

ワイヤレス電力伝送システムにおける スペクトラム拡散を用いた放射ノイズレベル低減効果の検証

井上 拳斗*, 日下 佳祐, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

Verification of Reduction Effect in Radiation Noise Level for Inductive Power Transfer System using Spread Spectrum
Kent Inoue, Keisuke Kusaka, Jun-ichi Itoh (Nagaoka University of Technology)

1. はじめに

近年、電磁誘導現象を用いたワイヤレス電力伝送(WPT)システムにおいて、放射ノイズレベルの抑制手法が研究されており⁽¹⁾、これまで筆者らはインバータのスイッチング周波数を限定された範囲で可変させながら電力伝送を行う手法を2種類提案してきた。しかし、これまでは一次側電流の高調波を用いて評価されており、実際にコイルから放射される放射ノイズが抑制可能かどうか明らかにされていなかった。そこで本論文では、これら2種類の提案法について磁界プローブを用いてノイズ測定を行い、ノイズレベル低減手法の有用性を確認したので報告する。

2. 提案システム

図1にEV用WPTの放射ノイズ規制値(検討中)を、図2に提案システムの構成図を示す。本システムでは、インバータのスイッチング周波数を利用可能帯域である80 kHz~90 kHzで可変し、放射ノイズのスペクトラムを拡散することでノイズレベルの低減を図る。

<2.1> 拡散方法 放射ノイズのスペクトラム拡散方法として以下の2種類を示す。

① 電圧に基づいた拡散法(以下、「SSUD」)

この方式では、生成される擬似乱数から割り当てられるスイッチング周波数の確率分布を均一にする。そのため、伝送コイルに印加される電圧のスペクトラムが均一に拡散される。

② 電流に基づいた拡散法(以下、「SSBD」)

WPTシステムでは伝送コイルに対して共振コンデンサを挿入するため、非接触給電部のインピーダンスが周波数に強く依存する。そこで、SSBDでは予め非接触給電部のインピーダンスを測定し、測定したインピーダンスに応じて、生成される擬似乱数から割り当てるスイッチング周波数の確率分布に偏りを持たせる。この偏り具合は、LC回路の最小インピーダンスを1として、それぞれインピーダンス値に応じて決定する。

3. 実験条件及び測定方法

<3.1> 実験条件 表1に実験条件を示す。なお、図中の自己インダクタンスは、送電側コイルと受電側コイルを

伝送距離150 mmを介して設置した状態で測定した値である。

<3.2> 測定方法 図3にノイズ測定方法を示す。実験設備の都合上、CISPRで示す条件で測定ができないが、放射ノイズは磁界プローブ(ELECTRO-METRICS EM-6993)で測定し、従来法と比較して各提案法の効果と評価を行う。測

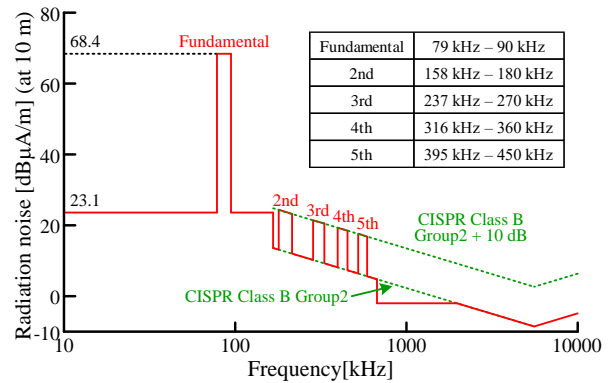


Fig. 1 Regulation on radiation noise of WPT for EVs. (under discussion)

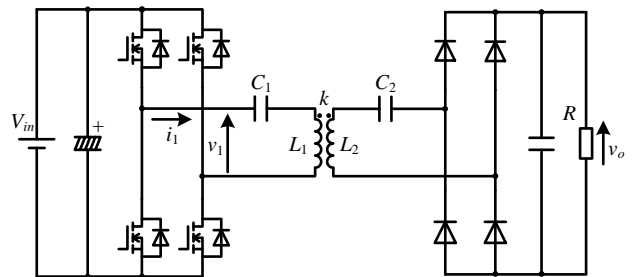


Fig. 2 System configuration of WPT.

Table 1 Specification of prototype.

	Symbol	Value
Input DC voltage	V_{in}	420 V
Coupling coefficient	k	0.20
Primary inductance	L_1	392 μ H
Secondary inductance	L_2	401 μ H
Primary capacitance	C_1	8.96 nF
Secondary capacitance	C_2	8.78 nF
Transmission distance	l	150 mm

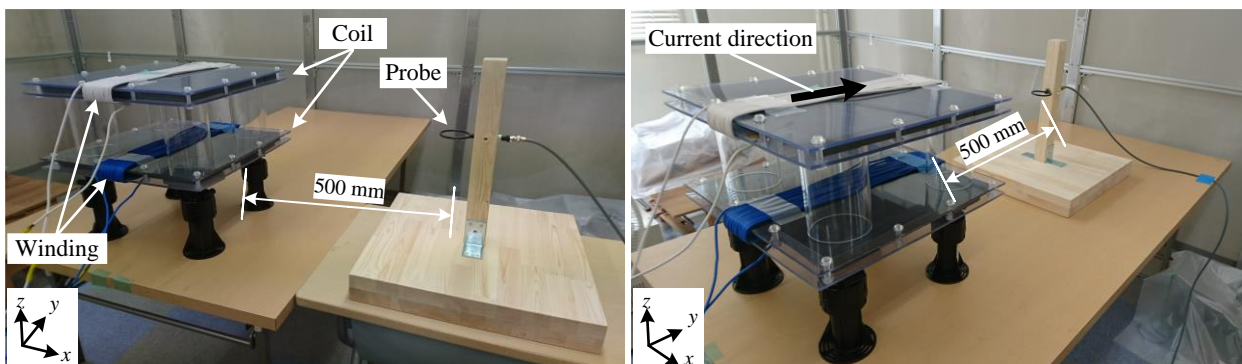


Fig. 3 Condition of radiation noise measurement.

