

Title	Studies on Characterization and Modeling for Manganese-type Lithium-ion Secondary Batteries
Author(s)	Somakettarin, Natthawuth
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/69582
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (Natthawuth Somakettarin)	
論文題名	Studies on Characterization and Modeling for Manganese-type Lithium-ion Secondary Batteries (マンガン系リチウムイオン二次電池の特性評価とモデル化に関する研究)
論文内容の要旨	
<p>Lithium-ion batteries (LIBs) have been of interest as powerful energy storage and large-scale power source systems. A study of battery behaviors has become a necessity for the battery management system (BMS) design since those batteries were anticipated to mitigate the energy problems for renewable energy storage systems and reliable power sources of modern electric vehicles. The based knowledge for the BMS development is the understanding of nonlinear dynamic response behaviors and meanings of characteristic changes of the interested battery. This dissertation focuses on the characterization and modeling of a Lithium manganese oxide secondary battery (LMO). The aims of this study are to understand the electrochemical behaviors and characteristic responses of the LMO under various operating conditions. This dissertation is organized as follows:</p> <p>In Chapter 1, a general introduction of the LIBs and their utilizations is expressed. The literature surveys of characterization and modeling of LIBs are briefly reviewed. The objectives, scope of research and dissertation outline are also presented.</p> <p>In Chapter 2, the background knowledge of LMO structure and related mechanisms of the battery during operations are introduced. An electrical circuit modeling of LMO is also described.</p> <p>In Chapter 3, the system development and techniques of battery characterization and life-cycle testing based on a LabVIEW environment are proposed for two reasons: 1) to analyze the battery characteristics and effects of operations to the battery characteristic behaviors; and 2) to model and identify the battery parameters based on the practical testing information. The proposed programmable battery characterization and life-cycle testing systems can be applied for any Li-ion cell types. The developed charge and discharge systems implemented with sequential-controlled and protection algorithms can correctly manipulate all of the scheduling of the tests for battery parameter characterization and cycling investigations of the LMO with safety.</p> <p>In Chapter 4, several factors that affected the battery characteristics such as testing current amplitudes, operating temperatures and cycling deteriorations during the charge and discharge are investigated to understand nonlinear dynamic responses of the LMO under various operating conditions. Large step-size of pulse tests and inadequate resting period of the cell during pulse tests affected to the inaccurate open-circuit-voltage (OCV) during the characterization. The effective series resistance (ESR) of the cell increased with the low temperature, and the cell capacity obviously deteriorated under low temperature and large current conditions.</p> <p>In Chapter 5, the electrical circuit modeling of the LMO and extracted battery parameters using the proposed identification method based on the experiment of transient responses are introduced. The verified results of model simulation in a Spice environment showed an acceptable conformity with the practical testing information.</p> <p>In Chapter 6, the accurate OCV obtained from the developed battery test system is analyzed with the differential voltage (DV) and incremental capacity (IC) techniques for investigating the cycling deteriorations of the battery. The phase-transition study helps us to understand the electrode properties, basic mechanisms of the cycling capacity fade and deterioration of the aged-cell batteries by observing on the variations of IC peak and capacity.</p> <p>Chapter 7 concludes the results of study, and gives future recommended research directions. The proposed characterization method, modeling, analysis techniques, electrochemical explanations and results of the study are used to provide essential knowledge for further development of the BMS design, and can also be applied for studying the behaviors and dynamic responses of other similar electrode Li-ion batteries.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Natthawuth Somakettarin)			
	(職)	氏	名
論文審査担当者	主 査	教授	舟木 剛
	副 査	教授	伊瀬敏史
	副 査	教授	高井重昌
	副 査	教授	白神宏之
	副 査	准教授	杉原英治

論文審査の結果の要旨

本論文は、「マンガン系リチウムイオン二次電池の特性評価とモデル化に関する研究」の成果をまとめたもので、以下の7章で構成されている。

第1章では、リチウムイオン二次電池 (LIB) の構造および特性について述べるとともに、電気自動車や再生可能エネルギーシステムにおける電力貯蔵への適用例について述べている。また本論文に関連するLIBの特性評価システムとモデル化の先行研究について紹介している。そして本研究の目的、研究の範囲、概要について述べている。

第2章では、本論文で対象としているLIBの一種であるリチウムマンガン酸化物二次電池 (LMO) の構造および、充放電動作のメカニズムについて述べ、電気回路で表したLMOの等価回路モデリングについて説明している。

第3章ではLabVIEWを用いたLMOのライフサイクル試験システムの開発と、LMOの特性評価方法について述べている。その内容は1) LMOの特性解析方法と充放電動作による特性への影響の評価方法、2) 試験条件に基づいたモデルパラメータの同定方法となっている。開発された充放電システムは、ライフサイクル試験の充放電制御アルゴリズムと保護を実装しており、安全性を考慮したLMOのモデルパラメータの抽出と充放電サイクル試験が可能となっている。また開発した特性評価方法およびライフサイクル試験システムは、LMOだけでなく他のLIBにも適用することができる。

第4章では、種々の動作条件下でのLMOの過渡応答における非線形性の影響の評価として、充放電の電流振幅・動作温度などが充放電サイクルによって内部抵抗などのバッテリー特性へ与える影響について述べている。さらに試験における充放電電流のパルス幅と大きさおよび休止期間がOCV (Open Circuit Voltage) に与える影響を評価している。またLMOのセルが持つ等価直列抵抗 (ESR) と容量に対する環境温度および充放電電流の大きさの与える影響について評価している。

第5章では、提案する同定法を用いた過渡応答実験におけるLMOの等価回路モデルパラメータ抽出について述べている。回路シミュレーションでの検証結果は、抽出したパラメータを用いたモデルの応答が実験結果とよく一致することを示している。

第6章では、開発した試験システムから得たOCVをもとに、差動電圧 (DV) および増分容量 (IC) を使ってLMOの充放電サイクル劣化を調べている。ICのピークと変化率をもとにLMOの内部で生じている相転移の現象を説明し、電極の特性・容量の劣化のメカニズムとの関係について述べている。

第7章では、本研究で得られた結果をまとめるとともに、今後の課題について述べている。

以上のように、本論文はLMOを電気自動車や再生可能エネルギー利用における電力貯蔵システムに使用していく上で不可欠なバッテリー管理システム (BMS) の設計に適用可能な特性評価システム・モデル化・パラメータ抽出に関して重要な知見を得ており、持続可能な社会形成のための電力マネジメント実現に貢献・寄与するものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。