

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6155830号
(P6155830)

(45) 発行日 平成29年7月5日(2017.7.5)

(24) 登録日 平成29年6月16日(2017.6.16)

(51) Int.Cl.		F I			
GO 1 R 31/36	(2006.01)	GO 1 R 31/36	Z H V A		
HO 1 M 10/48	(2006.01)	HO 1 M 10/48	P		
HO 2 J 7/00	(2006.01)	HO 2 J 7/00	Q		

請求項の数 6 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2013-102179 (P2013-102179)	(73) 特許権者	507151526 株式会社GSユアサ
(22) 出願日	平成25年5月14日(2013.5.14)		京都府京都市南区吉祥院西ノ庄猪之馬場町1番地
(65) 公開番号	特開2014-167457 (P2014-167457A)	(74) 代理人	110001036 特許業務法人暁合同特許事務所
(43) 公開日	平成26年9月11日(2014.9.11)		
審査請求日	平成28年1月27日(2016.1.27)	(72) 発明者	瀬島 賢一 京都市南区吉祥院西ノ庄猪之馬場町1番地 株式会社GSユアサ内
(31) 優先権主張番号	特願2012-243668 (P2012-243668)	(72) 発明者	中村 将司 京都市南区吉祥院西ノ庄猪之馬場町1番地 株式会社GSユアサ内
(32) 優先日	平成24年11月5日(2012.11.5)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	審査官	荒井 誠
(31) 優先権主張番号	特願2013-17152 (P2013-17152)		
(32) 優先日	平成25年1月31日(2013.1.31)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 状態推定装置、状態推定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

蓄電素子の状態を推定する状態推定装置であって、
前記蓄電素子の電圧を検出する電圧検出部と、
制御部と、を備え、
前記制御部は、前記電圧検出部により検出される前記蓄電素子の電圧に基づいて、充放電時における前記蓄電素子の電圧変化量の極大値である特異点を検出する特異点検出処理と、

前記特異点検出処理にて検出した特異点に基づいて、前記蓄電素子の状態を推定する推定処理と、を行い、

前記制御部は、

前記特異点検出処理にて検出された特異点の出現時を基準として前記蓄電素子が設定電圧に達するまでの到達時間を計測する到達時間計測処理を行い、

前記推定処理にて、前記到達時間計測処理にて計測した到達時間の長さに基づいて前記蓄電素子の状態を推定する状態推定装置。

【請求項2】

請求項1に記載の状態推定装置であって、

複数の特異点が存在する場合、前記制御部は前記特異点検出処理にて、電圧が高い側の特異点を選択する状態推定装置。

【請求項3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の状態推定装置であって、
前記制御部は、前記蓄電素子が前記設定電圧に達するか否かを、前記電圧検出部の検出する前記蓄電素子の電圧に基づいて判断する状態推定装置。

【請求項 4】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の状態推定装置であって、
前記設定電圧は、前記蓄電素子に対する充電方式が切り換わる切換電圧である状態推定装置。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の状態推定装置であって、
前記制御部は前記特異点検出処理にて、前記特異点を、充電時の電圧変化量に基づいて決定する状態推定装置。

10

【請求項 6】

蓄電素子の状態を推定する状態推定方法であって、
電圧検出部により検出される前記蓄電素子の電圧に基づいて、充放電時における前記蓄電素子の電圧変化量の極大値である特異点を検出する特異点検出ステップと、
前記特異点検出ステップにて検出した特異点に基づいて、前記蓄電素子の状態を推定する推定ステップと、を含み、

前記特異点検出ステップでは、検出された特異点の出現時を基準として前記蓄電素子が設定電圧に達するまでの到達時間を計測し、

前記推定ステップでは、計測した到達時間の長さに基づいて前記蓄電素子の状態を推定する状態推定方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、蓄電素子の状態を推定する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

下記特許文献 1 には、規定の放電終止状態から満充電条件を満たすまで充電した時の電流の積算値を算出することにより、二次電池の容量を推定する技術が開示されている。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2003 - 232839 公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、装置の使用形態によっては、放電終止状態から満充電条件を満たすまで充放電することが困難な場合がある。

本明細書では、放電終止状態から満充電条件を満たすまで充放電することなく蓄電素子の容量や内部抵抗等、蓄電素子の状態を推定する技術を開示する。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

本明細書によって開示される状態推定装置は、蓄電素子の状態を推定する状態推定装置であって、前記蓄電素子の電圧を検出する電圧検出部と、制御部と、を備え、前記制御部は、前記電圧検出部により検出される前記蓄電素子の電圧に基づいて、充放電時における前記蓄電素子の電圧変化量の極大値である特異点を検出する特異点検出処理と、前記特異点検出処理にて検出した特異点に基づいて、前記蓄電素子の状態を推定する推定処理と、を行う。尚、「電圧変化量」とは、残存容量変化または時間変化に対する電圧変化量を意味する。

【0006】

50

この状態推定装置では、前記制御部は、前記推定処理にて、前記特異点が出現する前記蓄電素子の電圧に基づいて、前記蓄電素子の状態を推定する。

【0007】

この状態推定装置では、前記制御部は、前記推定処理にて、前記特異点検出処理にて検出した特異点に基づいて、前記蓄電素子の残存容量を推定する。

【0008】

この状態推定装置では、複数の特異点が存在する場合、前記制御部は前記特異点検出処理にて、電圧が高い側の特異点を選択する。

【0009】

この状態推定装置では、前記制御部は、前記特異点検出処理にて検出された特異点の出現時を基準として前記蓄電素子が設定電圧に達するまでの到達時間を計測する到達時間計測処理を行い、前記推定処理にて、前記到達時間計測処理にて計測した到達時間の長さに基づいて前記蓄電素子の状態を推定する。

10

【0010】

この状態推定装置では、前記特異点検出処理にて、前記特異点を、充電時の電圧変化量に基づいて決定する。

【0011】

この状態推定装置では、前記制御部は、前記蓄電素子が前記設定電圧に達するか否かを、前記電圧検出部の検出する前記蓄電素子の電圧に基づいて判断する。

【0012】

20

この状態推定装置では、前記設定電圧は、前記蓄電素子に対する充電方式が切り換わる切替電圧である。

【0013】

なお、本明細書に開示される技術は、状態推定装置、状態推定方法、これらの装置または方法の機能を実現するためのコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを記録した記録媒体等の種々の態様で実現することができる。

【発明の効果】

【0014】

本明細書により開示される発明によれば、放電終止状態から満充電状態まで充電しなくても、蓄電素子の状態を推定することが出来る。

30

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】実施形態1において、電池パックの構成を示す概略図

【図2】電池モジュールの構成を示す概略図

【図3】環境温度25℃、充電時における二次電池の電圧の変化、電圧変化量の変化、充電電流の変化を示すグラフ

【図4】特異点P2が出現する電圧Vと電池容量との相関を示す相関データを示す図表

【図5】環境温度25℃、放電時における二次電池の電圧の変化、電圧変化量の変化、充電電流の変化を示すグラフ

【図6】充電レート0.2[C/A]にて充電した時の、二次電池の電圧の変化、電圧変化量の変化を示すグラフ

40

【図7】充電レート0.5[C/A]にて充電した時の、二次電池の電圧の変化、電圧変化量の変化を示すグラフ

【図8】充電レート0.8[C/A]にて充電した時の、二次電池の電圧の変化、電圧変化量の変化を示すグラフ

【図9】充電レート0.9[C/A]にて充電した時の、二次電池の電圧の変化、電圧変化量の変化を示すグラフ

【図10】充電レート1.0[C/A]にて充電した時の、二次電池の電圧の変化、電圧変化量の変化を示すグラフ

【図11】電池容量推定シーケンスの処理の流れを示すフローチャート図

50

【図12】電池容量推定シーケンスの処理の詳細を示すフローチャート図

【図13】実施形態2において、環境温度25、充電時における二次電池の電圧の変化、電圧変化量の変化、充電電流の変化を示すグラフ

【図14】到達時間と電池容量との相関を示す相関データを示す図表

【図15】電池容量推定シーケンスの処理の流れを示すフローチャート図

【図16】電池容量推定シーケンスの処理の詳細を示すフローチャート図

【図17】残存容量推定シーケンスの処理の流れを示すフローチャート図

【図18】残存容量推定シーケンスの処理の詳細を示すフローチャート図

【図19】他の実施形態において、環境温度0、充電時における二次電池の電圧の変化、電圧変化量の変化、充電電流の変化を示すグラフ

10

【図20】他の実施形態において、到達時間と電池劣化（容量維持率）の相関を示す相関データを環境温度ごとにまとめた図表

【発明を実施するための形態】

【0016】

（本実施形態の概要）

初めに、本実施形態の状態推定装置の概要について説明する。本状態推定装置では、特異点に基づいて蓄電素子の状態を推定するので、少なくとも、特異点が出現する範囲について蓄電素子を充放電させれば、蓄電素子の状態を推定できる。そのため、従来のように蓄電素子を放電終止状態から満充電条件を満たすまで充放電しなくても、蓄電素子の状態（一例として電池容量や内部抵抗）を推定することが出来る。従って、状態推定に要する時間を短縮することが出来る。また、状態推定条件が緩和されることから、状態推定の頻度を増加することが可能となる。