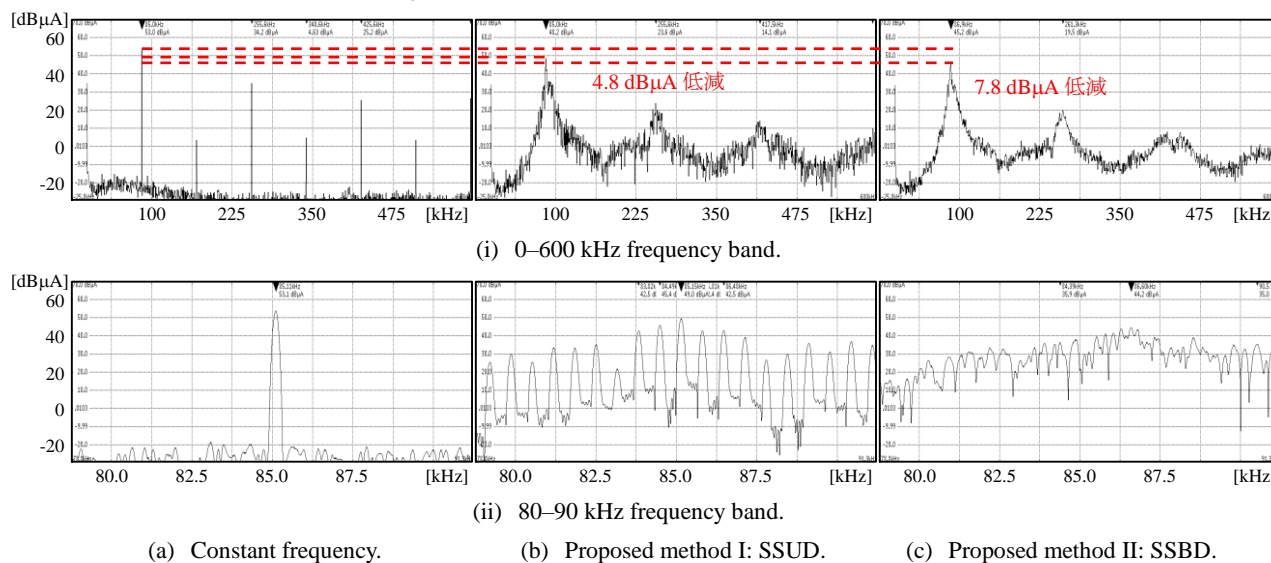


Fig. 4 Radiation noise.

定距離は、コイル端から磁束方向及び巻線方向に 500 mm とした。

4. 放射ノイズ測定による低減効果の検証

図 4 に放射ノイズの測定結果を示す。図 4(a) がスイッチング周波数を一定とした場合、図 4(b) が SSUD を用いてスイッチング周波数を可変した場合、図 4(c) は SSBD を用いてスイッチング周波数を可変した場合の結果である。各動作時の効率は、一定時では 94.9%、SSUD では 94.1%、SSBD では 93.8% であり、効率に対する影響がほとんどないことを確認した。この結果から、一次電流の高調波解析により得られていた結果と同様に、SSUD、SSBD を用いてスイッチング周波数を可変させて電力伝送を行うことで放射ノイズのスペクトラムが拡散されていることを確認した。周波数を一定として駆動する場合に対して、基本波周波数近傍のノイズは、SSUD では 4.8 dB μ A、SSBD では 7.8 dB μ A で低減された。この結果より SSBD の方がノイズの低減効果が大きいことを確認した。また、基本波周波数近傍のスペクトラムに着目すると、SSBD は SSUD に比べ、選択した周波数毎のスペクトラムが現れにくく低減効果が大きい。

5. まとめ

本論文では、これまでに筆者らが提案した 2 種類の放射ノイズレベル低減手法の有用性を検証するため、放射ノイズの測定及び評価を行った。その結果、これまでの電流高調波での評価と同様に、2 種類の提案手法による放射ノイズの低減効果を確認し、効率に対する影響がほとんどないことも確認した。また、SSBD は SSUD に比べて周波数毎のスペクトラムが現れにくいため、放射ノイズレベル低減の効果は高い。

文献

- (1) 佐藤亨耶, 徐将希, 金子裕良, 阿部茂: 電気学会 半導体電力変換・モータドライブ合同研究会, SPC-14-016, MD-14-016, pp.93-98 (2014)
- (2) K. Kusaka, K. Inoue, J. Itoh: The International Electric Vehicle Technology & Automotive Power Electronics Japan Conference, No. 20169063 (2016)
- (3) K. Inoue, K. Kusaka, J. Itoh: IEEE Energy Conversion Congress Expo, EC-0308 (2016)