

22kW 三相 12 コイル非接触給電システムの 漏えい電磁界評価

日下 佳祐*, 楠居 琳太郎, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)
司城 徹, 尾林 秀一, 石田 正明 (株式会社東芝)

Radiation Noise Measurement of Three-phase Inductive Power Transfer System with 12 Coils
Keisuke Kusaka, Rintaro Kusui, Jun-ichi Itoh (Nagaoka University of Technology)
Tetsu Shijo, Shuichi Obayashi, Masaaki Ishida (Toshiba Corporation)

1. はじめに

著者らはこれまで、12 個のソレノイドコイルを用いた大容量向け三相非接触給電システムを提案してきた。提案システムは 12 個のコイルを用いることで、コイル間の不要結合の影響なく三相での電力伝送が可能であり大容量化に適する⁽¹⁾。しかしながら、大容量非接触給電では漏えい電磁界が CISPR (国際無線障害特別委員会) の定める漏えい電磁界ガイドラインを超過する恐れがある。本論文では 22 kW 非接触給電システムを試作し、10 m 法における漏えい電磁界測定を行ったので報告する。

2. 非接触給電システム

2.1. 三相非接触給電システムの構成

図 1 に三相非接触給電システムの回路図を示す。本システムは 1 次側スター結線-2 次側スター結線の 1 次側直列-2 次側直列補償 (S/S 補償) に基づいた三相非接触給電システムであり、各相に 2 つのソレノイド型コイルを直列接続する。

図 2 に伝送コイルの配置図を示す。同相内で直列接続された伝送コイル (例えば L_{u1A} と L_{u1B}) は差動接続となるよう接続し、対向配置する。対向配置したコイルは、放射磁界の測定を行う分遠方ではそれぞれのコイルから生じる磁束が打ち消し合うため、放射磁界の抑制が可能となる。また、各相のコイルを 120 度ずつ配置し、三相電流を流通することで、電力伝送に寄与しない不要結合に起因する誘起電圧をキャンセルする。これにより、不要結合の影響を受けない。

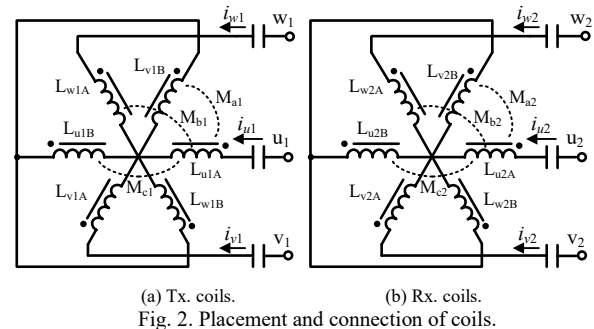


Fig. 2. Placement and connection of coils.

2.2. 22kW 試作機

漏えい磁界評価を実施するため、定格出力 22 kW の試作機を作成した。表 1 にシステムの仕様を示す。本システムでは、受電側整流器後段に昇降圧コンバータを接続することで、想定するバッテリー電圧に応じて整流器出力電圧を所望の値に調整可能である。また、昇降圧コンバータの出力は 1 次側インバータの直流部に接続し、電力を循環させる。

3. 実験結果

図 3 に 22 kW 出力時の実験波形を示す。実験結果より、インバータ出力線間電圧に対してインバータ出力電流が 30 度位相遅れとなっており、力率改善動作が設計通り得られていることを確認した。なお、出力電力 22 kW、負荷電圧 400 V の際の伝送効率は 91.1%である。

22 kW 非接触給電システムの有用性を評価するため、10 m 法電波暗室により、伝送コイルの漏えい電磁界の評価を行った。本測定は、新潟県工業技術総合研究所の 10 m 電波

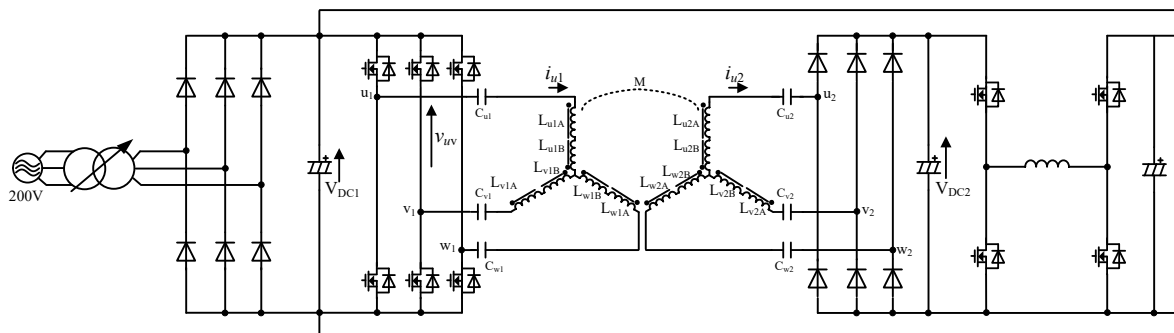


Fig. 1. Three-phase wireless power transfer system for 22-kW test.

