

モデルに基づくリチウムイオン二次電池の
充電率推定に関する研究

2013 年度

馬 場 厚 志

主 論 文 要 旨

報告番号	① 乙 第	号	氏 名	馬場 厚志
主 論 文 題 目： モデルに基づくリチウムイオン二次電池の充電率推定に関する研究				
(内容の要旨) 本論文では、リチウムイオン二次電池を安全かつ高効率に使用するための、リチウムイオンの拡散現象を考慮したリチウムイオン二次電池モデルと UKF (Unscented Kalman Filter) を用いた電池の充電率 (State Of Charge, SOC) と対数化したパラメータの同時推定法 (対数化 UKF による SOC とパラメータの同時推定法) について述べる。 第 1 章では、本論文の目的について述べる。第 1 の目的はリチウムイオン二次電池の SOC をモデルに基づいて推定するためのリチウムイオンの拡散現象を考慮した電池モデルの提案である。第 2 の目的はリチウムイオン二次電池を安全かつ高効率に使用するための SOC や内部インピーダンスを非線形カルマンフィルタを用いて同時推定する手法の提案である。 第 2 章では、関連用語の定義と従来研究のサーベイを行い、本論文で提案する拡散現象を考慮したリチウムイオン二次電池モデルと対数化 UKF による SOC とパラメータの同時推定法の新規性を確認する。 第 3 章では、提案法の準備として、線形等価回路モデルと 2 段階の線形カルマンフィルタを用いたシリーズカルマンフィルタ法による SOC 推定について述べる。 第 4 章では、SOC の推定に用いる電池の等価回路モデルについて述べる。本論文で提案する拡散現象を考慮したリチウムイオン電池モデルは、リチウムイオンの拡散現象を表すワールブルグインピーダンスを近似していることに特徴がある。この電池モデルは、物理的な意味付けがしやすく、推定すべき未知パラメータの数が少ないという利点がある。パラメータ感度解析を通じて、拡散現象を考慮したリチウムイオン二次電池モデルの有用性を示す。 第 5 章では、SOC と内部インピーダンスの同時推定法について述べる。本論文で提案する対数化 UKF による SOC とパラメータの同時推定法は、UKF を用いた状態とパラメータの同時推定問題において、未知パラメータを対数化して推定する点に特徴がある。この方法には、UKF の計算における数値的安定性が高まり、パラメータ推定値が必ず正になるという利点がある。また、実際の電池のパラメータ (内部抵抗) の分布に近くなるという効果もある。電気自動車を使った走行実験のデータを用いた様々なシミュレーションによって、対数化 UKF による SOC とパラメータの同時推定法の有用性が示された。 第 6 章では、本論文をまとめる。提案法を用いればリチウムイオン二次電池以外の電池にも適用可能であると考えられる。				

SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Fundamental science and technology	Student Identification Number	SURNAME, First name BABA, Atsushi
Title Model-based Estimation of State Of Charge of Lithium-ion Secondary Battery		
Abstract <p>This thesis proposes a Lithium-ion battery model in consideration of diffusion phenomena and a simultaneous estimation method for the State Of Charge (SOC) and the log-normalized parameters of the battery using Unscented Kalman Filter (UKF).</p> <p>In the first chapter, two purposes of the proposed method in this thesis are described. One purpose is proposing a Lithium-ion battery model in consideration of diffusion phenomena for the model-based SOC estimation. The other purpose is simultaneously and accurately estimating SOC and internal impedances to improve safety and efficiency of the battery.</p> <p>In the second chapter, some related terminologies are defined, previous studies in this field are surveyed, and the novelty of the proposed method is verified.</p> <p>In the third chapter, an SOC estimation method using a linear equivalent circuit model and a cascaded combination of two Kalman filters are described for the preparation of the proposed method.</p> <p>In the fourth chapter, the Lithium-ion battery model in consideration of diffusion phenomena is proposed. This model includes linearized Warburg impedance which represents diffusion of Lithium-ions. Two of its merits are that it is based on electrochemical phenomena and that it is expressed by relatively small number of unknown parameters. The model's effectiveness is verified by the parameter sensitivity plot.</p> <p>In the fifth chapter, the simultaneous estimation method for the SOC and the log-normalized parameters of the battery using UKF. This method uses technique to estimate log-normalized unknown parameters. Three of its merits are; numerical stability is improved, estimates of the parameters are always positive values, and distributions of the parameters do have log-normalized distributions. This method is verified by performing a series of simulations under an Electric Vehicle (EV) operating environment.</p> <p>In the sixth chapter, this thesis is summarized.</p>		