20

【0017】

本状態推定装置では、特異点が出現する蓄電素子の電圧に基づいて、蓄電素子の状態を推定する。この場合、特異点が出現した以降は、状態推定のため、蓄電素子を充放電する必要がない。そのため、状態推定に要する時間を短縮することが出来、また、状態推定の条件を緩和できる。

【0018】

本状態推定装置では、特異点が出現する蓄電素子の残存容量に基づいて、蓄電素子の状態を推定する。この場合、蓄電素子の電池容量が異なる場合でも精度良く蓄電素子の状態を推定することができる。そのため、状態推定の条件を緩和できる。

30

【0019】

本状態推定装置では、複数の特異点から電圧が高い側の特異点を選択する。電圧の高い側の特異点は、電圧の低い側の特異点に比べて、位置の変化が小さいので、特異点が出現する電圧や到達時間を正確に計測できる。そのため、蓄電素子の状態を正確に推定できる。

【0020】

本状態推定装置では、特異点の出現時から蓄電素子が設定電圧に達するまでの到達時間の長さに基づいて蓄電素子の状態を推定する。到達時間は、特異点が出現する電圧、またはそれよりやや低い電圧から設定電圧まで達するのにかかる時間を計測すれば、特定できる。そのため、従来のように蓄電素子を放電終止状態から満充電条件を満たすまで充放電しなくても、蓄電素子の状態を推定することが出来る。

40

【0021】

本状態推定装置では、特異点を、充電時の電圧変化量に基づいて決定する。充電電流は充電器により制御されているので、負荷に供給される放電電流よりも安定している。そのため、特異点が検出しやすい。

【0022】

本状態推定装置では、蓄電素子が設定電圧に達するか否かを、電圧検出部の検出する電圧に基づいて判断する。このようにすれば、特異点の出現時から蓄電素子の電圧が設定電圧に到達するまでの到達時間を、電圧検出部の検出値と時間の情報だけで計測出来るので

50

、それ以外の計測値を新たに増やす必要が無い。

【 0 0 2 3 】

本状態推定装置では、設定電圧は、蓄電素子に対する充電方式が切り換わる切換電圧である。切換電圧は充電器側で検出できる。そのため、充電方式の切り換え時に充電器側から切換信号を送る構成にしておけば、状態推定装置側で、蓄電素子が設定電圧に達したか計測する必要がないので、状態推定装置の処理負担を軽減できる。

【 0 0 2 4 】

<実施形態 1 >

以下、実施形態 1 について、図 1 から図 1 2 を参照しつつ説明する。

1 . 電池パックの構成

図 1 は、本実施形態における電池パック 6 0 の構成を示す図である。本実施形態の電池パック 6 0 は、例えば電気自動車やハイブリッド自動車に搭載され、電気エネルギーで作動する動力源に電力を供給するものである。

【 0 0 2 5 】

図 1 に示すように、電池パック 6 0 は、複数の二次電池（単電池）1 4（図 2 参照）から構成される組電池 1 2 と、センサユニット 3 0 や通信部 2 8 等が形成された基板であるセルセンサ（以下、CS）2 0 とを含む複数の電池モジュール 1 0 を有するとともに、これらの電池モジュール 1 0 を管理するバッテリー - マネージャー（以下、BM）6 2、及び電流センサ 6 4 を有する。BM 6 2 及び CS 2 0 は、「状態推定装置」の一例である。また、二次電池 1 4 が「蓄電素子」の一例である。また、二次電池 1 4 の電池容量 X が「蓄電素子の状態」の一例である。

【 0 0 2 6 】

各電池モジュール 1 0 の組電池 1 2 及び電流センサ 6 4 は、配線 6 8 を介して直列に接続されており、電気自動車に搭載された充電器 1 8 または、電気自動車等の内部に設けられた動力源等の負荷 1 8 に接続される。充電器 1 8 は、例えば、家庭用コンセントに接続される普通充電タイプである。充電器 1 8 は、組電池 1 2 の電圧を検出して、組電池 1 2 が切換電圧に達するまでは定電流で充電を行い、切換電圧に達した以降は定電圧で充電を行うものである。

【 0 0 2 7 】

BM 6 2 は、中央処理装置（以下、CPU）7 0、通信部 7 4 を備える。図 1 に示すように、CPU 7 0 は、ROM や RAM などのメモリ 7 6 と、時刻を計時する計時部 7 7 と、アナログ信号として測定される電流値 I をデジタル値に変換するアナログ - デジタル変換器（以下、ADC）7 8 と、を有する。メモリ 7 6 には、CS 2 0 の動作を制御するための各種のプログラム（電池管理プログラムを含む）が記憶されており、CPU 7 0 は、メモリ 7 6 から読み出したプログラムに従って、後述する容量推定シーケンスを実行するなど、各部の制御を行う。また、メモリ 7 6 には、容量推定シーケンスの実行に必要なデータ、例えば、特異点 P 2 が出現する電圧 V と電池容量 X との関係を示す相関データ（図 4 参照）が記憶されている。CPU 7 0 は、「制御部」の一例である。

【 0 0 2 8 】

通信部 7 4 は、通信ライン 8 0 を介して各電池モジュール 1 0 の CS 2 0 と接続されており、後述するように各 CS 2 0 で測定された電圧 V や温度 D 等の情報を受け取る。CPU 7 0 は、これらの情報を用いて組電池 1 2 を監視するとともに、各二次電池 1 4 の電池容量 X を推定する。

【 0 0 2 9 】

なお、電池パック 6 0 には、この他に、ユーザからの入力を受け付ける操作部（図示せず）、組電池 1 2 の劣化状態等を表示する液晶ディスプレイからなる表示部（図示せず）が設けられている。

【 0 0 3 0 】

図 2 に、電池モジュール 1 0 の構成を概略的に示す。組電池 1 2 は、繰り返し充放電可能な複数の二次電池 1 4 から構成されている。CS 2 0 は、電圧測定回路 2 4 と温度セン

10

20

30

40

50

サ 2 6 と計時部 2 7 とを含むセンサユニット 3 0 と通信部 2 8 とを含む。計時部 2 7 は電圧 V や温度 D の計測時刻を計時するものである。電圧測定回路 2 4 は、電圧検出部の一例である。

【 0 0 3 1 】

電圧測定回路 2 4 は、組電池 1 2 に含まれる各二次電池 1 4 の両端に接続され、各二次電池 1 4 の両端間の電圧 V [V] を所定期間毎に測定する。温度センサ 2 6 は、接触式あるいは非接触式で組電池 1 2 に含まれる各二次電池 1 4 の温度 D [] を所定期間毎に測定する。

【 0 0 3 2 】

通信部 2 8 は、通信ライン 8 0 を介して B M 6 2 と接続されており、 C S 2 0 で測定した上記電圧 V や温度 D 等の情報を B M 6 2 に送信する。 B M 6 2 は、各 C S 2 0 から送信される電圧 V や温度 D 等をメモリ 7 6 に記憶する。

10

【 0 0 3 3 】

2 . 容量の推定原理

二次電池 1 4 は、劣化により電池容量 X が減少することから、定期的に電池容量 X を算出する必要がある。尚、電池容量 X とは、電池の放電電圧が放電開始時の定格電圧から所定の放電終止電圧まで低下する間に電池から放電できる電気量であり、電流と時間の積からなるアンペア時 (A h) で表される。

【 0 0 3 4 】

リチウムイオン二次電池等の二次電池 1 4 には、電池の電極を構成する活物質や化学プロセス変化の影響により、充放電の電圧に特異点 P が存在することがある。特異点 P とは、充放電時における二次電池 1 4 の電圧変化量が極大値となる点を意味する。また、電圧変化量とは、残存容量変化、又は時間変化に対する電圧の変化量である。

20

【 0 0 3 5 】

このような特異点 P が存在するリチウムイオン二次電池としては、3 元系のリチウムイオン二次電池や、オリビン鉄系のリチウムイオン二次電池を例示することが出来る。尚、3 元系のリチウムイオン二次電池は、正極活物質に C o , M n , N i の元素を含有したりチウム含有金属酸化物を用いたものであり、オリビン鉄系のリチウムイオン二次電池は、正極活物質にオリビン型リン酸鉄、すなわちリン酸鉄リチウム (L i F e P O 4) を用いたものである。また、負極活物質はグラファイトやカーボン等を用いることが出来る。

30

【 0 0 3 6 】

出願人は、二次電池 1 4 の電池容量 X と特異点 P との関係について実験・研究を重ね、特異点 P の出現する位置 (残存容量軸上の位置又は、時間軸上の位置) は、同じ条件 (充電レート等) で充放電をした場合であれば、電池容量 X が異なっても、それほど変化しないことを見出した。図 3 は横軸を残存容量軸、縦軸を電圧軸としたグラフであり、初期容量 5 0 A h のリチウムイオン二次電池 (より詳しくは、正極活物質に C o , M n , N i の元素を含有したりチウム含有金属酸化物、負極活物質にグラファイトを用いた 3 元系のリチウムイオン二次電池) を、環境温度 2 5 ° C で、 S O C が 0 [%] から 0 . 2 [C A] のレートで充電した時の電圧 V の変化と、電圧変化量 Δ V の変化を示している。