暗室（一般財団法人 VCCI 協会登録サイト）により実施し、CISPR11 に準拠した。なお、伝送コイルからの漏えい電磁界のみを評価するため、電力変換回路はすべて測定サイトの地下ピットに収納し試験を行った。

図 4 に 22 kW 伝送中の漏えい磁界測定値を示す。図中において、点線は CISPR11 クラス A グループ 2 のガイドラインを示している。ただし、9 kHz から 150 kHz に関しては未規定であるため、国内の 7.7 kW 以下のワイヤレス給電システム向けの漏えい磁界ガイドライン値を示している。また、グレーの実線は非接触給電システムの休止中に観測した測定サイトの暗ノイズである。150 kHz から 30 MHz の周波数領域に着目すると、CISPR11 クラス A グループ 2 のガイドラインを満足可能であることを確認した。一方、伝送周波数である 85 kHz 帯において、漏えい磁界ピーク値は 73.5dB μ A/m となり、国内の 7.7 kW 以下向けワイヤレス給電システムのガイドライン値 68.4dB μ A/m を超過する結果となった。ただし CISPR11 では、22 kW 以下のワイヤレス給電システムに対して 85 kHz 帯のガイドラインを 92.8dB μ A/m と新たに定めることが提案されており、今後改訂予定となっている⁽²⁾。改定後のガイドラインに対しては全周波数領域において CISPR11 クラス A グループ 2 を満足する見込みである。

図 5 に 30 MHz から 1 GHz 帯における漏えい電界測定結果を示す。漏えい電界についても、すべての周波数領域で CISPR11 クラス A グループ 2 のガイドラインを満足可能であることを確認した。

4. まとめ

本論文では、三相非接触給電システムの漏えい電磁界の測定を行った。その結果、CISPR11 クラス A グループ 2 が

定める 150 kHz 以上の周波数においてガイドラインを満足することを確認した。また、CISPR11 の改訂により新たに定められる 150 kHz 以下の漏えい磁界についても満足する見込みである。なお本研究は、総務省電波資源拡大のための研究開発「大電力ワイヤレス電力伝送システムの漏えい電磁界低減化技術の研究開発」の一部として行われたものです。

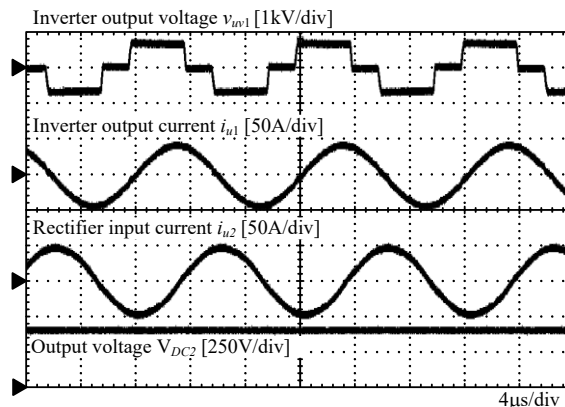


Fig. 3. Operation waveforms.

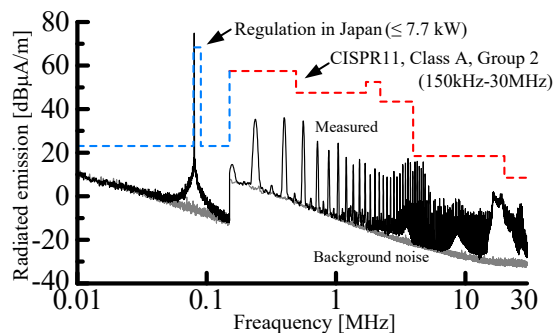


Fig. 4. Magnetic field measured in 10-m anechoic chamber in x-axis.

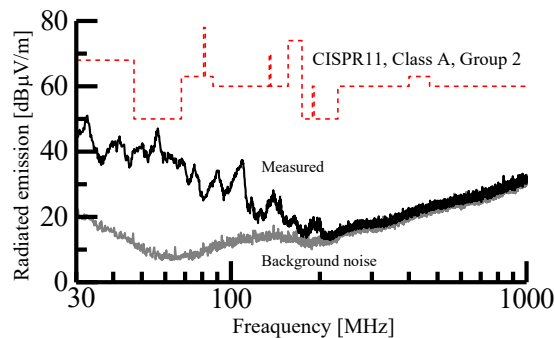


Fig. 5. Electric field measured in 10-m anechoic chamber in vertical direction.

Table I. Parameters of prototype with an output of 22 kW.

Parameters		Symbols	Value
Rated output power		P_m	22 kW
Primary voltage		V_{DC1}	650 V
Secondary voltage		V_{DC2}	200-400 V
Transmission frequency		f	80 kHz
Air gap		g	90 mm
Core width		x	500 mm
Core length		y	250 mm
Core thickness		z	10 mm
Radius		r	750 mm
Number of turns	Primary	N_1	8 turn
	Secondary	N_2	5 turn
Self-inductance	Primary	L_{1Y}	21.8 μ H
	Secondary	L_{2Y}	8.52 μ H
Main coupling		k	0.55
Core			PC95, TDK

文献

- (1) K. Kusaka, R. Kusui, J. Itoh, D. Sato, S. Obayashi, M. Ishida: "A 22 kW-85 kHz Three-phase Wireless Power Transfer System with 12 coils," ECCE2019, pp. 3340-3347 (2019)
- (2) 三沢: 「2019 春季大会フォーラム EV への給電システムの最新動向 CISPR での不要輻射許容値の国際検討状況」, 自動車技術会, pp. 15-20 (2019)