

V-WPT 方式を用いた電動車両への走行中無線充電における床構造の検討

日大生産工(院) ○栗津 響 日大生産工 関 智弘

1. まえがき

電気自動車への走行中充電の方法として、床下に埋め込んだ送電板と車両タイヤ内のスチールベルトを容量結合させることで電気エネルギーを無線送電する電界結合を利用したタイヤ集電方式 (Via-Wheel Power Transfer: V-WPT) が考案されている。ここで、電界結合による無線電力伝送技術の応用として、屋内の生産施設内を走行する自動搬送車両 (Auto Guided Vehicle : AGV) や電動フォークリフトなどへの走行中給電を考え、送受電効率向上のための道路構造を報告する。これらのAGVや電動フォークリフトも電気自動車と同様に内蔵されたバッテリーによって駆動するため、施設内を走行しながら同時に無線で電力を受電する事で、待機台数の確保や充電の手間といった課題を解消する事が期待できる。本研究では、誘電損による走行中電動車両への送電効率低下を抑制するため、送電側電極間に空隙を設け、鋼繊維を添加したモルタルパネルで埋める構造を提案する。

2. 提案手法

V-WPT方式による電動車両への走行中無線充電のシステム図をFig.1に示す。V-WPTでは床下に埋設された送電電極Txと車両タイヤ内スチールベルト間に存在している施設床面の表層材料およびタイヤゴム部が誘電体となるが、この材質を高比誘電率および低誘電正接とすることで、理論最大効率 η_{max} が向上する[1]。ただし、V-WPTでは2枚の送電電極間に電界が集中してしまい、その部分での誘電損失が大きくなってしまう。そのため、本提案では送電電極間の電界が集中する部分に空隙を設け、空隙を高比誘電率および低誘電正接となる鋼繊維添加モルタルパネルで補完する構造を提案する。この構成により電界の干渉による誘電損失を低減し、V-WPTによる電力伝送効率 η_{max} を向上させることを目的とする。

3. 解析方法

解析モデルをFig.2およびFig.3に示す。解析における線路長は5 mとし、基底材料は発泡系建材 (比誘電率 1,誘電正接 0) とすることで表層材料による影響を確認する。遠端に受電用のタイヤを配置し、タイヤ内の鉄製スチールベルトと床面内の送電パネルを容量結合させることで無線電力伝送を行う。ゴムタイヤの比誘電率は7,誘電正接は0.3とした。無線電力伝送ではISM帯を利用することを想定し、周波数は13.56 MHzとした。鋼繊維を添加した繊維補強モルタルとして、通常モルタルと鋼繊維をそれぞれ20層ずつ、計40層を交互に積み重ねた材料を送電電極間材料として用いる。

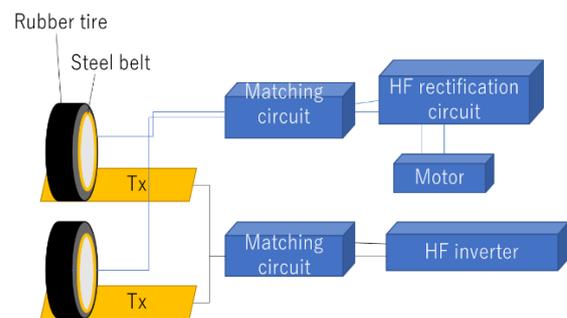


Fig.1 V-WPTのシステム図

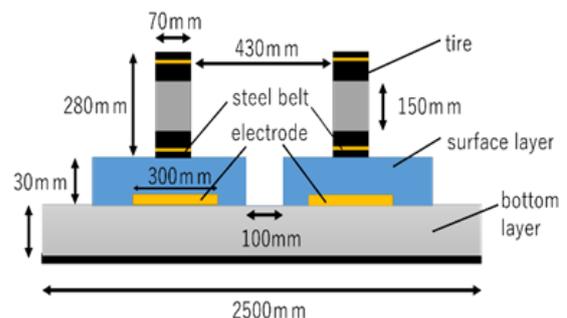


Fig.2 解析モデル



Fig.3 解析モデル断面図

Examination of floor structure for wireless charging while driving to electric vehicles using V-WPT method

