

論文の内容の要旨

論文題目 非接触電力伝送システムの補償回路の体系的設計論

-多様な電気自動車向け給電システム実用化を目指して-

Systematic design methodology of compensation circuit for wireless power transfer system

- Aiming for commercial application of various wireless power transfer in electric vehicles

氏 名 武田 広大

本論文では、磁界結合型非接触電力伝送システム(WPTS: Wireless power transfer system)の普及を促進するために、補償回路に関する専門的な知識を必要としない補償回路設計論を構築する。そのために、実用的制約を考慮したWPTの電力伝送特性を送受電分割による解析及び、その可視化方法を提案する。さらに、この結果を利用し、電気自動車(EV)用WPTSの設計などに応用可能な補償回路設計を行う。

論文全体の構成は以下の8章である。

1章と2章では、WPT技術の現状と抱える課題を特に補償回路の観点からまとめ、補償回路設計の重要性とその難易度について入出力制御および、共振条件の有無から整理している。さらに、製品として設計する際に考慮すべき電源や送受電コイルの電流制約、互換性の課題について述べている。

3章では、WPTSを送電側と受電側に分割して解析する手法、及びその結果の可視化について提案している。この分割解析により送電側と受電側の補償回路の電力伝送特性を個別に議論できるようになり、考えられる様々な組み合わせの補償回路を統一的に議論できる。そして、分割解析結果を複素インピーダンス平面上に可視化することで、実用的な制約条件を含めた補償回路が持つ電力伝送特性の推定が可能であり、その方法を説明している。これらの可視化マップを利用することで従来の共振回路とそうでない補償回路のもつ出力電力特性を直感的に把握が可能となる。

4章では、3章で求めた可視化マップの持つ有用性を設計に応用できる形で具体化するために、負荷以外の抵抗を無視した場合の、電力とインピーダンスの関係から円と直線

の方程式を導出できることを示す。これによって、複数の円を描くことで可視化マップを作図でき、そこから電力特性を手動で導ける。

5章では、送受電分割解析と幾何学的特徴を利用した実用的制約を満たす定格電力給電可能な補償回路の設計アルゴリズムについて述べている。この設計では、実用的な制約として、電源の電流電圧及び電流位相、送受電コイルの電流を扱い、これらの制約を指定されたパラメタ変動範囲に対して満たすような補償回路が得られる。提案したアルゴリズムでは、送受電分割解析に基づき、受電回路→送電回路の順に設計を行う。また、定格給電時の制約条件の充足を、幾何学的特徴を利用することで高速で判定している。この設計法を用いたシミュレーションによって得られた結果から電流制約と給電力率にトレードオフの関係があることが示される。また、幾何学的特徴と可視化マップを利用した手動での補償回路の調整方法についても説明する。

6章では、実際のEV向け静止中給電の標準化規格であるSAE J2954を例としてとりあげ提案設計法を適用する。本規格では異なるシステム間での給電評価が必要であり多くの組み合わせが存在する。そこで、提案した送受電分割解析と可視化を利用することで、給電評価結果を分かりやすく提示する。さらに、互換性が取れていないシステム同士の回路を可視化マップを利用し、提案設計アルゴリズムに取り込むことで給電互換性を担保する回路設計を行う。

7章では、送受電分割解析と幾何学的特徴に基づいて、結合係数変動に対する電力動揺を抑制する補償回路設計手順を提案する。この設計では電力設計問題を幾何学の問題として再解釈することで煩雑な数式計算を回避している。共振条件を全く仮定しないことで、先行研究で提案されている手法に比べより高い電力平滑化を達成できる。

8章では、本論文で得られた成果と今後の課題についてまとめる。

optional.

2. 論文博士は日本語で記入してください。（課程博士は英文でもよい。）
横書き、片面刷りとしてください。
2. **If you are obtaining your Doctorate degree by submitting a thesis (as a Ronpaku), your thesis summary must be written in Japanese.** (If you are obtaining your degree by completing the course requirements of a Doctorate program, a thesis summary in English is acceptable.)
The thesis summary is formatted with **horizontal writing and single-sided print.**
3. 大きさはA4判とし4ページ以内、10ポイント程度の活字で印刷したものとしてください。
(日本語の場合は4,000字以内（英語の場合は2,000語以内）とする。)
3. The thesis summary is to be printed on **A4-size paper** and digested into **four pages or less** using **approximately a 10 point type.**
(The restriction is **4,000 characters** for a Japanese summary and **2,000 words** for an English summary.)
4. 第1ページ上部に、タイトルを「論文の内容の要旨」とした上で、論文題目及び氏名を記入し、その下から内容の要旨を記載してください。
4. **In the upper part of the first page, the text “Thesis Summary” is typed and the title of the thesis and the name of the applicant are typed on subsequent lines. The main text of the thesis summary begins below the above heading section on the same page.**