

結合共振型無線電力伝送におけるノーマルモード・コモンモード放射低減技術の研究開発 (155106001)

Research and Development on Normal- and Common-mode Emission Reduction for Coupled-resonant Wireless Power Transfer

研究代表者

平山裕 名古屋工業大学

Hiroshi Hirayama Nagoya Institute of Technology

研究期間 平成 27 年度～平成 29 年度

概要

近傍界を用いた結合共振型無線電力伝送における不要放射を低減するためのアンテナ構造を提案した。まず、フォールデッドスパイラルアンテナにより、従来の単純なスパイラルアンテナに比べてコモンモード抑圧比を 30dB、不要放射電力を 32dB 低減することを示した。さらに、異径フォールデッドスパイラルアンテナにより伝送効率 60%の距離を、アンテナサイズの 2.1 倍にすることができた。また、誘電体テープ巻きアンテナを提案し、ワイヤー巻きアンテナに比べて、不要放射を 2.6dB 低減できることを明らかにした。

1. まえがき

無線電力伝送用アンテナからの不要放射の発生原因には、近傍界を発生させるための電力伝送用アンテナが、遠方界放射のためのアンテナとして動作することによるノーマルモード放射と、大地に対する浮遊容量等により給電線に不平衡電流が流れることにより発生するコモンモード放射がある。本研究開発では、これまで培ってきた環境電磁工学 (EMC)、アンテナ工学、無線電力伝送工学の知見を活用・応用し、ノーマルモード放射とコモンモード放射を抑制するためのアンテナ形状を研究・開発することにより、無線電力伝送利用時の電波の共同利用を促進することを目的とする。

本研究課題で取り扱うアンテナは、近傍界を用いた共振型無線電力伝送に用いるため、遠方界の放射を目的とした従来の通信用アンテナに対し、遠方界の放射を抑制しつつ近傍界での結合係数を維持することが要求されることが、従来の通信用アンテナとの違いである。

2. 研究開発内容及び成果

2.1 フォールデッドスパイラルアンテナによる不要放射の低減

フェーズ 1 の研究では、スパイラルアンテナに、遠方界の通信で用いられているフォールデッド構造を適用することによりコモンモード放射を低減する方法を提案した(図 1)。フォールデッドダイポールアンテナはコモンモードを抑制する遠方界アンテナとして知られているが、これを近傍界での電力伝送に応用したことが特徴である。電磁界シミュレーションによりコモンモード抑圧比を 30dB、不要放射電力を 32dB 低減することができることを確認した。フェーズ 2 の研究では、フォールデッドスパイラルアンテナの 2 本の導体の半径を変化させた異径フォールデッドスパイラルアンテナ(図 2)を提案した。この構造は、導体の半径比の調整によりインピーダンス整合を実現できる(図 3)。この結果、整合回路を用いずに理論上の最大効率である η_{max} を実現し、伝送効率を向上させることで(図 4) 不要放射を低減すること(図 5)を提案した。結果として、伝送効率 60%を維持する伝送距離をスパイラルアンテナに比べて 3 倍に延長し、不要放射電力を 12.5dB 低減することを確認した。

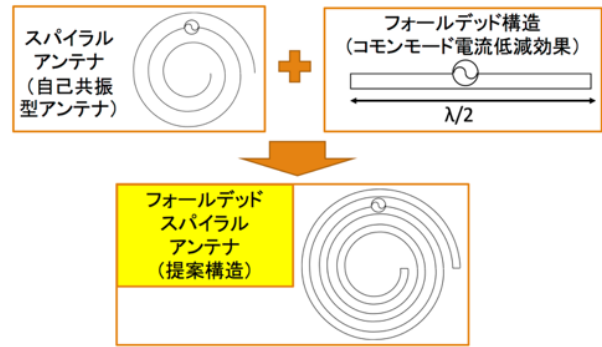


図 1: フォールデッドスパイラルアンテナ(FSA)の原理

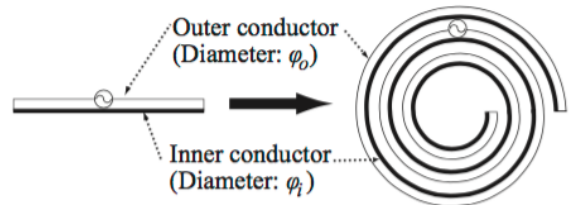


図 2: 異径フォールデッドスパイラルアンテナ

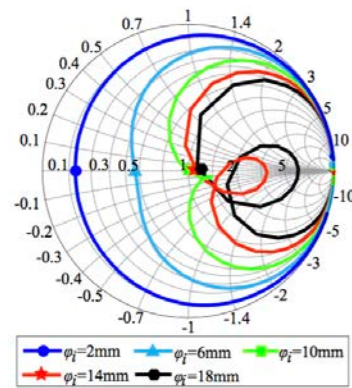


図 3 異径 FSA の入力インピーダンス (外導体半径を変化させた場合)

さらに、このアンテナを試作し、伝送特性・コモンモード抑圧特性を測定した(図6)。簡易的な実験では給電点でのコモンモード電流を、単純なスパイラルアンテナに比べて8.3dB低減できることが分かった。今後、より正確な測定を行っていく予定である。

2.2 誘電体テープ巻きアンテナを用いたノーマルモード放射の低減

通信用の小型アンテナでは、誘電体を装荷することによりアンテナサイズを小型化できるが、空間インピーダンスが 377Ω から離れ、また放射抵抗が下がるためアンテナの利得が低下することが知られている。このことを逆に利用し、近傍界での電力伝送効率を維持しながらも遠方界の不要放射を低減することを目的とした、誘電体テープ巻きアンテナを提案した。アンテナ構造を図7に示す。図7(a)は単純な自己共振スパイラルアンテナ、図7(b)は、テープ状導体を巻いたもの、図7(c)は、さらに誘電体を挿入したものである。

