

磁界共振結合型非接触給電における二層スパイラルアンテナの検討

Examination of Two-layer spiral antenna in Magnetic field resonance coupling type non-contact feeding

金尾 悠佑

指導教員 森下明平

工学院大学 工学部 電気電子工学科 電磁力応用システム研究室

キーワード：非接触給電, 磁界共振結合, 二層スパイラルアンテナ

1. はじめに

磁界共振結合方式はアンテナ直径程度の距離でも高効率な非接触電力伝送が可能のため、注目が集まっている^[1]。磁界共振結合方式では送受電アンテナと同じ自己共振周波数を持つ中継アンテナを配置することで、電力伝送距離の延長が可能である。中継アンテナの個数に応じて電力伝送距離が延長できるが、損失も大きくなるため、中継アンテナの個数に応じて電力伝送効率が低下する。そこで我々は、送電アンテナや中継アンテナの巻き方向に対し、逆方向に巻いた共振アンテナを用いたシステムを提案している^{[2],[3]}。しかし、受電アンテナと送電アンテナの巻き方向が異なると、高効率での電力伝送が行えないという問題がある。そこで、受電アンテナの形状を変えた場合にどのような特性が得られるか検証した。本稿では、二層スパイラルアンテナの使用を検討し、送電アンテナの巻き方向によらず、高効率の電力伝送が可能か検討する。

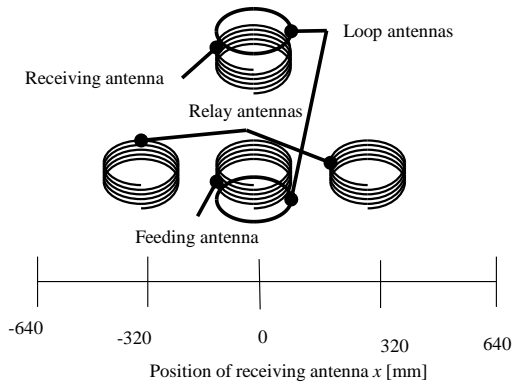
2. 実験概要

実験におけるアンテナの構成を図1に示す。これを中央送電配置と呼び、送電アンテナと受電アンテナを対向に配置し、中継アンテナを送電アンテナの両側に一個ずつ水平に配置した。送受電アンテナ間を 250 [mm]、送電アンテナと中継アンテナ間距離を 100 [mm]とした。測定方法は受電アンテナ

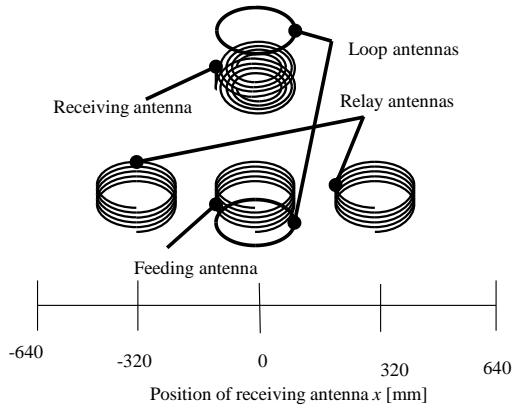
の中心を $x = -640$ [mm] から 640 [mm] まで 10 [mm] ずつ動かした。使用した二層スパイラル型共振アンテナには線径 2 [mm] の銅線を用いた。寸法は直径 220 [mm]、線間 5 [mm]、層間距離 20 [mm]、巻き数 5.5 [turn] であり、アンテナの自己共振周波数は 13.56 [MHz] である。なお巻き方向は逆巻きである。受電側共振アンテナを円形ソレノイド型共振アンテナとした場合も同様に実験した。円形ソレノイド型共振アンテナの寸法は直径 220 [mm]、線間 4 [mm]、巻き数 9 [turn] であり、アンテナの自己共振周波数は 13.56 [MHz] である。ループアンテナはインピーダンス整合と、共振アンテナが電源や負荷のインピーダンスから影響を受けないように働く。送電側共振アンテナとループアンテナ間距離は、受電アンテナに二層スパイラルアンテナを用いた時、逆巻きで 20 [mm]、順巻きで 40 [mm]、受電側共振アンテナとループアンテナ間距離は 60 [mm] 離して配置した。受電アンテナにソレノイドアンテナを用いた時、逆巻きで 20 [mm]、順巻きで 100 [mm]、受電側共振アンテナとループアンテナ間距離は 30 [mm] 離して配置した。