【 0 0 3 7 】

図 3 の例では、電圧が概ね 3 . 6 [V] ~ 3 . 8 [V] の低電圧側と、電圧が概ね 3 . 9 5 [V] ~ 4 . 0 6 [V] の高電圧側の 2 か所に特異点 P 1 , P 2 が現れている。尚、リチウムイオン二次電池 1 4 の正極側と負極側の電圧を単体で計測して、電圧変化量 Δ V を調べると、正極側は特異点 P 1 の出現する位置付近 (図 3 の例では、残存容量が 1 0 0 0 0 [m A h] 付近) で特異点 P が現れ、負極側は特異点 P 2 の出現する位置付近 (図 3 の例では、残存容量が 3 1 0 0 0 [m A h] 付近) で特異点 P が現れる。そのため、特異点 P 1 は正極の活物質が影響していると推測でき、また、特異点 P 2 は負極の活物質が影響していると推測できる。

40

【 0 0 3 8 】

そして、電圧が高い側の特異点 P 2 は、電池の電池容量 X が異なっても出現する位置 (

50

残存容量軸上の位置又は、時間軸上の位置)がほとんど変化せず、電池容量Xの異なる3種のリチウムイオン二次電池14A~14Cは、いずれも、残存容量が31000[mAH]付近で特異点P2が出現している。具体的には、リチウムイオン二次電池14Aは、30750[mAH]で特異点P2が出現し、リチウムイオン二次電池14Bは、31000[mAH]で特異点P2が出現し、リチウムイオン二次電池14Cは、31410[mAH]で特異点P2が出現している。

【0039】

なお、リチウムイオン二次電池14Aは、電池容量Xが39.9[Ah]で容量維持率が79.8[%]の劣化電池であり、リチウムイオン二次電池14Bは、電池容量Xが44.55[Ah]で容量維持率が89.1[%]の劣化電池である。また、リチウムイオン二次電池14Cは、電池容量Xが50[Ah]で容量維持率が100[%]の新品電池である。尚、容量維持率とは電池の容量を初期容量に対する比で表したものである。

10

【0040】

一方、電池容量Xが減少すると、二次電池14は、充電時の電圧上昇が早くなる。そのため、電池容量Xの異なるリチウムイオン二次電池14を同じ充電レートで充電すると、特異点P2が出現する電圧に差が出来る。

【0041】

すなわち、図3の例では、二次電池14Cは3.9804[V]で特異点P2が出現し、二次電池14Bは4.0119[V]で特異点P2が出現している。また、二次電池14Aは4.0577[V]で特異点P2が出現しており、電池容量Xが小さい二次電池14ほど、特異点P2が出現する電圧が、高い傾向を示す。尚、充電レートとは、初期の電池容量に対する充電電流の相対的な比率である。

20

【0042】

そのため、特異点P2が出現する電圧Vを計測することで、その二次電池14の電池容量Xを推定できる。例えば、二次電池14をSOCが0[%]から充電して、特異点P2が出現する二次電池14の電圧を計測する試験を、電池容量Xを変えて行い、特異点P2が出現する電圧Vと二次電池14の電池容量Xを対応付ける相関データ(図4参照)を作成しておけば、相関データに基づいて二次電池14の電池容量Xを推定することが出来る。

【0043】

尚、図5は横軸を残存容量軸、縦軸を電圧軸としたグラフであり、初期容量50Ahのリチウムイオン二次電池を、環境温度25℃で、SOCが100[%]から0.2[CA]のレートで放電した時の電圧Vの変化と、電圧変化量ΔVの変化を示している。図3と同様、リチウムイオン二次電池14Aは、電池容量Xが39.9[Ah]で容量維持率が79.8[%]の劣化電池であり、リチウムイオン二次電池14Bは、電池容量Xが44.55[Ah]で容量維持率が89.1[%]の劣化電池である。また、リチウムイオン二次電池14Cは、電池容量Xが50[Ah]で容量維持率が100[%]の新品電池である。

30

【0044】

図5に示すように、二次電池14を放電した場合も、充電した場合と同様に、特異点P2が出現する電圧は、電池容量Xが小さい電池ほど、高い傾向を示す。しかし、放電時の場合、特異点P2の出現する電圧は、二次電池14Cが、3.9375[V]、二次電池14Bが、3.9628[V]、二次電池14Aが、3.9920[V]であり、充電時における特異点P2の出現する電圧より、いずれも低い傾向を示す。そのため、図4の相関データは、放電用と充電用をそれぞれ作成しておくことが好ましい。

40

【0045】

同図に示すように、放電時の場合、特異点P2の出現する残存容量は、充電時における特異点P2の出現する残存容量より、いずれも高い傾向を示す。具体的には、リチウムイオン二次電池14Aは、33000[mAH]で特異点P2が出現し、リチウムイオン二次電池14Bは、33250[mAH]で特異点P2が出現し、リチウムイオン二次電池

50

14Cは、33830[mAH]で特異点P2が出現している。

【0046】

また、室温25の条件で、50Ahのリチウムイオン二次電池（より詳しくは、3元系のリチウムイオン二次電池）14を、充電レートを変えて電圧を計測し、充電レートと特異点P2の関係を調べた。図6～図10に示すように充電レートが0.2[CA]～0.9[CA]では特異点P2が明確に現れるのに対して、充電レートが1[CA]では、明確な特異点P2が現れなくなる。そのため、充電レートは低い方がよく、0.9[CA]以下が好ましい。

【0047】

3. 特異点の判別方法

図3や図5に示すように、特異点Pは複数存在、すなわち特異点P1と特異点P2とが存在するので、電圧変化量Vから特異点Pが検出された場合、その特異点Pが、特異点P2かどうかを判別する必要がある。

【0048】

特異点P2の判別は、充電開始電圧V₀に基づいて行うことが出来る。具体的には、充電開始電圧V₀が、特異点P1が現れる電圧V₁より低い場合、充電開始後、特異点P1が最初に出現し、その後特異点P2が出現するので、2番目に出現する特異点Pが、特異点P2であると判別できる。一方、充電開始電圧V₀が、特異点P1が現れる電圧V₁と特異点P2が現れる電圧V₂の間の場合、充電開始後、特異点P1は出現せず、特異点P2だけが出現するので、最初に出現する特異点Pが、特異点P2であると判断できる。尚、充電開始電圧V₀の他にも、電圧と相関性のあるパラメータ、例えば、充電開始時のSOCや、充電開始時の残存容量に基づいて、特異点Pを判別することも可能である。

【0049】

4. 容量推定シーケンス

次に、二次電池14の電池容量Xを推定する容量推定シーケンスについて図11、図12を参照して説明する。容量推定シーケンスは、二次電池14の充電時にBM62のCPU70により実行される。

【0050】

CPU70は、充電器18による充電が開始したか否かを判断する(S100)。CPU70は、充電器18による充電が開始していないと判断した場合(S100:NO)、待機し、充電器18による充電が開始したと判断した場合(S100:YES)、CS20に二次電池14の電圧Vや温度Dの計測を開始させる(S10、S110)。CS20による二次電池14の電圧Vの計測と、温度Dの計測は、規定の周期で継続される。そして、CPU70は、CS20に計測させた二次電池14の電圧Vや温度Dの情報を、計測した時間の情報と共に通信ライン80を通じてBM62へ送信させる。CPU70は、BM62へ送信させた電圧Vや温度Dの情報（例えば、V3）を、ADC78にてデジタル値に変換させた後、計測した時間の情報（例えば、t3）と共にメモリ76に記憶する(S110)。なお、図12のS100からS110までの処理が、図11の電圧計測開始(S10)に相当する。

【0051】

CPU70は、CS20から二次電池14の電圧Vや温度Dの情報を受信すると、特異点Pの検出を開始する(S20)。具体的には、CPU70は、CS20から二次電池14の電圧Vや温度Dの情報を受信してから、二次電池14の電圧Vや温度Dを、次にCS20に計測させるまでの時間（基準時間）が経過したか否かを判断する(S120)。CPU70は、基準時間が経過していないと判断した場合(S120:NO)、待機し、基準時間が経過したと判断した場合(S120:YES)、CS20に二次電池14の電圧Vや温度Dの計測させる(S130)。CPU70は、BM62へ送信させた電圧Vや温度Dの情報（例えば、V4）を、ADC78にてデジタル値に変換させた後、計測した時間の情報（例えば、t4）と共にメモリ76に記憶する(S130)。

【0052】

10

20

30

40

50

CPU70は、メモリ76から二次電池14の電圧Vのデータ(例えば、V3、V4)と、電圧Vの計測時間tのデータ(例えば、t3、t4)を読み出して、各計測時間tにおける電圧変化量Vを算出(下記の(1)式参照)する(S140)。そして、CPU70は、各計測時間tにおける電圧変化量Vの大きさを比較して、電圧変化量Vの極大点であるか否かを判断する(S150)。CPU70は、極大点でないと判断した場合(S150:NO)、S110に戻る。CPU70は、極大点であると判断した場合(S150:YES)、上述した判別方法(充電開始電圧Voに基づく判別方法)に従い、電圧が高い側の極大点である特異点P2を検出し、更に特異点P2の出現する電圧を検出する(S160)。尚、S20が特異点検出処理、特異点検出ステップに対応する。また、図12のS120からS150までの処理が、図11の特異点検出(S20)に相当する

