

審査の結果の要旨

氏名 久野村 健

本論文は「固定力率出力方式電力変換装置を用いた異電源連系による新幹線き電システムの有効電力供給能力向上とき電圧の安定化に関する研究」と題し、以下の9章および付録からなる。

第1章では、序論として、国際的に特筆すべき列車密度と高速車両性能を持つ東海道新幹線の特徴と、その電力システム発展経緯を整理し、積極的な電圧維持のためのパワーエレクトロニクスを応用した制御と電圧安定化の必要性、特に、本論文で扱う有効電力補償を伴う固定力率変換装置を用いた異電源連系という新たな技術を導入検討する意味を明確化し、本研究の問題意識と意義を述べている。

第2章では、現在までに導入が進んでいる他励式および自励式の無効電力補償装置や周波数変換器などの電力変換器を含む東海道新幹線の電源設備の構成とそれらの性能の概要を説明している。そして、回路過渡現象の数値解析手法を用いて、従前の電圧降下補償法の効果を実務的数値条件のもとに計算することで、無効電力補償によるき電圧維持法の限界を具体的に示している。

第3章では、上記の議論を受け、有効電力による電圧降下と無効電力による電圧降下の相違を、簡易的回路を用いて理論的に記述し、有効電力供給の必要性、有効性を説明している。そして、異電源からの有効電力補償を伴う固定力率出力方式の電圧制御を提案し、その技術的原理と装置構成を詳述し、その基本的な導入効果を回路過渡現象の数値解析手法を用いて評価している。

第4章では、この固定力率出力方式電圧制御導入に伴いき電システムに新たに生じうる問題点や、その固定力率出力方式電圧制御の制約から生ずる問題点、すなわち、積極的有效電力補償が回路各部に過電圧を発生させたり、逆潮流を引き起こしたりする可能性を、静的な解析を通じて具体的に確認し、後者の問題に対する解決手法を論じている。そして、次節以降で詳述している、き電システム全体の電圧変化の過渡特性を明確に記述し制御系の設計を行う手法の重要性を説明している。

第5章では、上記の問題意識を受け、制御により生じうる電圧不安定現象を回避するため、き電システムの過渡特性を見通し良い線形近似モデルで必要十分な精度で表現し、電力変換器の積極的制御の影響可能となるき電システム過渡特性の性質変化を、状態空間表現を用いて見通し良く解析し、その安定性を判別する方法を提案し、詳述している。

第6章では、電力変換装置を複数持つき電システムの過渡特性を上記方法により短時間で計算できるようになったことを利用し、き電電圧の応答速さと制御の安定性の2項目を含む評価指標を提示し、実際の新幹線き電システムにおける電力変換装置に実装されている複数タイプの制御系の設計を行っている。その典型的な設計例に基づく制御系の性能を、回路過渡現象の数値計算を用いて評価し比較することで、本研究で提案している電力変換器制御系の実用的設計法とそれらの性質を整理

して論じている。

第7章では、実路線データを用いた回路過渡現象数値解析を用いて、上記提案制御器設計法の適用例を計算し比較する作業を通じて、提案するき電システムの簡易モデル化手法の、新幹線き電システム電圧制御における有用性と、従来手法との比較の中でその優位性を検証している。

第8章では、以上の机上検討に加え、ミニモデル試験、現車試験により、提案手法の実用性・有用性の実験的検証を行っている。

第9章では、上記各種検討から得られた成果を結論として簡潔にまとめ、今後の課題を整理している。

さらに、付録では、固定力率出力制御を行う電力変換装置の出力と電力系統の電圧分布の関係検証、新幹線き電システムの過渡特性の近似表現の妥当性検証としての第5章のプラントモデル選択の補足説明、さらに電圧制御器設計の評価関数にコスト評価を含めることの是非の議論、を詳述し本論の理論的根拠を補強している

以上要するに、本論文は、電力設備余裕を最小化した特徴を持つ東海道新幹線において安定的に電力供給を行うため、有効電力補償を伴う固定力率変換装置を用いた異電源連系を行うことを提案し、き電システム過渡特性を線形近似モデルで表現して電力変換制御器を系統的に設計する手法を開発し、その実用性と有用性を回路過渡現象の数値計算、ミニモデル実験および実用路線への適用を通じ実証したもので、電気工学、特に電気鉄道工学、電力工学に対する貢献が少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。