

ワイヤレス電力伝送におけるコの字型キャンセルコイルを用いた遠方の漏洩磁界抑制の基礎検討

明石 晃槻*, 居村 岳広 (東京理科大学)

Basic Study on Distant Leakage Magnetic Field Suppression Using Channel Shaped Cancel Coil in Wireless Power Transfer
Koki Akashi, Takehiro Imura (Tokyo University of Science)

1. まえがき

走行中無線電力伝送 (DWPT: Dynamic Wireless Power Transfer) の課題の1つとして漏洩磁界がある。近傍と遠方における漏洩磁界があるが、DWPT では遠方における漏洩磁界が特に懸念されており、その抑制が必要になる。先行研究として、近傍磁界を抑制する方法としてキャンセルコイルを用いる方法や磁気シールドを用いる方法が検討されているが、遠方磁界に対する検討はあまりされていない^{(1)~(3)}。本論文では、遠方漏洩磁界を抑制するための新たなコイルを提案し、提案するコイルによる遠方磁界抑制の効果と電力伝送効率について電磁界シミュレーションを用いて検討する。

2. 提案するコイル

本章では、提案するコイルについて紹介する。電力伝送を行う主コイルと遠方漏洩磁界を抑制するためのキャンセルコイルを用いて、設計したコイルの形状を Fig.1 に示す。コイルの形状としては、主コイルとキャンセルコイルの間にアルミ板を挟むことで、主コイルとキャンセルコイルの不要な結合を小さくし、キャンセルコイルのフェライトから出る磁界によって遠方漏洩磁界を打ち消すことを狙う。

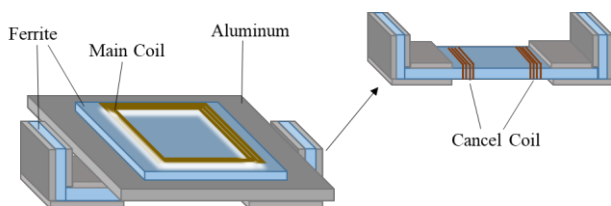


図1 提案するコイルの形状
Fig.1. Proposed Coil Shape

今回、HyperWorks 社の製品である CEM ソフトウェアの FEKO を用いて解析を行う。送電コイルと受電コイルは同コイルで、モデリングした図を Fig.2 に示す。主コイルは、外径 400×400 mm、巻数 15、ピッチ 1.8 mm。キャンセルコイルは、巻数 30、ピッチ 4 mm。コイルの線の太さは 1.8 mm。

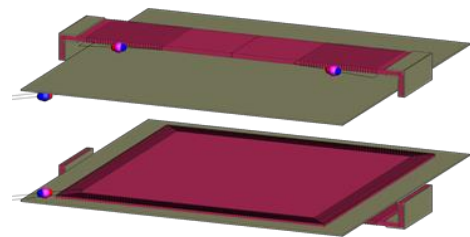


図2 送受電コイルのモデリング図
Fig.2. Modeling Diagram of Power Transmission and Reception Coil

表1 共振周波数 85kHz 時の L 値、 C 値、 Q 値

Table.1. L Value, C Value, Q Value at Resonance Frequency 85kHz

	Main Coil	Cancel Coil
Inductance [μ H]	244.58	250.33
Capacitance [nF]	14.33	14.01
Q Value	370	100

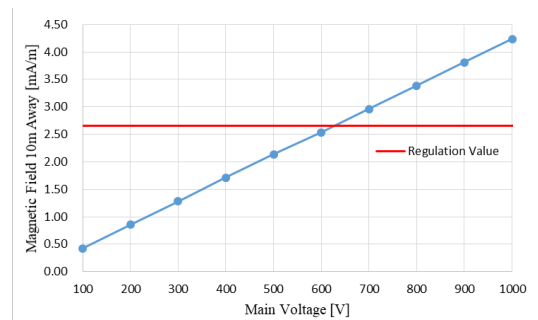


図3 主電圧と 10m 先の磁界の関係
Fig.3. Relationship between Main Voltage and Magnetic Field 10m Away

送受電間距離は 150 mm に設定。共振周波数は 85kHz とし、共振時の各コイルのインダクタンス、キャパシタンス、 Q 値は Table.1 に示す。

3. シミュレーション結果

本章では、2章で紹介したコイルのシミュレーション結果を示す。評価の方法として、総務省告示 207 号第 4 項(10 m)に示される規制値 2.66 mA/m との比較を行う。

