

磁界共鳴による無線電力伝送の実現

著者 玉木義孝

指導教員 川上由紀 前川公男

1.はじめに

接点を介さずに給電を行うことができる無線電力伝送技術の民間での利用が、無接点充電や非接触ICカードといった形で徐々に増えてきている

[1]. これまで製品化されてきた無線電力伝送技術は、電磁誘導方式と呼ばれるもので、伝送効率は良いものの伝送可能距離が非常に短いという欠点がある。そこで近年注目を集めているのが、マサチューセッツ工科大学(以下MIT)が2006年に提唱した磁界共鳴方式である[2]. 磁界共鳴方式は、従来の方式に比べて高い伝送効率で伝送が可能な距離が長いという特徴を持っている。そのため、多くの大学や企業で盛んに研究が行われている。

そこで本研究では、今後の磁界共鳴方式による無線電力伝送に関する研究の足がかりとして、磁界共鳴による電力伝送の基礎的研究を行う。

2.技術概要

2.1.アンテナコイル

磁界共鳴による無線電力伝送において電力を送受信する役割を持つのが図1に示すアンテナコイルである。アンテナコイルは一般的なコイルと同様円筒状に銅線を巻きつけた形をしている。この形状は効率よく磁界を発生させることができるので、MITをはじめとした他の研究でも採用されている。また、本研究では発泡スチロールをアンテナコイルの支持材として使用している。



図 1 アンテナコイル

2.2.磁界共鳴方式の原理

磁界共鳴は、音叉にみられる音波共鳴や、連成振り子にみられる機械共鳴と同様の原理である。従って、送信側アンテナコイルと受信側アンテナコイルの共振周波数は一致している必要がある。

送信用アンテナコイルへ送信を行うと、周囲に

磁界が発生する。発生した磁界のなかに受信用のアンテナコイルを設置すると、双方が空間上の磁界を媒介に結合し、アンテナコイルは共鳴する。送信側アンテナコイルの電力は磁界を通して受信側のアンテナコイルに伝送される。

3.研究概要

本研究は、大きく分けて2つの実験から成る。ひとつは伝送効率の比較実験、もうひとつは高周波電源とアンテナコイルを用いての給電実験である。

伝送効率比較実験では、異なる構造、形状、パラメータのアンテナコイルを複数製作する。そして、それぞれの伝送効率をネットワークアナライザで測定し、高効率で伝送できるアンテナコイルの構造を示す。

給電実験では、CMOS インバータ発振回路を用いた交流電源回路と、その出力周波数で共振するアンテナコイルをそれぞれ製作する。そして、電源回路からの電力を磁界共鳴によって無線伝送し、それをスペクトラムアナライザで観測する。

これらの研究を通し、磁界共鳴による無線電力伝送を実現し、その利用可能性を検証する。

4.アンテナコイル構造と伝送効率の関係

4.1.伝送効率の測定条件

アンテナコイルはその形状によって共振周波数をはじめとした特性が変化する。そこで、本研究では以下に示すような項目に注目し、異なる形状のアンテナコイルを複数製作し、比較する。

- ①コイル直径 D [mm]
- ②ワイヤ(銅線)直径 w [mm]
- ③ピッチ幅 p [mm]
- ④コイル巻き数 n [回]
- ⑤コイル終端の open-short
- ⑥トリマコンデンサの有無
- ⑦コイル支持材の空洞の有無

また、送受信アンテナコイル間の距離によっても伝送効率は変化する。そこで、製作したアンテナコイルごとに伝送効率の距離特性を測定する。

4.2.測定結果

ここでは、各パラメータを、本実験で最も効率が良かった表 1 の通りに設定して伝送効率を測定した際の結果を図 2 に示す。

表 1 アンテナコイルパラメータ

D	w	p	n	終端	コンデンサ	空洞
300	0.9	4	5	open	なし	あり

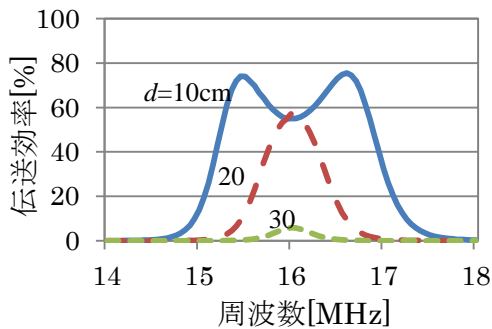


図 2 伝送効率距離特性

アンテナ間距離 d が短いと共振周波数が 2 つ発生し、本来の共振周波数での伝送効率が下がってしまう。最大伝送効率は $d=10\text{cm}$ の場合での 75% 程度で、 $d=20\text{cm}$ では 60% 程度であるが、それ以上距離を離すと急激に伝送効率が低下する。このことから、実質的な伝送可能距離は 20cm 程度といえる。