10

【0053】

$$V = (V4 - V3) / (t4 - t3) \dots (1) \text{式}$$

【0054】

尚、上記では、CPU70は、時間変化に対する電圧変化量Vの極大値を算出することにより特異点Pを検出しているが、残存容量変化に対する電圧変化量Vの極大値を算出することにより、特異点Pを検出してもよい。

【0055】

そして、CPU70は、特異点P2と特異点P2の出現する電圧を検出すると、メモリ76から関連データを読み出して(S170)、二次電池14の電池容量Xを推定する(S40、S180)。すなわち、CPU70は、S20にて検出した特異点P2の出現する電圧を関連データに参照し、特異点P2の出現する電圧Vと対応付けされた電池容量Xを、その二次電池14の電池容量Xに推定する。例えば、特異点P2の出現する電圧Vが「Va」であった場合、CPU70は、二次電池14の電池容量Xを「Xa」と推定する。その後、二次電池14の充電完了に伴い、CPU70は、容量推定シーケンスを終了する。尚、S40が推定処理、推定ステップに対応する。また、図12のS160からS180までの処理が、図11の電池容量推定(S40)に相当する。

20

【0056】

5. 本実施形態の効果

本実施形態のBM62では、CPU70は、特異点Pの出現する二次電池14の電圧に基づいて二次電池14の電池容量Xを推定する。そのため、CPU70は、充電開始電圧Voから充電を開始した場合、特異点P2が出現するまでの間は、少なくとも二次電池14を充電する必要があるが、特異点P2が出現した以降は、二次電池14を充電する必要がない。従って、従来のように二次電池14を放電終止状態から満充電条件を満たすまで充放電しなくても、CPU70は、二次電池14の電池容量Xを推定することが出来る。従って、電池容量Xの推定に要する時間を短縮することが出来る。また、電池容量Xの推定条件が緩和されることから、CPU70は、容量推定の頻度を増加することが可能となる。

30

【0057】

本実施形態のBM62では、CPU70は、複数の特異点P1、P2がある場合、電圧Vが高い側の特異点P2を選択して、電池容量Xを推定する。電圧Vが高い側の特異点P2は、電圧Vが低い側の特異点P1に比べて、位置の変化が小さいので、CPU70は、特異点P2が出現する電圧Vを正確に計測できる。そのため、CPU70は、二次電池14の電池容量Xを正確に推定できる。

40

【0058】

本実施形態のBM62では、CPU70は、特異点Pを、充電時の電圧変化量に基づいて決定する。充電電流は充電器18により制御されているので、負荷に供給される放電電流よりも安定している。そのため、CPU70は、特異点Pが検出しやすい。

【0059】

<実施形態2>

50

実施形態 1 では、CPU 70 は、特異点 P の出現する二次電池 14 の電圧に基づいて二次電池 14 の電池容量 X を推定した。実施形態 2 では、CPU 70 は、特異点 P の出現時から二次電池 14 が設定電圧に達するまでの到達時間 T の長さに基づいて二次電池 14 の電池容量 X を推定する。

【0060】

具体的に説明すると、実施形態 1 にて説明したように、特異点 P の出現する位置（残容量軸上の位置又は、時間軸上の位置）は、同じ条件（充電レート等）で充放電をした場合であれば、電池容量 X が異なっても、それほど変化しない。図 13 は横軸を時間軸、縦軸を電圧軸、電流軸としたグラフであり、初期容量 50 A h のリチウムイオン二次電池を、SOC が 0 [%] から 0.2 [CA] のレートで充電した時の電圧 V の変化と、電圧変化量 ΔV の変化を示している。

10

【0061】

一方、電池容量 X が減少すると、二次電池 14 は、充電時の電圧上昇が早くなる。そのため、電池容量 X の異なるリチウムイオン二次電池 14 を同じ充電レートで充電すると、図 13 に示すように、電圧が所定の設定電圧に達する時間に差が出来る。図 13 の例では、二次電池 14 C は設定電圧の 4.1 [V] に「時刻 t c」で達している。一方、二次電池 14 B は「時刻 t b」、二次電池 14 A は「時刻 t a」で、設定電圧の 4.1 [V] に達しており、電池容量 X が小さいほど、設定電圧に早く到達する。

【0062】

以上のことから、特異点 P 2 の出現時 t 2 を基準とした設定電圧までの到達時間 T A ~ T C は、二次電池 14 A ~ 14 C の電池容量 X が少ないほど短くなる。そのため、到達時間 T の長さを計測することで、その二次電池 14 の電池容量 X を推定できる。例えば、到達時間 T の長さを計測する試験を、電池容量 X を変えて行い、到達時間 T と二次電池 14 の電池容量 X を対応付ける相関データ（図 14 参照）を作成しておけば、相関データに基づいて二次電池 14 の電池容量 X を推定することが出来る。

20

【0063】

上記では設定電圧を 4.1 [V] にした例を説明したが、設定電圧は 4.1 [V] に限定されるものではなく、それ以外の数値であってもよい。具体的には、充電時の電圧変化を利用して到達時間 T を計測する場合であれば、特異点 P が出現する電圧より高い電圧であればよく、この例では、特異点 P 2 が 3.95 [V] ~ 4.05 [V] 付近で出現しているので、設定電圧は少なくとも、4.05 V より大きい電圧であればよい。

30

【0064】

一方、放電時の電圧変化を利用して到達時間 T を計測する場合であれば、特異点 P が出現する電圧より低い電圧であればよく、この例では、特異点 P 2 が 3.95 [V] ~ 4.05 [V] 付近で出現しているので、設定電圧は少なくとも、3.95 V より低い電圧であればよい。

【0065】

次に、二次電池 14 の電池容量 X を推定する容量推定シーケンスについて図 15、図 16 を参照して説明する。容量推定シーケンスは、二次電池 14 の充電時に BM 62 の CPU 70 により実行される。

40

【0066】

CPU 70 は、充電器 18 による充電が開始したか否かを判断する (S100)。CPU 70 は、充電器 18 による充電が開始していないと判断した場合 (S100:NO)、待機し、充電器 18 による充電が開始したと判断した場合 (S100:YES)、CS20 に二次電池 14 の電圧 V や温度 D の計測を開始させる (S10、S110)。CS20 による二次電池 14 の電圧 V の計測と、温度 D の計測は、規定の周期で継続される。そして、CPU 70 は、CS20 に計測させた二次電池 14 の電圧 V や温度 D の情報を、計測した時間の情報と共に通信ライン 80 を通じて BM 62 へ送信させる。CPU 70 は、BM 62 へ送信させた電圧 V や温度 D の情報（例えば、V3）を、ADC 78 にてデジタル値に変換させた後、計測した時間の情報（例えば、t3）と共にメモリ 76 に記憶する（

50

S 1 1 0)。なお、図 1 6 の S 1 0 0 から S 1 1 0 までの処理が、図 1 5 の電圧計測開始 (S 1 0) に相当する。

【 0 0 6 7 】

C P U 7 0 は、C S 2 0 から二次電池 1 4 の電圧 V や温度 D の情報を受信すると、特異点 P の検出を開始する (S 2 0)。具体的には、C P U 7 0 は、C S 2 0 から二次電池 1 4 の電圧 V や温度 D の情報を受信してから、二次電池 1 4 の電圧 V や温度 D を、次に C S 2 0 に計測させるまでの時間 (基準時間) が経過したか否かを判断する (S 1 2 0)。C P U 7 0 は、基準時間が経過していないと判断した場合 (S 1 2 0 : N O)、待機し、基準時間が経過したと判断した場合 (S 1 2 0 : Y E S)、C S 2 0 に二次電池 1 4 の電圧 V や温度 D の計測させる (S 1 3 0)。C P U 7 0 は、B M 6 2 へ送信させた電圧 V や温度 D の情報 (例えば、V 4) を、A D C 7 8 にてデジタル値に変換させた後、計測した時間の情報 (例えば、t 4) と共にメモリ 7 6 に記憶する (S 1 3 0)。

10

【 0 0 6 8 】

C P U 7 0 は、メモリ 7 6 から二次電池 1 4 の電圧 V のデータ (例えば、V 3、V 4) と、電圧 V の計測時間 t のデータ (例えば、t 3、t 4) を読み出して、各計測時間 t における電圧変化量 ΔV を算出 (実施形態 1 の (1) 式参照) する (S 1 4 0)。そして、C P U 7 0 は、各計測時間 t における電圧変化量 ΔV の大きさを比較して、電圧変化量 ΔV の極大点であるか否かを判断する (S 1 5 0)。C P U 7 0 は、極大点でないと判断した場合 (S 1 5 0 : N O)、S 1 1 0 に戻る。C P U 7 0 は、極大点であると判断した場合 (S 1 5 0 : Y E S)、上述した判別方法 (充電開始電圧 V_o に基づく判別方法) に従い、電圧が高い側の極大点である特異点 P 2 を検出し、更に特異点 P 2 の出現する電圧を検出する (S 1 6 0)。尚、S 2 0 が特異点検出処理、特異点検出ステップに対応する。また、図 1 6 の S 1 2 0 から S 1 5 0 までの処理が、図 1 5 の特異点検出 (S 2 0) に相当する。

