

論文審査の結果の要旨

氏名 黄孝亮

本論文は、「Hybrid Energy Storage System for Electrical Vehicles using Battery and Super Capacitor (電池とスーパーキャパシタを用いた電気自動車用ハイブリッドエネルギー貯蔵システムの研究)」と題し、電気自動車 (EV) に必要となるエネルギー貯蔵システムにおいて、エネルギー密度に優れる電池とパワー密度に優れるスーパーキャパシタ (SC) を組み合わせたハイブリッドシステムの開発について述べたもので、英文で記述された6章と付録により構成されている。

EVは一充電航続距離が短いという問題があり、多くは電池性能の向上と低価格化を目指している。提案するハイブリッドエネルギー貯蔵システム (HESS) は、EV駆動システムの要求である、高パワー密度と高エネルギー密度の両立を満足するためのシステムであり、本論文ではその構成や制御手法を提案し、実機実験によってその実効性を検証している。

第1章「Introduction (序章)」では、本研究の背景、動機、論文構成の概要を示している。SCは新しい蓄電装置であり、高いパワー密度を持つ。これはEVに必要な加速アシストや回生減速に適する。また、SCを用いることで電池寿命を延長することができる。本章では先行研究を調査し、それらの問題点を指摘している。

第2章「Modeling and Topologies of HESS for Electric Vehicles (電気自動車用HESSのモデリングとトポロジー)」では、電池とSCの工学モデルを示し、EVシステムに適用した実用的なモデルについて議論している。電力インターフェースを用いて二つのエネルギー源を組み合わせたいくつかのトポロジーを提案し、EV応用への適否について分析している。

第3章「Analysis and Control of Power Interface for Super Capacitor and Battery (スーパーキャパシタと電池の電力インターフェースの分析と制御)」では、DCバスとSCの間に電力インターフェースを接続したコンバータトポロジーにおいて、双方向のハーフブリッジコンバータ、ハーフコントロールコンバータ、3レベルコンバータの3つを比較し、分析している。コンバータ容量、効率およびSCバンクの充電における現実的な動作範囲を考慮して、動作条件とトポロジーの関係を検討し、電力インターフェースを用いた双方向の電流制御器の設計法を与え、システムの動的応答性とロバスト性を解析している。

第4章「Power Control and Energy Management of HESS (HESSのパワー制御とエネルギーマネジメント)」では、HESSのエネルギーマネジメントシステムを構築するため、三層構造の制御システムを提案している。電池とSC間の基本的なパワーシェアリング手法として周波数デカップリング法を適用している。全体のエネルギーマネジメント手法は、SCバンクの充電状態と車両システムの動作を考慮して効率を評価している。

第5章「Design of EV Prototype with HESS and Onboard Experiment Results (EVプロトタイプ的设计とオンボード実験結果)」では、とくに電力インターフェース部と実験室規模のテストプラットフォームを開発している。またHESSによって駆動されるEV

プロトタイプシステムのシステム設計を詳細に説明している。本論文で提案した手法を適用したプラットフォームと試作機を用いた実験により検証し、その有効性を分析している。

第6章「Conclusions and Future Works」は結論であり、本論文の成果をまとめるとともに、将来の課題を示している。

さらに Appendix (付録) として、「Advanced Charging System for HESS using Wireless Power Transfer (HESSのためのワイヤレス充電システム)」を設け、将来の電気自動車の充電システムとして、ワイヤレス充電をHESSに組み合わせる手法を検討している。具体的には、ワイヤレス充電を考慮したHESS容量の最適化および制御方法を解析し、容量決定法について論じている。

以上これを要するに、本論文は、電気自動車用エネルギー蓄積装置として、電池とスーパーキャパシタを組み合わせたハイブリッドシステムを提案、回路の構成法、制御手法などを開発し、多くの実機実験にもとづいてその有効性を検証することによって、実用化への可能性を大きく進展させたものであり、先端エネルギー工学、とくに、自動車工学、電気電子工学、制御工学などの分野への貢献が少なくない。

よって本論文は博士(科学)の学位請求論文として合格と認められる。