初めに、主コイルにかかる電圧(主電圧)を 100V~1000V まで 100V ずつ変化させた時の 10m 先の磁界との関係を Fig.3 に示す。

Fig3 のグラフから提案するコイルで漏洩磁界が規制値を超えるのが、主電圧 600V 以上の時である。本論文では、キャンセルコイルの基礎特性を得る目的で規制値を大幅に上回る主電圧 1000V で漏洩磁界抑制の評価を行う。主電圧 1000V の時、キャンセルコイルにかかる電圧(キャンセル電圧)を 0~1000V まで 100V ずつ変化させて解析を行う。この時、Fig.4 に示すように、キャンセルコイルの端の部分が高さを合わせた時(a)と 20mm 上に出ている時(b)の 2 つの場合に分けて解析を行い、キャンセル電圧と 10m 先の磁界の関係を Fig.5 に示す。

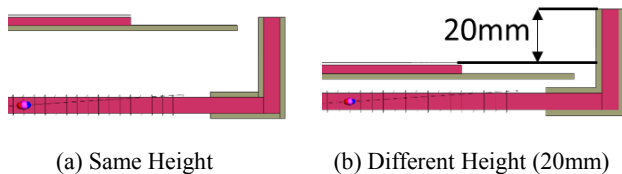


図 4 2 種類のキャンセルコイル配置図

Fig.4. Two Types of Cancel Coil Layouts

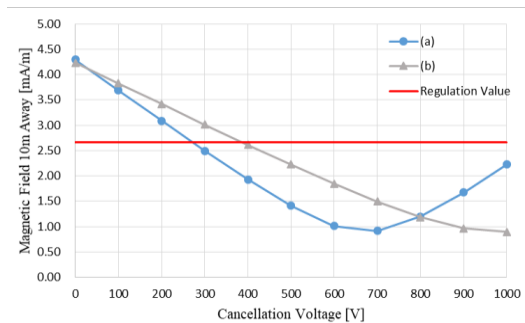


図 5 キャンセル電圧と 10m 先の磁界の関係

Fig.5. Relationship between Cancellation Voltage and Magnetic Field 10m Away

Fig.5 の結果から、提案するキャンセルコイルによる磁界の低減が確認できる。また、キャンセルコイルの配置によって磁界抑制の效果に変化があり、出っ張りなしの方が低い電圧で磁界抑制の效果が得られることが確認できる。

次に、キャンセル電圧を 0~1000V まで 100V ずつ変化させたときの電力伝送の効率のグラフを Fig.6 に示す。伝送効率は、送受電の主コイルの電力のみを見た時の効率を示す。

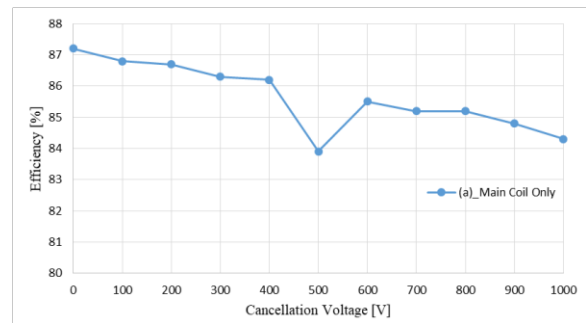


図 6 電力伝送効率

Fig.6. Power Transmission Efficiency

Fig.6 の結果から、提案するコイルによる電力伝送効率への影響はあまりないことが確認できる。

4. まとめ

本論文で、電磁界シミュレーション上において主電圧 1000V の時にキャンセル電圧 300V で規制値を下回ることを確認でき、提案するコイルの遠方における漏洩磁界抑制の效果を示すことが出来た。今後の展望として、実際にコイルを作製して実験を行い、シミュレーション結果と実験値との比較を行う。

本論文で磁界抑制の評価を行うにあたり、主電圧 1000V と現実的ではない値を利用した。これは、解析では漏洩磁界が小さく見積もられてしまい、低い主電圧では磁界抑制効果が見えにくいためである。

今後の課題としては、低い主電圧でも解析結果より漏洩磁界が大きくなることが予想されるため、それを考慮した比較を行う。

謝 辞

本研究の一部は JSPS 科研費 17H04915 の助成を受けたものです。

文 献

- (1) 古川 啓太, 日下 佳祐, 伊東 淳一, “非接触給電用コイルのインダクタンス変動を抑制する漏洩磁界キャンセルコイルの設計法”, 半導体電力変換研究会, 2018(90-104), p.53-58, 2018.7.2
- (2) 名雪 拓弥, 根本 孝七, 池谷 知彦, “非接触給電における 4 枚のコイルを用いた高調波磁界低減”, 電気学会論文誌 D, Vol.138, No.6, p.522-529, June 2018
- (3) Hongseok Kim, Chiuk Song, Jonghoon Kim, Jiseong Kim, Jounggho Kim, “Shielded Coil Structure Suppressing Leakage Magnetic Field from 100W-Class Wireless Power Transfer System with Higher Efficiency”, 2012 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission, Technologies, Systems, and Applications, May 2012