

近距離場における超音波無線給電システムの給電効率改善に関する研究

長谷 健介[†] 嶋本 薫[†] 劉 江[†]

[†] 早稲田大学大学院基幹理工学研究科情報理工・情報通信専攻

1. はじめに

近年、近距離場における無線給電技術の実用化に向けてその実用条件を定める検討が日本でも為されている。その中でも電磁波漏洩問題が懸念視されており、他の無線機器との干渉や安全性が調査されている。本稿では、安全な電磁界以外の無線給電技術として超音波を採用し、エネルギー効率の高いシステムを構築するために、様々な特性を調査し検討する。システム構成は図1に示す。

2. Butterworth-Van Dyke モデル

ランジュバン振動子を含む圧電トランスデューサの電気的等価回路は一般的に Butterworth-Van Dyke (BVD) を用いてモデル化する。そのアドミタンス Y は式(1)で求められる[1]。

$$Y(\omega) = \frac{\omega C - \omega C_d(\omega^2 LC - 1) + j\omega^2 CRC_d}{R\omega C + j(\omega^2 LC - 1)} \quad (1)$$

ここで、 ω : 角周波数[rad/s], C_d : 制動容量, R : 弾性損失, L : 質量慣性, C : 弾性コンプライアンスである。BVD モデルは共振/反共振の周波数とそのアドミタンスで導出することができる。図2では送信機側のランジュバン振動子のアドミタンス特性(絶対値)の実測値とBVDモデル推定値を比較している。結果をみると、BVDモデル推定値は共振辺を超えると実測値と大きく差が開いていることがわかる。

最もエネルギー効率の高い周波数は共振周波数ではなく、損失低減メカニズムが働く共振/反共振の間の周波数であるため[2]、BVD モデルを適用することは妥当でないことが考えられる。

3. 送受信接触面に介する材料と給電効率の関係

実用的な場面を想定して、送受信機の接触面に銅、アルミニウム、檜、ゲル、シリコンの5つの厚さ 2[mm]の材料を用いて、それらの給電効率を比較した結果を図3に示す。参考としてそれぞれの材料を挿入した際の送信機側の複素インピーダンスも示している。この結果から送受信接触面に介する材料の中でアルミニウム板が最も給電効率が高いことがわかった。どの材料も直接接触させた場合に比べて大きくエネルギー減衰が起こっていることがわかるが、それぞれの材料のインピーダンスをみると、直接接触させた場合のインピーダンスに近似した値になればなるほど給電効率が高くなることが考えられる。

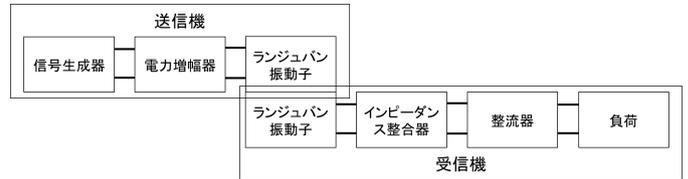


図1 近距離場の超音波無線給電システム構成

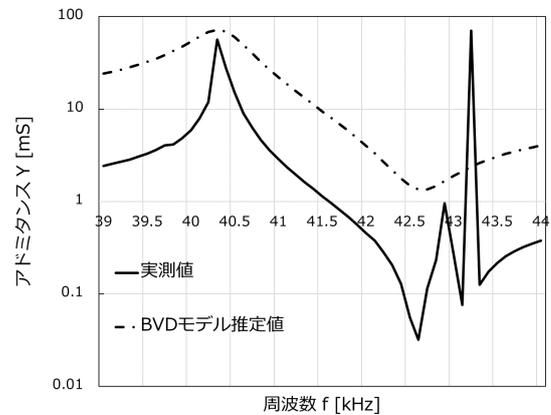


図2 ランジュバン振動子のアドミタンス特性

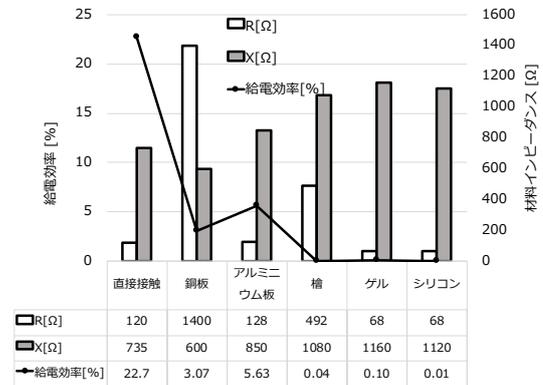


図3 送受信接触面に介する材料と給電効率

5. おわりに

ランジュバン振動子の電気的特性をより明確にし、給電効率の向上を図っていく。

参考文献

- [1] H. Huang and D. Paramo, "Broadband electrical impedance matching for piezoelectric ultrasound transducers," in IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, vol. 58, no. 12, pp. 2699-2707, December 2011.
- [2] Shi, W., Shekhani, H.N., Zhao, H. et al. Losses in piezoelectrics derived from a new equivalent circuit. J Electroceram 35, 1-10 (2015).