヤレス給電の計測による特性評価

2014SC087 渡邊匠

指導教員：奥村康行

1 はじめに

近年、ワイヤレス給電は電気機器メーカーをはじめ幅広い分野に注目されている。現在、電子機器は USB ケーブルなどを經由して電力を供給している。ワイヤレス給電であれば密閉された空間に電子機器があったとしても電力を供給することが可能となる。ワイヤレス給電とは文字通り金属などの導体やケーブルを經由せず無線によって電力を供給することである。この方式に着目した理由は給電効率が優れているが、エネルギー伝送分野でほとんど普及段階に至っていない。この方式が普及することによって可能性が広がると感じたためである。この方式は平行平板コンデンサのように送電側と受電側にそれぞれ電極を設置し、近接した電極間の静電容量を通して電力を供給する方式 [1][2] である。

2 先行研究

ここでは先行研究の提案手法についてと本研究と先行研究の相違点を上げる。文献 [3] は電界結合方式と磁界共鳴方式の比較及び定在波のシミュレーションを行っている。また定在波より伝送効率を求めている。文献 [4] はコイル系のワイヤレス給電方式の中でも電磁誘導方式を用いての実測、シミュレーションを行っている。シミュレーションの際に用いている解析ソフトは FEKO である。文献 [5] は電界結合方式によるワイヤレス給電ボードの製作を行っている。しかし、計算で理論値を求めただけであり解析ソフトによるシミュレーションを行っていない。本研究では電界結合方式を用いた無線給電ボードを作成し、実測と XFDTD を用いてのシミュレーションを行う。その結果を文献 [6][7] と比較し考察する。銅箔と塩ビ版で製作した電極板の実測とシミュレーションから低電力での電界結合方式の特性を知ることが目標である。

3 実測で用いた使用部品

本研究では電極板に塩化ビニル樹脂の板を使用した。塩化ビニル樹脂の比誘電率は 2.8~8.0 である。比誘電率による電力推移の理論値を図 1 に示す。図 1 は比誘電率が大きくなるたびに電力量が大きくなるのがわかる。また電力が小さすぎて実用的でないことが分かる。ここで実測では RLC 直列共振回路を使用する。本研究では比誘電率 2.8 の塩化ビニル樹脂を用いる。

4 電極板のシミュレーションと実測

本節では電極板のシミュレーションと実測について明記していく。

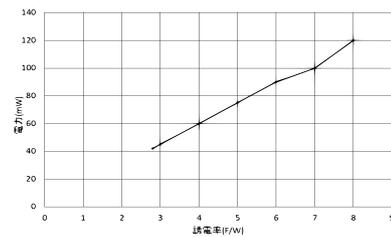


図 1 誘電率別の電力

4.1 シミュレーション

本研究では電磁界解析ソフトウェア XFDTD を用いて電極板の 3D モデルを作成し、電力効率をシミュレーションした。シミュレーションの際は送電側をポート 1、受電側をポート 2 と置き S パラメータの S_{21} をシミュレーションした。またシミュレーションを行う際に用いた抵抗の値は 50Ω である。シミュレーションモデルの構造は図 3 の通りである。図 4 は電極板の 3D モデルである。

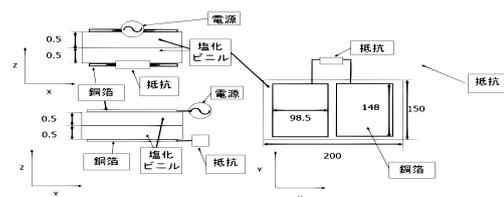


図 2 電極板モデル

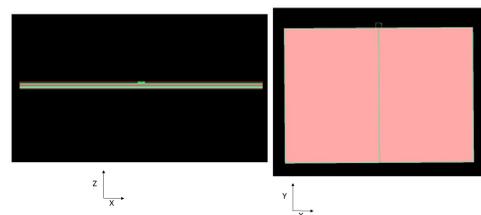


図 3 電極板 3D モデル

4.2 実測方法

本研究では自作した電極板をネットワークアナライザに接続し、電力伝送効率を測定した。電極板からは銅線が伸ばしてあり、その動線の先端に SMA 端子がはんだづけされている。実測の手順はまずネットワークアナライザを 2 ポートで電極板の校正を取る。次にポート 1 に送電側、ポート 2 に受電側を接続する。接続が終わったら発泡スチロールの上に電極板を配置し、 S パラメータの S_{21} を実測

