

超伝導スパイラルコイルを用いた無線電力伝送の基礎検討

Study of wireless power transfer using superconducting spiral coil

○關谷 尚人、文珠川 祐輝 (山梨大工)

○Naoto Sekiya, Yuki Monjugawa (Yamanashi Univ.)

E-mail: nsekiya@yamanashi.ac.jp

1. まえがき

2007 年 MIT から磁界共鳴方式と呼ばれる共振を利用した無線電力伝送 (WPT) 方式が提案され、WPT 技術に対する関心が高まり様々な応用研究が進んでいる。

WPT システムの伝送効率は送受二つのコイルの結合係数と無負荷 Q 値 (Q_u) の積 ($K \times Q_u$) が大きいほど伝送効率が高いことが知られている。したがって、低損失である超伝導線材を用いることで伝送効率が向上することが期待され、超伝導ソレノイダルコイルを用いた無線電力伝送に関する研究が数件報告されている^[1,2]。しかし、これら報告では詳細な設計方法や結合係数と Q_u の定量的な測定がなされておらず、単に銅製コイルと超伝導コイルの伝送効率の比較が行われているだけである。

そこで、本稿では WPT システムの設計方法を中心に述べ、結合係数と Q_u の定量的な測定方法についても言及する。特に本研究ではこれまで検討されてこなかった超伝導スパイラルコイルを用いた WPT システムについて検討する。今回は超伝導コイルを模擬して銅コイルを用いて検討を行うが、実験が間に合えば超伝導コイルに関するデータを学会当日に発表予定である。

2. スパイラルコイル

図 1 に作製したスパイラルコイルを示す。超伝導線材は一般的な銅線と違いテープ状であることから、容易にスパイラル形状に巻くことができない。そこで、本研究では、EVA 樹脂に幅 4 mm、厚さ 0.1 mm、長さ 10 m の超伝導テープ線材を模擬した銅製のテープ線材を貼りつけてスパイラルコイルを実現した。コイルの直径は 26 cm である。

3. WPT システム設計、作製、評価

WPT システムは 2 段の帯域通過フィルタ (BPF) とみなすことができる^[3]ことから、BPF 設計理論を用いて設計を行う。BPF の設計理論を用いると設計パラメータは共振周波数、結合係数 K 、外部 Q 値で規定できる。従って 3 つのパラメータを測定し、BPF 設計理論に則した最適なパラメータを選ぶことで良好な BPF (WPT システム) が実現できる。作製した WPT システムの詳細な測定結果については当日述べる。

最後に、 Q_u の変化によってコイル間距離に対する KQ_u 積がどれだけ改善するか検討を行った。図 2 は図 1 の銅コイルの結合係数 K の測定結果をもとに Q_u を変化させた時の KQ_u 積とコイル間距離の関係である。 $KQ_u > 10$ のとき、伝送効率が 82% 以上であり、良好な伝送特性の目安となる。 $Q_u = 500$ の特性は銅コイルを用いた実験結果から算出した KQ_u 積である。図 2 からわかるように、コイル間距離を離しても高い伝送効率を維持するためには Q_u を高めることが必要であることがわかる。しかし、銅コイルで実現できる Q_u

は最大でもおよそ 1000 程度であり、銅コイルではさらなる伝送効率の向上は望めない。したがって、 Q_u の向上によって伝送効率を飛躍的に向上させることができるのは唯一超伝導コイルを用いた WPT システムだけであると考えられることから超伝導コイルの Q_u の定量的な測定が今後非常に重要となる。

4. まとめ

超伝導スパイラルコイルを用いた WPT システムの設計、作製、測定方法について明らかにした。また、 Q_u の向上が WPT システムの伝送効率を飛躍的に向上するために不可欠であり、超伝導コイルが大変有望であることを明らかにした。

参考文献

- [1] D. W. Kim, et al, IEEE trans. Appl. Supercond. Vol. 22, 5400604, 2012.
- [2] Y. D. Chung, et al, IEEE trans. Appl. Supercond. Vol. 24, 0500205, 2014.
- [3] 栗井郁雄, 電気学会論文誌 C、Vol. 130, No.12, pp. 2192-2197, 2010 年 12 月.

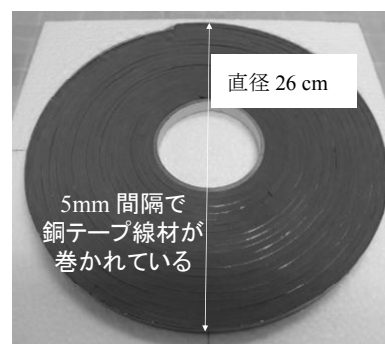


図 1 スパイラルコイル

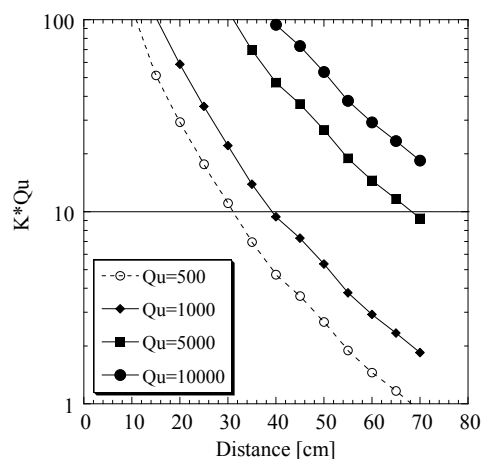


図 2 KQ_u 積とコイル間距離の関係