Hibiki AWAZU and Tomohiro SEKI

4. 解析結果および検討

はじめに,送電電極間に空隙を設けた構造にした場合の η_{max} の変化を解析した.解析結果をFig.4に示す.ここで,無線電力伝送における理論最大効率 η_{max} は

$$\eta_{max} = |S_{21}|^2 \quad (1)$$

とする.図から分かるように,解析周波数となる13.56 MHz付近で空隙を設けた構造は η_{max} が4.38%向上する事が分かる.次に,送電電極間素材に鋼繊維を添加することで高比誘電率および低誘電正接を実現し, η_{max} の向上を目的とする.配合する鋼繊維の量は超高強度繊維補強コンクリート(UFC: Ultra High Strength Reinforced Concrete)を基準として100%,75%,50%,25%とした. Fig.5に提案した鋼繊維補強モルタルを送電電極間素材に使用した際の η_{max} を示す.モルタルパネルへの鋼繊維添加割合が増加するほど高比誘電率・低誘電正接の条件に近づき, η_{max} が増加する事が分かった.また,生産施設内の床表面が常に湿潤している状況についても解析を行い,その場合の送電電極間の素材による η_{max} の比較をFig.6に示す.床表面が乾燥している場合と比較して全体的に η_{max} は低下するが,モルタルパネルに添加する鋼繊維の比率が増加するほど η_{max} が増加する事が分かった.

5. まとめ

本検討では,V-WPTにおいて電界が集中する送電電極間に空隙を設け,その空隙の補填として鋼繊維添加モルタルを使用する構造を提案した.送電電極間に空隙を設けることで無線電力伝送における理論最大効率 η_{max} が向上し,またUFC比で100%の割合で鋼繊維を添加したモルタルパネルを空隙部分に使用する事で η_{max} が向上する事が分かった.

参考文献

- 1) 崎原孫周, 大平考, 電動車両走行中電界結合ワイヤレス給電の要素技術, 豊橋技術科学大学博士学位論文, pp.58-85,
- 2) 鈴木良輝, 坂井尚貴, 大平考, 自動車タイヤとアスファルトスラブによるV-WPT系の最大有能電力伝達効率解析, 信学技報WPT2014-6, vol.114, no.9, pp.27-30, April 2014
- 3) 澤田篤, 鈴木良輝, 崎原孫周, 坂井尚貴, 大平考, 遠藤哲夫, 藤岡友美, EVERの電力伝達効率 η_{max} を向上させる, 信学技報WPT2015-18, vol.115, no.3, pp.93-96, April 2015

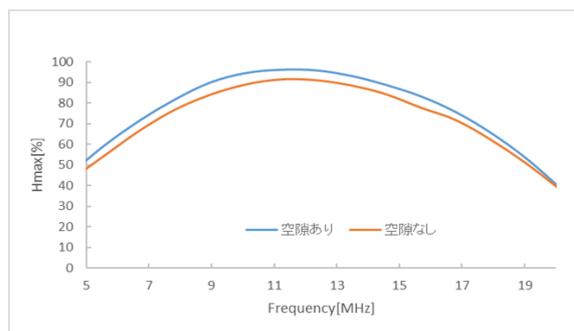


Fig.4 空隙の有無による η_{max} の変化

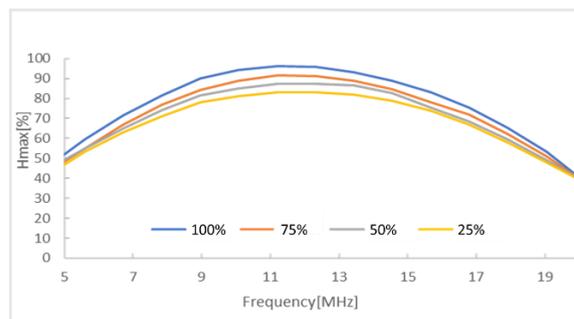


Fig.5 鋼繊維添加比率による η_{max} の変化

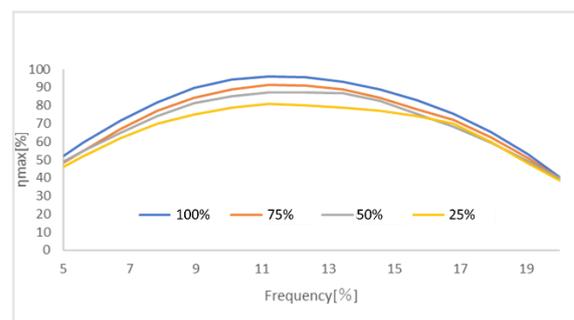


Fig.6 湿潤状態での η_{max} の変化