5. 高周波電源による給電

5.1. 高周波電源の製作

磁界共鳴による無線電力伝送には、アンテナコイルの共振周波数と同じ周波数の電源が必要となる。本研究では、給電に用いる周波数に、ISM バンドのひとつである 13.56MHz を用いる。そのため、CMOS インバータ IC 発振回路による高周波電源を製作する。図 3 にその回路図と回路の画像を示す。

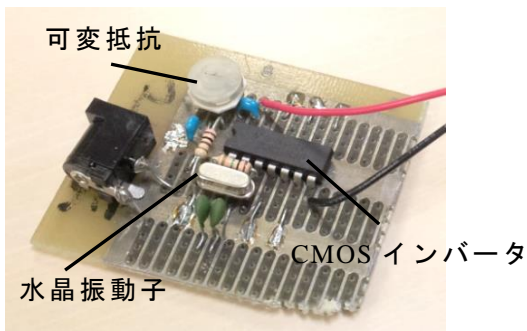
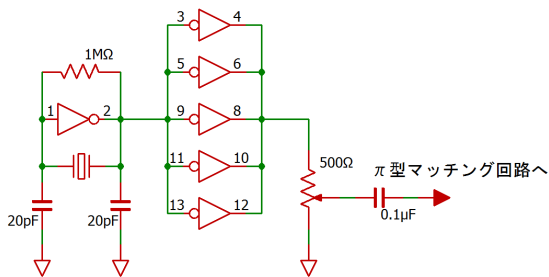


図 3 CMOS インバータ電源

5.2. 給電の検証

製作した電源回路とアンテナコイルを用いて給電の検証を行った。電源回路と送信アンテナコイルの間に π 型マッチング回路を接続することで整合を行っており、検証はスペクトラムアナライザによる電力スペクトルの観測と、LED への給電で行った。図 4 に電源回路に DC5V, 60mA を与え、アンテナ間距離を 20cm としたときの受信アンテナコイル側での電力スペクトルを示す。

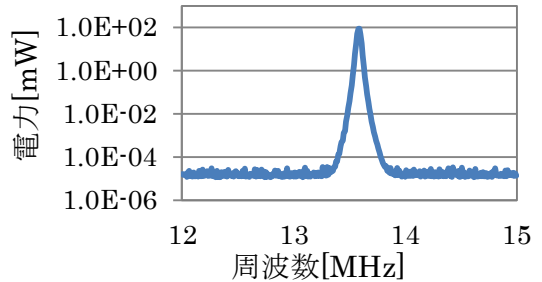


図 4 電力スペクトル

また、整流を行って LED に給電を行ったところ、点灯することが確認できた。その様子を図 5 に示す。

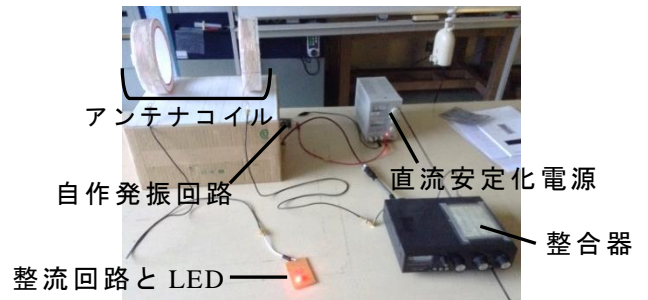


図 5 LED への給電

6. まとめと今後の課題

伝送効率の比較実験では、おおむねどのようなパラメータのアンテナコイルが伝送の高効率化につながるかが明らかになった。しかし、それがどのような原因によるものなのかの究明が課題である。

高周波電源での給電検証は、給電が来ていることは確認され、LED の動作も検証できた。そこで、これからはマイコンなどのより実用的なものへの給電を行えるよう改良を行っていく。

[参考文献]

[1] 「統計から見る日本の工業」工業製品のいま、昔 | 経済産業省
<http://www.meti.go.jp/statistics/toppage/topics/kids/industry/comparison4.html> (2014/01/29 現在)

[2] 宮坂拓也, “磁界共鳴結合によるマルチホップ無線電力伝送の効率改善のための仮想パス制御手法とフィルター理論による多段化設計法”, pp.11, 2011.2.9