20

【 0 0 6 9 】

その後、C P U 7 0 は C S 2 0 の計測した二次電池 1 4 の電圧 V を設定電圧 (一例として 4.1 [V]) と比較する処理を行い (S 2 1 0)、特異点 P 2 の出現時 t 2 から二次電池 1 4 が設定電圧に達するまでの到達時間 T を計測する。具体的には、C P U 7 0 は、二次電池 1 4 が設定電圧に達する時間を比較処理の結果と計時部 2 7 が計測する計測時刻から取得することにより、特異点 P 2 の出現時 t 2 から二次電池 1 4 が設定電圧に達するまでの到達時間 T を計測する。尚、S 3 0 が到達時間計測処理に対応する。

30

【 0 0 7 0 】

より詳細には、C P U 7 0 は、到達時間 T の計測を開始し (S 2 0 0)、二次電池 1 4 の電圧 V が設定電圧に達しているか否かを判断する (S 2 1 0)。C P U 7 0 は、二次電池 1 4 の電圧 V が設定電圧に達していないと判断した場合 (S 2 1 0 : N O)、S 2 0 0 に戻り、二次電池 1 4 の電圧 V が設定電圧に達したと判断した場合 (S 2 1 0 : Y E S)、到達時間 T の計測を終了する (S 2 2 0)。なお、図 1 6 の S 1 6 0 から S 2 2 0 までの処理が、図 1 5 の到達時間計測 (S 3 0) に相当する。

【 0 0 7 1 】

そして、C P U 7 0 は、到達時間 T を計測し終わると、次に、メモリ 7 6 から関連データを読み出して (S 1 7 0) 二次電池 1 4 の電池容量 X を推定する (S 4 0、S 1 8 0)。すなわち、C P U 7 0 は、関連データにて各到達時間 T と対応付けされた電池容量 X を、その二次電池 1 4 の電池容量 X に推定する。例えば、到達時間 T が「T 1」であった場合、C P U 7 0 は、二次電池 1 4 の電池容量 X を「X 1」であると推定する。その後、二次電池 1 4 の充電完了に伴い、C P U 7 0 は、容量推定シーケンスを終了する。尚、S 4 0 が推定処理、推定ステップに対応する。また、図 1 6 の S 1 7 0 から S 1 8 0 までの処理が、図 1 5 の電池容量推定 (S 4 0) に相当する。

40

【 0 0 7 2 】

本実施形態の B M 6 2 では、C P U 7 0 は、特異点 P の出現時から二次電池 1 4 が設定電圧に達するまでの到達時間 T の長さに基づいて二次電池 1 4 の電池容量 X を推定する。

50

CPU70は、到達時間Tは特異点Pよりやや低い電圧から設定電圧までを計測すれば、特定できる。そのため、CPU70は、従来のように二次電池14を放電終止状態から満充電条件を満たすまで充放電しなくても、二次電池14の電池容量Xを推定することが出来る。従って、CPU70は、電池容量Xの推定に要する時間を短縮することが出来る。また、電池容量Xの推定条件が緩和されることから、CPU70は、容量推定の頻度を増加することが可能となる。

【0073】

本実施形態のBM62では、CPU70は、複数の特異点Pから電圧Vが高い側の特異点P2を、到達時間計測の基準となる特異点に決定する。電圧Vが高い側の特異点P2は、電圧Vが低い側の特異点P1に比べて、位置の変化が小さいので、到達時間計測の基準として最適である。すなわち、CPU70は、位置の変化が小さい特異点P2を基準に到達時間Tを計測した方が、容量差に応じて到達時間Tの差が明確に現れる。従って、CPU70は、二次電池14の電池容量Xを正確に推定できる。

10

【0074】

CS20は二次電池14の電圧を規定の周期で計測し、BM62はCS20の計測値に基づいて二次電池14の状態を監視している。本実施形態のBM62では、二次電池14の電圧Vが設定電圧に達したかどうかを、CS20の計測値(二次電池14の電圧)から判断している。そのため、特異点P2の出現時t2から二次電池14の電圧Vが設定電圧に到達するまでの到達時間Tを、CS20やBM62が元から計測しているデータ(二次電池14の電圧Vと、計測時刻の情報)だけで算出することが出来るので、BM62で新たに計測値を増やす必要が無い。

20

【0075】

<実施形態3>

実施形態2では、CPU70は、CS20の計測した二次電池14の電圧Vを設定電圧(一例として4.1[V])と比較する処理を行い、特異点P2の出現時t2から二次電池14が設定電圧に達するまでの到達時間Tを計測する構成とした。実施形態3では、CPU70は、充電方式の切り換えを通知する切換信号Srを利用して到達時間Tを計測する。

【0076】

具体的に説明すると、充電器18の充電方式はCC・CV(定電流・定電圧)方式であり、二次電池14が切換電圧(一例として4.1[V])に達すると、CPU70は、定電流充電から定電圧充電に切り換える。

30

【0077】

実施形態3では、CPU70は、設定電圧を切換電圧と同じ電圧値に設定し、充電器18からBM62に対して充電方式の切り換えを通知する切換信号Sr、すなわち二次電池14の電圧が4.1[V]に達したことを通知する信号を送信させる構成とする。

【0078】

このようにすれば、実施形態2と同様に、CPU70は、CS20の計測した二次電池14の電圧Vに基づいて特異点P2の出現時t2を検出すれば、後は、特異点P2の出現時t2から切換信号Srを受信するまでの時間を計時部77で計測させることにより、到達時間Tを計測することが出来る。

40

【0079】

実施形態3では、CPU70は、切換信号Srを利用して到達時間Tを計測するので、BM62側で二次電池14が設定電圧に達したかどうかを検出する処理を行う必要がなくなることから、BM62の処理負担を軽減することが出来る。

【0080】

<実施形態4>

実施形態1では、CPU70は、特異点Pの出現する二次電池14の電圧に基づいて二次電池14の電池容量Xを推定した。実施形態4では、CPU70は、特異点P2が出現した時の残存容量を推定し、当該残存容量を二次電池14の残存容量とする。

50

【 0 0 8 1 】

具体的に説明すると、実施形態 1 で図 3 および図 5 を用いて説明したように、特異点 P 2 の出現する位置（残存容量軸上の位置又は、時間軸上の位置）は、同じ条件（充電レート等）で充放電をした場合であれば、電池容量 X が異なっても、それほど変化しない。具体的には、充電時では、最も残存容量の少ない二次電池 1 4 A と、最も残存容量の多い二次電池 1 4 C との差は、6 6 0 [m A h] である。また、放電時では、最も残存容量の少ない二次電池 1 4 A と、最も残存容量の多い二次電池 1 4 C との差は、8 5 0 [m A h] である。仮に 5 0 0 0 0 [m A h] を基準（電池容量）とした場合、C P U 7 0 は、高々 2 % の誤差で残存容量を推定することができる。

【 0 0 8 2 】

そのため、C P U 7 0 は、特異点 P 2 が出現した時の残存容量を二次電池 1 4 の残存容量と推定することで、精度良く二次電池 1 4 の残存容量を推定できる。例えば、二次電池 1 4 を S O C が 0 [%] から充電して、特異点 P 2 が出現する二次電池 1 4 の残存容量を推定する試験を、電池容量 X を変えて行い、特異点 P 2 が出現する残存容量を固定値 Z として作成しておけば、当該固定値 Z を二次電池 1 4 の残存容量とすることが出来る。なお、固定値 Z は、電残存容量を多く見積もってしまい、二次電池 1 4 によって駆動される負荷が突然停止してしまうこと（以下、電欠という）へのリスクを小さくするため、上記試験で得られた残存容量の内、最小値の方がより好ましい。

【 0 0 8 3 】

また、図 3 で特異点 P 2 が出現した時の二次電池 1 4 の残存容量は、図 5 で同じ電池容量 X で特異点 P 2 が出現した時の二次電池 1 4 の残存容量に比べて、2 0 0 0 [m A h] 程度低い傾向を示している。そのため、二次電池 1 4 を S O C が 0 [%] から充電して、特異点 P 2 が出現した時の二次電池 1 4 の残存容量を計測する試験と、二次電池 1 4 を S O C が 1 0 0 [%] から放電して、特異点 P 2 が出現した時の二次電池 1 4 の残存容量を計測する試験とを、電池容量 X を変えて行う。そして、同じ電池容量 X において、特異点 P 2 が出現した時の二次電池 1 4 の残存容量の充電時と放電時との比率 W を求めておくことが好ましい。これにより、固定値 Z と比率 W との積を算出すれば、二次電池 1 4 の充電時および放電時での残存容量を推定することができる。なお、比率 W は、電欠のリスクを小さくするため、上記試験で得られた比率の内、最小値の方がより好ましい。

【 0 0 8 4 】

次に、二次電池 1 4 の電池容量 X を推定する容量推定シーケンスについて、図 1 7、および図 1 8 を参照して説明する。容量推定シーケンスは、二次電池 1 4 の充電時に B M 6 2 の C P U 7 0 により実行される。

