

移動体を対象とした中継コイル方式非接触給電のQ値選定

Selection of Quality Factor in Wireless Power Transfer with Relay Coil Type for Mobile Objects

室賀洪太

指導教員 米盛弘信

サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 産業応用研究室

キーワード：非接触給電，磁界共鳴，中継コイル方式

1. 緒言

近年の電気自動車やドローンの普及に伴い、ワイヤレス給電が注目されている。ワイヤレス給電は、給電端子を必要としないため安全であり、環境に左右されにくい。一般に、送電電力を増大させるには一次コイルに流れる交流電流の振幅を大きくする、もしくは周波数を高くしなければならない。しかしながら多くの給電システムでは、送電効率向上のために磁界共鳴(LC共振)を用いている場合が多い。そのため周波数を高くするとQ値が増大して周波数の変動やコイルの位置ずれに弱くなるという課題がある。特に二次コイルが移動している場合、給電システムはその影響を大きく受ける。

本実験では、磁界共鳴の中継コイル方式を採用した実験装置を製作し、Q値と送電効率の関係を調査する。

2. 実験装置の概要

図1に、製作した実験装置の模式図を示す。8個の送電コイルを環状に配置して、その上にレールを置く。交流電源に接続されたコイル(以下、0番

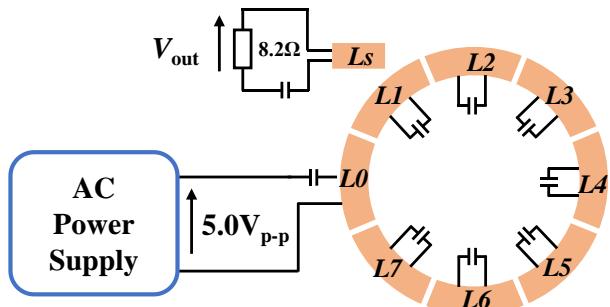


図1 実験装置の概略

コイル)を基準として、図1のように時計回りにそれぞれ1~7番コイルと定義する。コイル同士は $3\pi/20\text{rad}$ 重ねている。0番コイルに交流電流を流すと、隣接したコイルを経由して末端に位置する4番コイルまで電力が送られる仕組みである。これによって移動体はいずれかの送電コイルから受電し、レールの上を走行する。

3. コイルの製作と特性測定

3.1 送電用コイルの製作

図2に作成したコイルを示す。作成方法は、厚さ0.7mmのプラスチック板を切断し、大小2枚重ねる。小さい板の外側に外径0.7mmφのリップ線を合計10回巻きつけて接着剤で固定する。リップ線を使う理由は表皮効果による抵抗値の増大を低減するためである。同コイルを計8個作成した。受電コイルは厚さ3.0mmのアクリル板を切削し、その溝に同じ要領でリップ線を15回巻きつけて作成した^[2]。

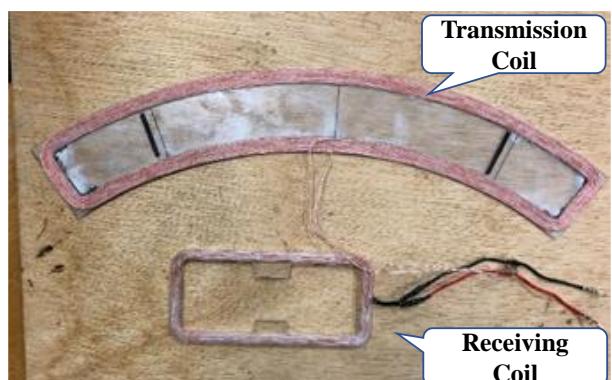


図2 送電コイル受電コイル

3. 2 インダクタンスおよび内部抵抗の測定

LCR メータを用いて各コイルのインダクタンスと内部抵抗を 3 回ずつ計 27 回測定する。測定条件は 5.00V, 50.000kHz である。表 1 はコイルのインダクタンスと抵抗の平均値を示す。

表 1 インダクタンスと内部抵抗の平均

	$L_{0 \sim L7}$	L_s
$L_{Ave}[\mu\text{H}]$	34.0	36.4
$R_{Ave}[\text{m}\Omega]$	0.725	0.582