送電側ループアンテナにベクトルネットワークアナライザ (VNA) のポート 1 を、受電側ループアンテナにポート 2 を接続して S パラメータを測定する。電力伝送効率 η [%] は S パラメータを利用し、次の式より計算する。

$$\eta = \frac{|S_{21}|^2}{1 - |S_{11}|^2} \times 100$$



(a) ソレノイドアンテナを受電アンテナとした場合



(b) 二層スパイラルアンテナを受電アンテナとした場合

図1 中央送電配置実験概要図

ただし、 S_{11} は入力反射係数、 S_{21} は順方向透過係数を表す。中央送電配置では自己共振周波数よりも高い単一の周波数で安定した給電が可能となる性質があるため、本実験では自己共振周波数よりも高い $f=13.71$ [MHz] を測定周波数とする。

3. 実験結果

中央送電配置実験の結果を図2に示す。図2より、中継アンテナの直上の $x = -320$ [mm] から 320 [mm] までの範囲での平均電力伝送効率 η は case1 では $\eta = 55.2$ [%], case2 では $\eta = 67.5$ [%], case3 では $\eta = 70.4$ [%], case4 では $\eta = 23.8$ [%] となった。

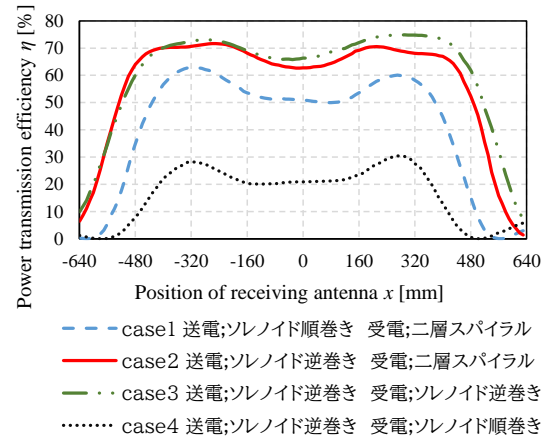


図2 $f=13.71$ [MHz] 時の中央送電配置の電力伝送効率特性

4. おわりに

実験結果より受電アンテナを二層スパイラルアンテナとすることでソレノイドアンテナを用いるより、送電アンテナの巻き方向によらず高効率で電力伝送を行えることが分かった。

今後は受電コイルに二層スパイラルアンテナを用いた場合、提案した配置で、高効率で安定した給電が可能かを、実際に電力を送って検証する。

5. 参考文献

- [1] T. Kashiwagi, K. Ukita, Y. Sakamoto and Y. Kato: "Power Transmission Performance Verification of a Non-contact Power Supply System for Railway Vehicles", RTRI report, Vol.29, No.11 pp. 35-40 (2015) 柏木隆行, 浮田啓悟, 坂本泰明, 加藤佳仁:「鉄道車両用非接触給電装置の電力供給性能検証」, 鉄道総合技術論文誌, Vol.29, No.11 pp. 35-40 (2015)
- [2] 浅野歩都, 淀川翔太, 森下明平:「磁気浮上搬送装置用非接触給電システムにおける漏電対策」, 電気学会研究会資料, MAG-20-105/MD-20-181/LD-20-124, pp.143-148 (2020).
- [3] 浅野歩都, 淀川翔太, 持田真衣, 森下明平:「移動体非接触給電における中継コイルを用いた場合の給電距離拡張を目的としたコイル配置の検討」, 電気学会 SPC/MD 合同研究会, SPC-21-111/MD-21-098, pp.25-30 (2021).