【 0 0 8 5 】

具体的には、C P U 7 0 は、充電器 1 8 による充電が開始したか否かを判断する（S 1 0 0）。C P U 7 0 は、充電器 1 8 による充電が開始していないと判断した場合（S 1 0 0 : N O）、待機し、充電器 1 8 による充電が開始したと判断した場合（S 1 0 0 : Y E S）、C S 2 0 に二次電池 1 4 の電圧 V や温度 D の計測を開始させる（S 1 0、S 1 1 0）。C S 2 0 による二次電池 1 4 の電圧 V の計測と、温度 D の計測は、規定の周期で継続される。そして、C P U 7 0 は、C S 2 0 に計測させた二次電池 1 4 の電圧 V や温度 D の情報を、計測した残存容量の情報と共に通信ライン 8 0 を通じて B M 6 2 へ送信させる。C P U 7 0 は、B M 6 2 へ送信させた電圧 V や温度 D の情報（例えば、V 3）を、A D C 7 8 にてデジタル値に変換させた後、計測した残存容量の情報（例えば、z 4）と共にメモリ 7 6 に記憶する（S 1 1 0）。また、図 1 8 の S 1 0 0 から S 1 1 0 までの処理が、図 1 7 の電圧計測開始（S 1 0）に相当する。

【 0 0 8 6 】

C P U 7 0 は、C S 2 0 から二次電池 1 4 の電圧 V や温度 D の情報を受信すると、特異点 P の検出を開始する（S 2 0）。具体的には、C P U 7 0 は、C S 2 0 から二次電池 1 4 の電圧 V や温度 D の情報を受信してから、二次電池 1 4 の電圧 V や温度 D を、次に C S 2 0 に計測させる残存容量（基準残存容量）を超えたか否かを判断する（S 3 2 0）。C

10

20

30

40

50

P U 7 0 は、基準残存容量を超えていないと判断した場合 (S 3 2 0 : N O)、待機し、基準時間が経過したと判断した場合 (S 3 2 0 : Y E S)、C S 2 0 に二次電池 1 4 の電圧 V や温度 D の計測させる (S 1 3 0)。C P U 7 0 は、B M 6 2 へ送信させた電圧 V や温度 D の情報 (例えば、V 4) を、A D C 7 8 にてデジタル値に変換させた後、計測した残存容量の情報 (例えば、z 4) と共にメモリ 7 6 に記憶する (S 1 3 0)。

【 0 0 8 7 】

C P U 7 0 は、メモリ 7 6 から二次電池 1 4 の電圧 V のデータと、電圧 V の残存容量 z の計測データ (例えば、z 3、z 4) を読み出して、各残存容量 z における電圧変化量 V を算出 (下記の (2) 式参照) する (S 1 4 0)。そして、C P U 7 0 は、各残存容量 z における電圧変化量 V の大きさを比較して、電圧変化量 V の極大点であるか否かを判断する (S 1 5 0)。C P U 7 0 は、極大点でないと判断した場合 (S 1 5 0 : N O)、S 1 1 0 に戻る。C P U 7 0 は、極大点であると判断した場合 (S 1 5 0 : Y E S)、上述した判別方法 (充電開始電圧 V o に基づく判別方法) に従い、電圧が高い側の極大点である特異点 P 2 を検出し、更に特異点 P 2 の出現する残存容量を検出する (S 1 6 0)。尚、S 2 0 が特異点検出処理、特異点検出ステップに対応する。また、図 1 8 の S 1 2 0 から S 1 5 0 までの処理が、図 1 7 の特異点検出 (S 2 0) に相当する。

10

【 0 0 8 8 】

$$V = (V 4 - V 3) / (z 4 - z 3) \cdot \cdot \cdot \cdot (2) \text{式}$$

【 0 0 8 9 】

そして、C P U 7 0 は、メモリ 7 6 から固定値 Z を読み出して (S 3 6 0)、二次電池 1 4 の残存容量を推定する (S 3 7 0)。なお、図 1 8 の S 3 6 0 から S 3 7 0 までの処理が、図 1 7 の残存容量推定 (S 5 0) に相当する。

20

【 0 0 9 0 】

本実施形態の B M 6 2 では、C P U 7 0 は、特異点 P 2 が出現した時の残存容量を二次電池 1 4 の残存容量と推定する。これによって、C P U 7 0 は、二次電池 1 4 の電池容量 X が不明であっても、二次電池 1 4 の残存容量を推定することができる。従って、残存容量の推定条件が緩和されることから、C P U 7 0 は、残存容量推定の頻度を増加することが可能となる。

【 0 0 9 1 】

< 他の実施形態 >

30

本発明は上記記述及び図面によって説明した実施形態に限定されるものではなく、例えば次のような実施形態も本発明の技術的範囲に含まれる。

【 0 0 9 2 】

(1) 上記実施形態 1 ~ 4 では、蓄電素子の一例としてリチウムイオン二次電池を例示したが、これに限らず、リチウムイオン二次電池以外の二次電池や、電気化学現象を伴うキャパシタ等であってもよい。

【 0 0 9 3 】

(2) 上記実施形態 2 では、二次電池 1 4 を充電させた時の電圧を計測して二次電池 1 4 の電池容量 X を推定したが、二次電池 1 4 を放電させた時の電圧を計測して二次電池 1 4 の電池容量 X を推定してもよい。すなわち、特異点 P や到達時間 T を、放電時の電圧変化量 V や放電時の電圧 V から検出するようにしてもよい。また、到達時間 T を計測する際に使用する、計測時刻等の時間の情報は外部から取得するようにしてもよい。また、電圧変化量 V は、残存容量変化に対する電圧の変化量であってもよい。

40

【 0 0 9 4 】

(3) 上記実施形態 1 ~ 4 では、定電流・定電圧方式の充電器 1 8 を例示したが、定電力・定電圧方式の充電器 1 8 を使用することが可能である。

【 0 0 9 5 】

(4) 上記実施形態 1 ~ 4 では、制御部の一例として C P U 7 0 を例挙げた。制御部は複数の C P U を備える構成や、A S I C (A p p l i c a t i o n S p e c i f i c I n t e g r a t e d C i r c u i t) などのハード回路を備える構成や、ハード回路

50

及びCPUの両方を備える構成でもよい。要するに、制御部は、上記の容量推定シーケンスを、ソフト処理またはハード回路を利用して実行するものであればよい。

【0096】

(5)実施形態1では、特異点P2の出現する電圧Vと二次電池14の電池容量Xを対応付ける相関データ(図4)に基づいて二次電池14の電池容量Xを推定するようにした。

以下、説明するように、特異点P2の出現する電圧Vは、電池容量Xが同じ電池でも、環境温度により異なり、環境温度が低い程、低い傾向を示す。そのため、特異点P2の出現する電圧と二次電池の電池容量Xを対応付ける相関データ(図4の相関データ)は、環境温度ごとに設けるようにすることが好ましい。

10

【0097】

図19は、図3と同様の二次電池14A、14Bを、環境温度0で、SOCが100[%]から0.2[CA]のレートで放電した時の電圧Vの変化と、電圧変化量ΔVの変化を示している。図3に示すように、環境温度が25の場合、特異点P2の出現する電圧Vは、二次電池14Aが4.0577[V]、二次電池14Bが4.0119[V]であるのに対して、図19に示すように、環境温度が0の場合、特異点P2の出現する電圧Vは、二次電池14Aが4.0524[V]、二次電池14Bが4.0078[V]である。このように、特異点P2の出現する電圧Vは、電池容量Xが同じ電池でも、環境温度により異なり、環境温度が低い程、低い傾向を示す(放電時も同様の傾向を示す)。そのため、特異点P2の出現する電圧と二次電池の電池容量Xを対応付ける相関データ(図4の相関データ)は、環境温度ごとに設けるようにすることが好ましい。

20

【0098】

(6)また、実施形態2では、到達時間Tと二次電池14の電池容量Xを対応付ける相関データ(図14)に基づいて二次電池14の電池容量Xを推定するようにした。相関データは、図20に示すように、環境温度ごとに設けるようにしてもよい。特異点Pの出現時から設定電圧までの到達時間Tは、二次電池14の内部抵抗rにより影響を受ける。内部抵抗rの値は環境温度の影響により変化するので、上記のように、相関データを環境温度ごとに設けておけば、電池劣化(容量維持率)を正確に推定出来る。尚、二次電池14の容量維持率が同じ場合、環境温度が低いほど、到達時間Tが短くなるが、その理由は、以下の通りである。

30

【0099】

$$V = E + r \times I \dots \dots (3) \text{式}$$

「V」は、二次電池14の端子電圧である。

「E」は、二次電池14の開放電圧である。

「r」は、二次電池14の内部抵抗である。

「I」は、二次電池14の充電電流である。

【0100】

二次電池14の内部抵抗rは、環境温度により異なり、環境温度が低い程、増大する傾向となる。従って、二次電池14の容量維持率が同じ(すなわち、同一の劣化状態)であれば、環境温度が低いほど、内部抵抗rは大きくなる。一方、二次電池14の開放電圧Eは、環境温度に関係なく一定と考えられるため、二次電池14の端子電圧Vは環境温度が低いほど高くなる。そのため、特異点Pの現れる電圧は、環境温度が低いほど高くなる。以上のことから、電池容量Xの推定に用いる設定電圧と特異点Pの現れる電圧Vとの電圧差は、環境温度が低いほど小さくなるため、環境温度が低いほど到達時間Tが短くなる。