3. 3 周波数特性の測定

周波数を 40~70kHz まで 2.5kHz 刻みで可変しながら L の両端電圧を測定する。 C の値は送電コイルが 50.0kHz で共振するように $0.3 \mu\text{F}$ に決定した。図 2 に送電コイルと受電コイルの周波数特性を示す。この結果から、送電コイルの特性誤差は無視できることを確認した。

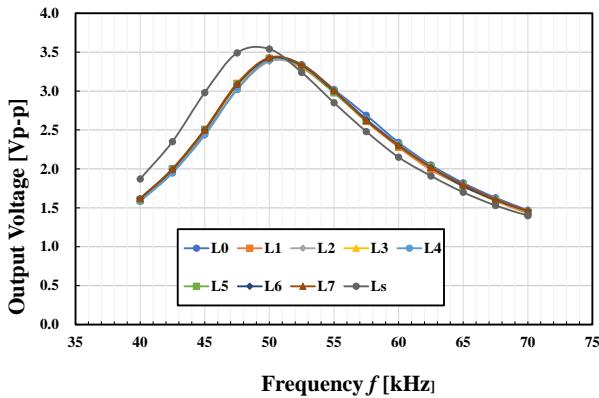


図 3 各コイルの周波数特性

4. 実験方法

図 1 のように 8 つの送電コイルを環状に配置し、その上にレールを置く。0 番コイルに交流電源を、受電コイルに移動体負荷の代わりとして 8.2Ω の抵抗を接続する。周波数を 40~60kHz まで 5.0kHz 刻みで可変しながら、各コイル上での受電電力を測定する。交流電源の出力方式は CV とした。入力電力は入力電圧および入力電流から算出し、受電電力は負荷抵抗 R およびその両端電圧の実効値から算出する。このようして得られた値から送電効率を計算する。 Q の値は周波数から算出したものではなく、 L と C の値から算出したもの採用している。また、表皮効果や近接効果による抵抗値の増大は考えないものとして、50kHz で測定した時の

値を採用している。

5. 測定結果

図 4 に測定結果を示す。なお、8 番コイルは 0 番コイルと同じ値である。K-インバータ特性の通り、奇数番目のコイル上において受電電力が大幅に減少していることがわかる。この測定結果より、 f が 55kHz の場合に最も効率が良くなることが分かった。40~50kHz においては Q 値を上げるほど奇数番コイルと偶数番コイル上での受電電力の差が大きくなることがわかる。また、60kHz ではなく 55kHz で送電効率が最大となった理由は、 Q 値に対して送電効率が山なりに変化するからだとも考えられるが、100kHz 程度まで測定する必要がある。

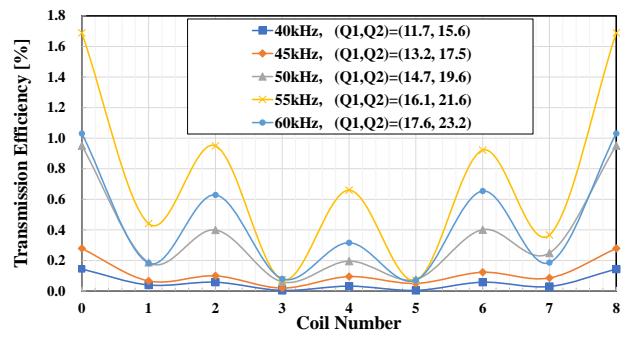


図 4 Q 値と送電効率の関係

6. 結言

本実験では、磁界共鳴を用いた中継コイル方式の非接触給電システムにおいて、共振周波数を変化させながら各コイル上での受電電力を測定した。その結果、50kHz までは Q 値に伴って送電効率も向上することが分かった。

参考文献

- [1] 柴内真生, 米盛弘信：“移動体を対象とした中継コイル方式非接触給電における模擬装置の製作”, 第 2 回電気設備学会学生発表研究会 プログラム・予稿集, pp.21-22 (2020)
- [2] 室賀洪太, 米盛弘信：“移動体を対象とした中継コイル方式非接触給電の送電電力”, (第 40 回) 電気設備学会全国大会講演論文集, p.419(2022)
- [3] 居村岳広：「磁界共鳴によるワイヤレス電力送電」, 森北出版株式会社, pp.265-270 (2017)