する。その際に電極板を導体の近くに置かないように注意をする。また実測の際電極板同士の位置がずれないようにして行った。実測環境は図5の通りである。図6は実測で使用した電極板である。

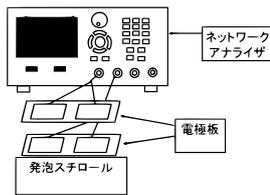


図4 実測環境

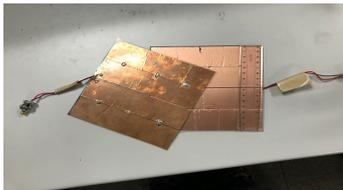


図5 電極板

4.3 シミュレーションと実測結果

シミュレーションと実測の結果を図7に示す。図7より実測よりもシミュレーションの方が結果が良いことが分かる。最終的に7.5MHz付近でシミュレーションと実測が一致していることを読み取ることが出来る。また式(1)を用いて実測の最大効率を計算した結果、7.46MHzの時に $\eta = 0.876$ となり、電力伝送効率は87.6%となった。他の研究[6][7]はどちらも80~90%でありほぼ同じような値になっているため理想的な値である。また電力効率最大時の電界強度は強くなっていることが分かった。

$$\eta_{\max} = |S_{21}|^2 \quad (1)$$

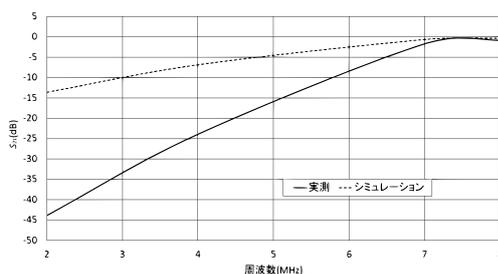


図6 シミュレーションと実測

4.4 考察

今回は電極板の作成に銅線を用いたため、電力伝送効率が落ちている。改善するには銅線ではなく同軸ケーブルを使用した方が良いと考える。また今回の実測では2MHz~8MHzという狭い範囲でしか行っていない。そのためより

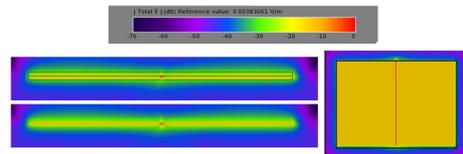


図7 電界強度

高周波数帯で行った場合の特性を確かめることができなかった。

5 終わりに

本研究は電界結合方式のワイヤレス給電設備を作成し、シミュレーションと実測を行った。そして電界結合方式では87.6%の効率で電力を伝送する事ができた。しかし電極板の作りが簡素なものになったため、同軸ケーブルに変えれば電力伝送効率が上がると考えられる。今回は電極板を作成するのに銅箔テープを用いたがより高い導電率の素材を使う事によって同じ面積であってもより効率的に電力伝送を行うことが出来ると考える。位置のずれ具合によつての伝送効率の変動も調べる必要がある。

参考文献

- [1] 古川康夫, “磁界結合型ワイヤレス給電の実用化に向けた新技術 “AirTap”, ” RF ワールド新・電波科学への誘い, No.25, pp.54-62, Feb. 2014.
- [2] 原川健一, “電界結合による非接触電力供給の技術,” グリーンエレクトロニクスキットで体験! C と L と非接触パワー伝送の実験, No.19, pp70-77, Apr. 2017
- [3] 三好崇之, “平行二線路ワイヤレス給電システムにおける電界結合による給電効率変動の低減,” 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報科学専攻2015年度修士論文, Mar. 2016.
<http://library.naist.jp/dspace/handle/10061/10026>
- [4] 長屋拓見, 南部孝幸, 山本将大, “EV 充電用無線電力伝送のコイル系の特性についての研究,” 南山大学情報理工学部システム創成工学科 2013 年度卒業論文, Jan. 2014.
- [5] 並木精司, “電気が湧き出すワイヤレス給電ボード,” トラ技 Jr. 2015 年 7・8 月号, 通巻 22 号 pp.6-13, Jul. 2015.
- [6] 仲泰正, 山本恭平, 中田拓磨, 田村昌也, “電界結合方式を用いた水中無線電力伝送の提案,” 信学技報, WPT, pp23-pp26, Feb. 2017.
- [7] 阿部晋士, 青柳祐輝, 國吉大輝, 田中將, 坂井尚貴, 大平孝, “メッシュ構造を用いた電界結合無線電力伝送,” 信学技報, WPT, pp5-10, Jan. 2016.