40

【0101】

(7)実施形態1では、蓄電素子の「状態」の一例に、二次電池14の「電池容量」Xを例示し、特異点Pの出現する電圧Vに基づいて二次電池14の電池容量Xを推定した。蓄電素子の「状態」は、二次電池14の電池容量Xに限定されるものではなく、例えば、二次電池14の「内部抵抗」rであってもよい。すなわち、二次電池14の電池容量(劣化の程度)Xと二次電池14の内部抵抗rは相関性があるため、二次電池14の内部抵抗

50

rと特異点Pの出現する電圧Vにも相関性がある。そのため、特異点Pの出現する電圧Vに基づいて二次電池14の内部抵抗rを推定することが可能である。具体的には、特異点Pの出現する電圧Vを計測する試験を、内部抵抗rが異なる2次電池(初期容量は同じ)14に対して行い、特異点Pの出現する電圧と二次電池14の内部抵抗rを対応付ける相関データ(図4相当のデータ)を作成しておけば、相関データに基づいて、特異点Pの出現する電圧から二次電池14の内部抵抗rを推定することが出来る。また、同様、到達時間Tと二次電池14の内部抵抗rを対応付ける相関データ(図4相当のデータ)を作成しておけば、相関データに基づいて、到達時間Tの長さから二次電池14の内部抵抗rを推定することが出来る。

【0102】

(8)実施形態1では、特異点P2を充電開始電圧V_oに基づいて判別する方法を例に挙げたが、特異点Pの判別は、充電開始電圧V_oに着眼した判別方法以外にも、二次電池14が設定電圧(この例では、4.1V)に達する時刻に近いタイミングで検出された特異点Pを、到達時間計測の基準となる特異点と判断してもよい。また、特異点Pが検出された時の電圧を、特異点P2が出現する電圧の範囲と比較して、その特異点Pが、特異点P2かどうか判別してもよい。また、複数の判別方法を併用して特異点を判別すると、判別精度が高くなり好ましい。

【0103】

(9)実施形態1~4では、電池パック60を電気自動車やハイブリッド車に搭載した例を示したが、本発明の適用対象は、電気自動車(EV)やハイブリッド車(HV)に限られるものではなく、二次電池14等の蓄電素子を使用する装置やシステムであれば、広く適用することが可能である。例えば、電車、プラグインハイブリッド車(PHEV)に適用することが出来る。また、ホームエネルギーマネージメントシステム(HEMS)等の蓄電機能を備えたエネルギーシステムに適用することも可能である。また、本発明の実施態様は、装置以外に、二次電池14等の蓄電素子の状態を推定する状態推定方法や、これらの装置または方法の機能を実現するためのコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを記録した記録媒体等の種々の態様とすることが出来る。

【0104】

(10)実施形態4では、特異点P2が出現する残存容量を固定値Zとして、当該固定値Zを二次電池14の残存容量とした。しかし、図19を用いて上記で説明した通り、特異点P2の出現する電圧Vは、電池容量Xが同じ電池でも、環境温度により異なり、環境温度が低い程、低い傾向を示す。そして当該傾向は、特異点P2が出現した時の残存容量でも同様に当てはまる(ただし、放電時は、環境温度が低い程、高い傾向を示す)。そのため、特異点P2の出現時の二次電池14の残存容量と環境温度とを対応付ける相関データを、環境温度ごとに設けてもよい。

【0105】

(11)実施形態4では、固定値Zは、電欠のリスクを小さくするため、上記試験で得られた残存容量の内、最小値である構成を例に挙げた。しかしこれに限らず、固定値Zは、上記試験で得られた残存容量の最大値でもよく、平均値でもよい。

【0106】

(12)実施形態4では、比率Wは、電欠のリスクを小さくするため、上記試験で得られた比率の内、最小値である構成を例に挙げた。しかしこれに限らず、比率Wは、上記試験で得られた比率の最大値でもよく、平均値でもよい。

【符号の説明】

【0107】

12:組電池、14:二次電池、18:充電器、20:CS、24:電圧測定回路、30:センサユニット、60:電池パック、62:BM、70:CPU、76:メモリ、P:特異点、T:到達時間、X:電池容量

