

(様式 4)

別紙 2

論文審査の結果の要旨

学位申請者 中西 俊貴

本論文は、「モジュラーマルチレベル電力変換システムの高パワー密度化を指向した分散協調設計に関する研究」と題し、7章より構成されている。

第1章では、6.6 kV系電力系統に連系されるモジュラーマルチレベル変換器への要求と問題点を示した。さらに、本論文の研究目的として、モジュラーマルチレベル変換器の高パワー密度化を提示した。

第2章では、これまで提案されてきた制御方式と設計法について記述し、高パワー密度化の重要要素である「コントローラの簡素化」と「回路コンポーネントのダウンサイジング」を達成する上での課題や、両要求達成に向けて参考とすべき指針を明確化した。

第3章では、システムの高パワー密度化を実現する手法として分散協調設計を提案した。特に、コントローラの簡素化と回路のダウンサイジング実現に向けたアプローチを示した。さらに、従来法と提案法の比較を行い、その特徴と本論文の位置づけを提示した。

第4章では、分散協調設計の概念に基づいた制御系を提案した。制御法としては、単相力率改善コンバータをベースとし、複数の制御系を協調動作させる方式を提案した。また、具体的なコントローラ構成も示し、簡素化に向けた有効性を示した。提案制御方式については電力系統 200 V系とミニモデルを用いた実験を通して降圧整流動作および入力力率 1.0の達成、系統電流ひずみを 3.5%に抑制できることを明らかにした。

第5章では、分散協調設計が提案するコンポーネントのダウンサイジングに向け、回路パラメータ設計に必要な理論式を導出した。特に、回路に実装されるコンデンサ、ヒートシンク、インダクタの設計に向け、各リップル成分や電力損失の理論式を導き出した。さらに、ミニモデルによる実験を通して各理論式の妥当性を確認した。

第6章では、分散協調設計によるコンポーネントのダウンサイジングを達成するため、回路設計の指針を明確化した。具体的には、電解コンデンサのデータベース化による体積導出や、Pareto Front Optimizationによってヒートシンクとインダクタの間に存在する体積トレードオフ関係の評価を実施した。さらに、出力直流電圧を変化させて体積を評価し、体積削減に必要な条件を導出した上で設計フローチャートも提示した。最後に、従来システムに対して、コンポーネントの総体積が 1/10程度になることを明らかにした。

第7章では、本論文の有用性と提案手法の総括を述べ、今後の課題をまとめた。

以上のように、本論文ではモジュラーマルチレベル変換器の高パワー密度化を実現する手法として分散協調設計を提案し、要求されていたコントローラの簡素化とコンポーネントのダウンサイジングを達成した。以上より、提案法は系統連系用モジュラーマルチレベル変換器の普及に貢献し、電力設備の省スペース化、省エネルギー化が期待できる。

よって、本論文は工学上及び工業上貢献するところが大きく、博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認める。

審査委員主査 伊東 淳一 印