図8に、これらのアンテナの解析結果を示す。一番左は、図7(a)のスパイラルアンテナである。図7(b),(c)のモデルの導体・誘電体の幅 h による伝送電力 P_t 、放射電力 P_{rad} 、オーム損・誘電体損 P_{loss} の入力電力に対する割合を示している。テープ幅を最適化することにより、単純なワイヤー巻きアンテナに比べて、誘電体テープ巻きアンテナの放射電力が2.6dB低減できることが分かった。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

研究期間終了後も継続して実験による検証を進め、学会発表により成果を展開していく。また、本研究開発により提案された、異径フォールデッドスパイラルアンテナは、任意の負荷インピーダンスに対して整合回路を用いずに整合が可能という特徴がある。これを生かすためには、アンテナの後段にある整流器との一体設計が有用である。これを実現するために、現在、他機関との共同研究による受電レクテナシステムの研究開発を計画している。

これらの成果は、IoTデバイスなどに応用して波及効果を創出していく予定である。

4. むすび

現在実用化されている、コイルを用いた電磁誘導による電力伝送と、アンテナを用いた遠方界による電力伝送の中間に位置する、結合共振型無線電力伝送において、不要放射を低減するための異径フォールデッドアンテナ・誘電体テープ巻きアンテナを開発した。付随的成果として、異径フォールデッドスパイラルアンテナによるアンテナ単体でのインピーダンス整合法を提案した。

【誌上发表リスト】

- [1] M. Ando, H. Hirayama, "Impedance Matching using Folded Spiral Antenna for Coupled-resonant Wireless Power Transfer," Proc. of ISAP 2016, 1C4-5, pp. 56-57, 2016年10月25日
- [2] K. Nakamura, H. Hirayama, "On a Transmission Efficiency of Tape-wound Spiral Antenna for Coupled Resonant Wireless Power Transfer," Proc. of ISAP 2016, POS1-122, pp. 528-529, 2016年10月26日
- [3] H. Hirayama, M. Ando, T. Sonobe, "Suppression of Common-mode Radiation Using Folded-spiral Antenna for Wireless Power Transfer," Proc. of APEMC 2017, WE-PM-6, p. 86, 2017年6月21日

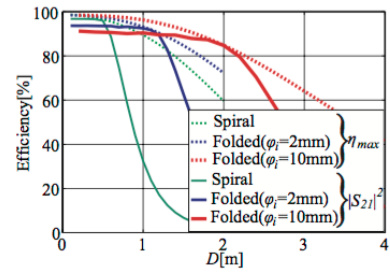


図4 異径 FSA の伝送距離に対する伝送効率

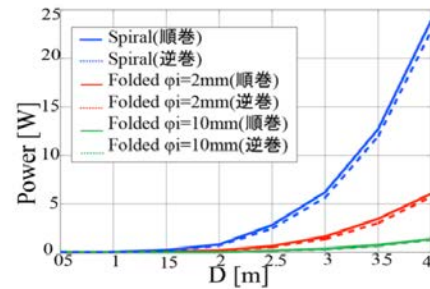


図5 異径 FSA の 1 W 受電時の総放射電力。横軸 D は伝送距離

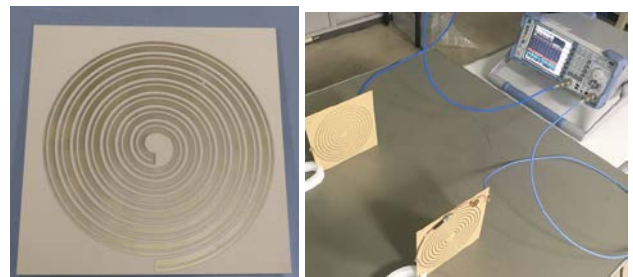
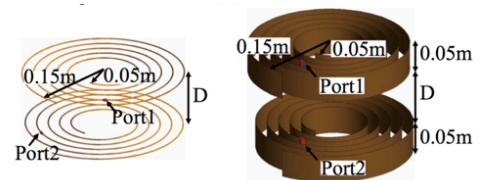
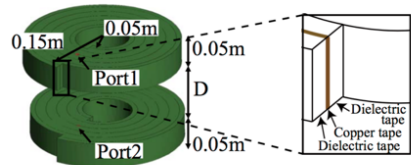


図6 (左)試作したフォールデッドスパイラルアンテナ (右)伝送特性の測定



(a) Wire-wound spiral antenna (b) Tape-wound spiral antenna



(c) Dielectric loaded tape-wound spiral antenna

図7 誘電体テープ巻きアンテナ

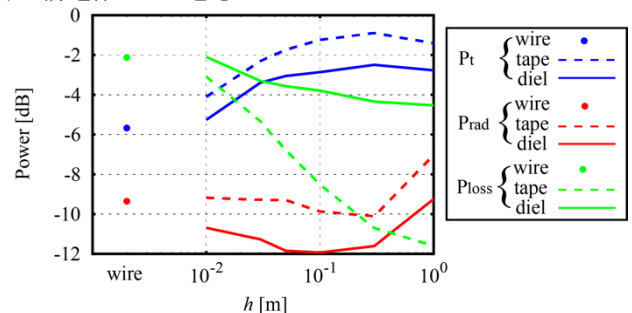


図8 誘電体テープ巻きアンテナの不要放射電力