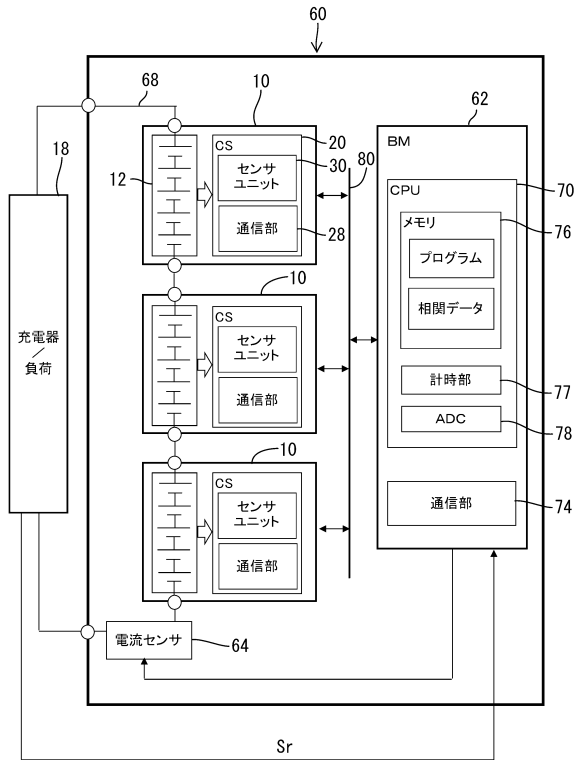
10

20

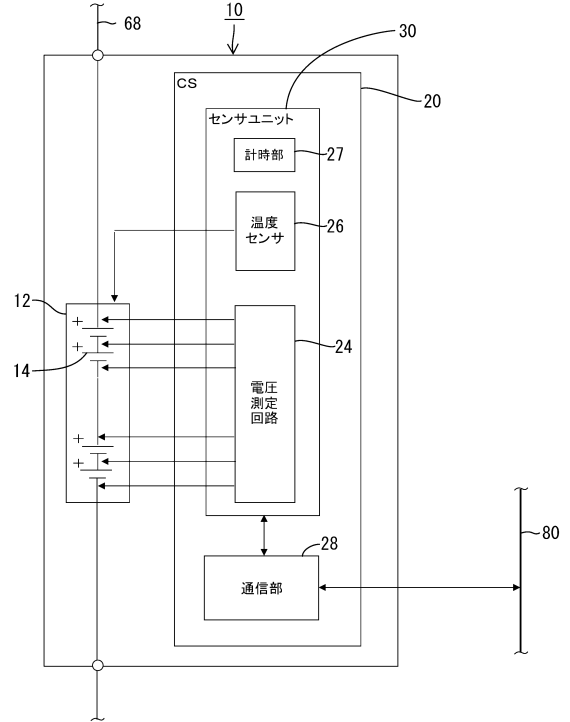
30

40

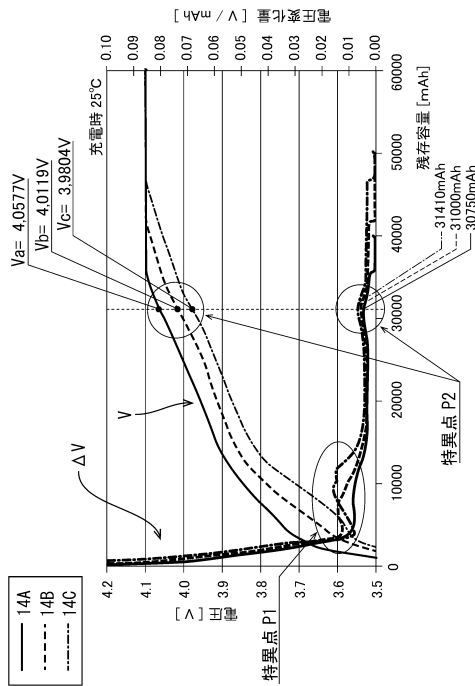
【図1】



【図2】



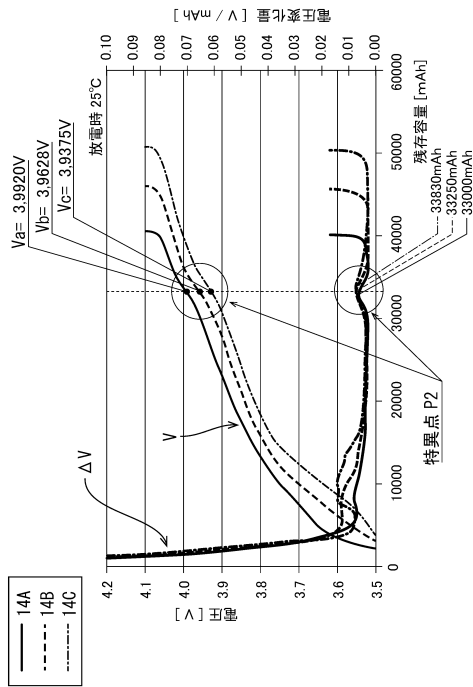
【図3】



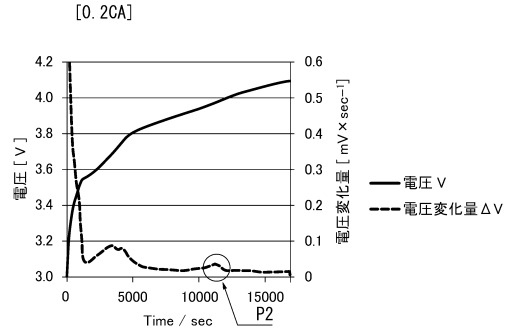
【図4】

特異点P2の出現する電圧V	電池容量X(Ah)
Va	Xa
Vb	Xb
Vc	Xc
Vd	Xd
Ve	Xe

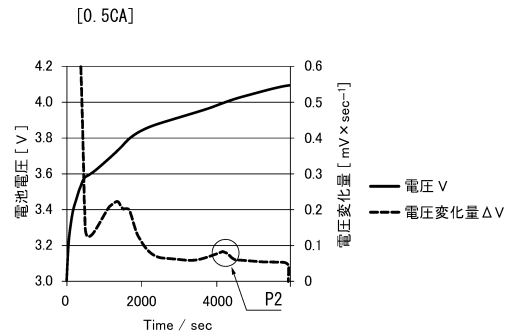
【図5】



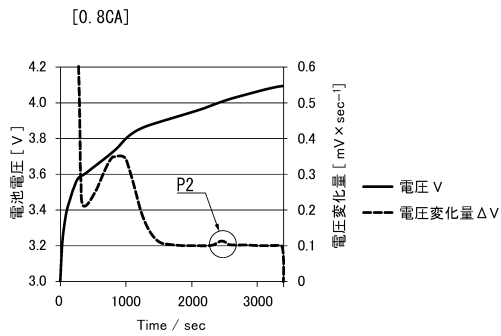
【図6】



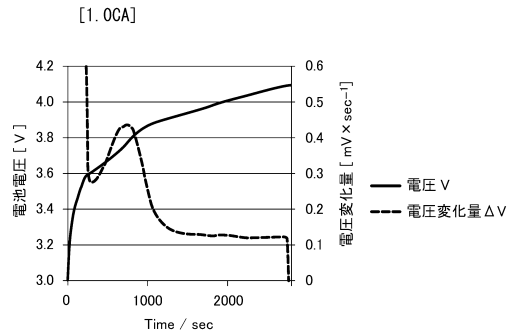
【図7】



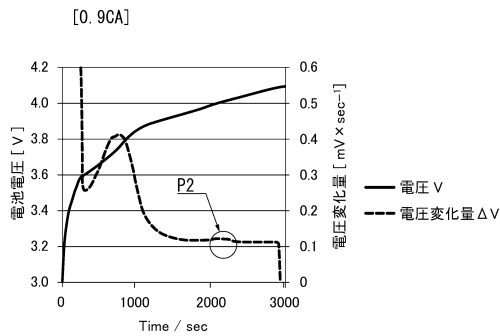
【図8】



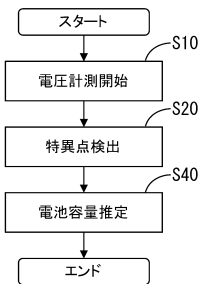
【図10】



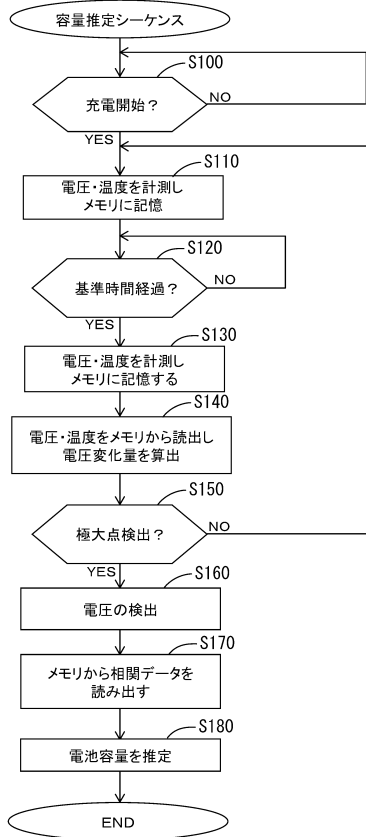
【図9】



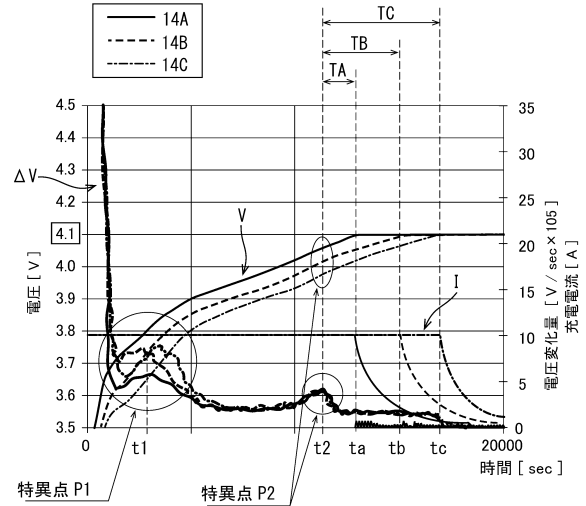
【図11】



【図12】



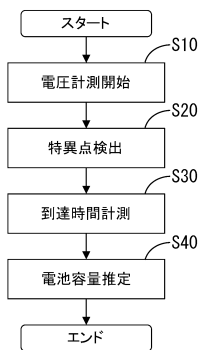
【図13】



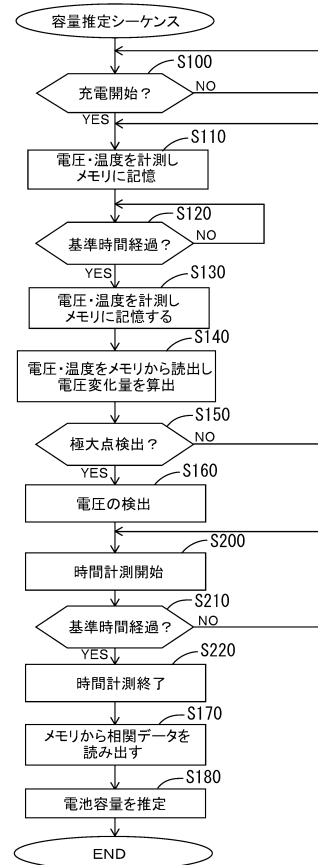
【図14】

到達時間T(sec)	電池容量X(Ah)
T1	X1
T2	X2
T3	X3
T4	X4
T5	X5
T6	X6

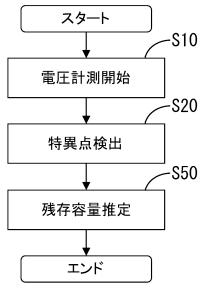
【図15】



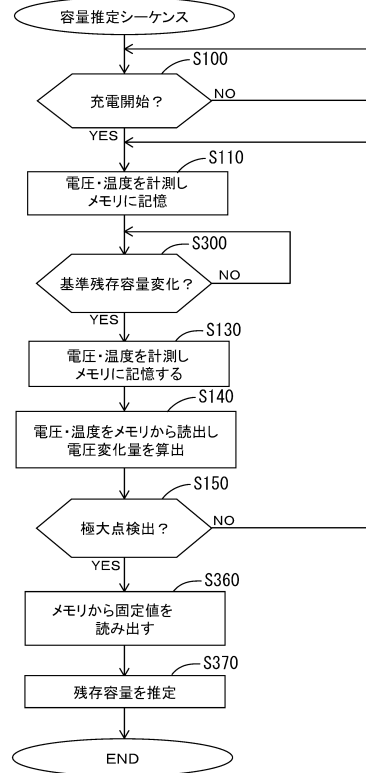
【図16】



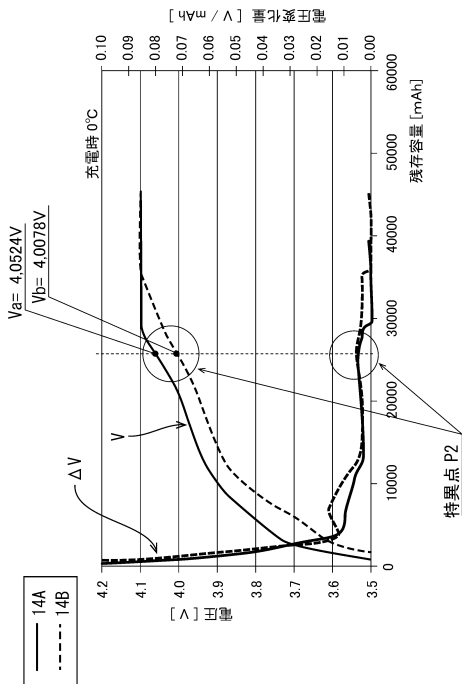
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【図 20】

環境温度	到達時間T			劣化品2 (容量維持率80%)
	100[sec]	90[sec]	80[sec]	
常温	新品 (容量維持率100%)	劣化品1 (容量維持率90%)	劣化品2 (容量維持率80%)	-
低温	-	新品 (容量維持率100%)	劣化品1 (容量維持率90%)	劣化品2 (容量維持率80%)

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-272365(JP,A)
特開2012-181976(JP,A)
特開2006-351418(JP,A)
特開2009-252381(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0105068(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 31/36
H01M 10/48
H02J 7/00 - 7/12