

博士論文の内容の要旨

氏名	山内 晋
学位名	博士（工学）
学位授与年月日	2022年 3月 20日
論文題目	リチウムイオン電池を用いた大規模電池システム構築技術

(博士論文の内容の要旨)

他の二次電池に比べて高エネルギー密度と高出力密度を有するリチウムイオン電池は、社会の脱炭素化を実現する社会インフラ向けの重要デバイスとして今後更なる市場拡大が期待されている。一方で、出力特性と容量特性の双方に優れたリチウムイオン電池は未だ存在せず、今後拡大すると予想される大出力、大容量の電池システムの構築に向けては、出力型と容量型の電池システムを自在に組み合わせ、必要な出力性能と容量性能を過不足なく提供可能な電池システムの構築技術が必要となる。本研究では、そのような電池システムの構築に向けて技術課題となる(1)電池システムの出力と容量をスケラブルに拡大し、且つ1つの上位システムでの電池システムの管理を可能な電池システムアーキテクチャの確立、および(2)容量型と出力型でタイプの異なる電池を直接接続し、運用可能とする異種電池の設計技術の確立、に取り組み以下の結論を得た。

(1) 大規模電池システムを構築するアーキテクチャについて

電池を組み合わせる大規模化する電池システムの構築方法を提案する。電池システムを構築する方法として、50V以下の電池モジュールを組み合わせたビルディングブロック構造を提案し、ビルディングブロックで構成された電池システムを管理するために階層化管理方式を提案した。各階層では、各階層が管理する電池のセル、モジュール、パックの電圧と温度が計測され、充電状態の計算と異常の検知に必要な情報が上位階層に送信され、下位階層の状態管理を行う。また、メンテナンス時の安全確保のため、電池モジュールの絶縁構造を提案し、絶縁性能の低下を検知する地絡検知方式を開発した。ビルディングブロック方式および階層化管理方式により構築した30kWhの試作電池システムにて、電池システムの充電状態や故障が検出されていることを確認し、電池システムが安全に充電および放電できることを確認した。

(2) 異種電池の設計技術について

出力型電池システムと容量型電池システムの異種の電池を直接接続して構成する異種電池システムでは、電池の特性や内部状態により、抵抗比に逆比例して電流が配分されるケースや、容量に比例して配分されるケース、一方の電池に全ての電流が集中するケースなど、過渡的に大きな電流が一方の電池に発生し得る。そのため、異種電池システムの設計には、単純な出力特性と容量特性の組み合わせだけでなく、電流が切り替わる際の状態遷移条件の把握が必須であり、出力型および容量型電池システムをキャパシタと電池抵抗の電気回路モデル化し、電流挙動を予測する方法を考案した。電気回路モデルの解析式より、異種電池システム内の電流配分を予想が可能であることを示し、以下に関する検討が必要であることを示した。

1. 電流配分の最適化のための容量比と抵抗比の設計
2. 電池システムに流れる最大電流の予測
3. 循環電流が解消されるまでの時間の把握

異種電池システムを搭載したEVを開発し、走行試験を実施した結果、開発した異種電池システムの電流配分は、電気回路モデルによる解析解と一致し、異種電池システムの電流配分は解析解で予測できることが判った。一方で、実際の電流配分では充放電中のSOCの違いにより、抵抗比や容量比に完全合致した電流配分とはならず、詳細な電流配分を再現するためにはSOCの挙動の把握が必要であり、今後の課題であることを示した。更に、異種電池システムによる容量型電池システムの負荷軽減効果により、容量型電池システムの寿命が約1.5から2倍、伸びる可能性があることが判った。

(1876文字)