

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-63693

(P2014-63693A)

(43) 公開日 平成26年4月10日(2014.4.10)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
HO 1 M	10/48 (2006.01)	HO 1 M 10/48 P	2 G 0 1 6
GO 1 R	31/36 (2006.01)	GO 1 R 31/36 A	5 G 5 0 3
HO 1 M	2/10 (2006.01)	HO 1 M 10/48 3 O 1	5 H 0 3 0
HO 2 J	7/00 (2006.01)	HO 1 M 2/10 S	5 H 0 4 0
		HO 2 J 7/00 Y	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2012-209392 (P2012-209392)
 (22) 出願日 平成24年9月24日 (2012.9.24)

(71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 110000235
 特許業務法人 天城国際特許事務所
 (72) 発明者 濱岡 快之
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
 (72) 発明者 嶋田 登志郎
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
 Fターム(参考) 2G016 CA03 CB13 CC01 CC10 CC16
 CC21 CC27 CC28
 5G503 AA01 BA03 BB01 CA01 CA11
 CB11 CB16 EA05 EA08
 最終頁に続く

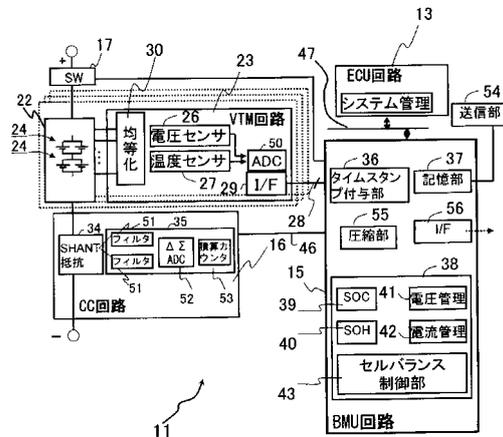
(54) 【発明の名称】 二次電池装置および電池容量推定システム

(57) 【要約】

【課題】 電池モジュールの電池容量を精度良く計測することができず、セル電圧を正しく計測できない。

【解決手段】 一実施形態によれば、複数のセル24を含む電池モジュール22と、セル24毎のセル電圧およびセル温度を測定するVTM回路23と、電池モジュール22を流れる電流を測定するCC回路16と、CC回路16による電流値およびVTM回路23によるセル電圧値及びセル温度値にそれぞれ時刻情報を付与する時刻付与部36と、時刻付与部36の時刻情報によってそれぞれ関係付けられた電流値、セル電圧値およびセル温度値を記憶する記憶部37と、記憶部37に記憶の履歴によりセル温度値及びセル電圧値間の時間差分、又はセル温度値及び電流値間の時間差分を求め、この時間差分によりセル24毎に劣化の度合いを判定する演算部38とを備えた二次電池装置11が提供される。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の二次電池のセルを含む電池モジュールと、
前記電池モジュールの前記セル毎のセル電圧およびセル温度を測定する電池監視回路と

、
前記電池監視回路による測定タイミングと同じタイミングで前記電池モジュールを流れる電流を測定する電流測定回路と、

前記電流測定回路による電流値および前記電池監視回路によるセル電圧値及びセル温度値にそれぞれ時刻情報を付与する時刻付与部と、

前記時刻付与部の前記時刻情報によってそれぞれ関係付けられた前記電流値、前記セル電圧値および前記セル温度値を記憶する記憶部と、

前記記憶部に記憶の履歴により前記セル温度値及び前記セル電圧値間の時間差分、又は前記セル温度値及び前記電流値間の時間差分を求め、この時間差分により前記セル毎に劣化の度合いを判定する演算部と、

を備えた二次電池装置。

【請求項 2】

複数の二次電池のセルを含む電池モジュールと、

前記電池モジュールの前記セル毎のセル電圧およびセル温度を測定する電池監視回路と

、
前記電池監視回路によるセル電圧値及びセル温度値にそれぞれ時刻情報を付与する時刻付与部と、

前記時刻付与部の前記時刻情報によってそれぞれ関係付けられた前記セル電圧値および前記セル温度値を記憶する記憶部と、

前記記憶部に記憶の履歴により前記セル温度値及び前記セル電圧値間の時間差分を求め、この時間差分により前記セル毎に劣化の度合いを判定する演算部と、

を備えた二次電池装置。

【請求項 3】

前記演算部は、前記セル温度値、前記セル電圧値および前記電流値により、時点間での前記セルの劣化の度合いを推定する電池劣化モデルにしたがって前記セル毎に劣化状態を推定演算する請求項 1 又は請求項 2 記載の二次電池装置。

【請求項 4】

前記電流値、前記セル電圧値および前記セル温度値を含む計測履歴情報が供給され、この計測履歴情報により前記電池モジュールの容量を推定する電池管理部を更に備える請求項 1 乃至 3 の何れか一記載の二次電池装置。

【請求項 5】

モータと、

前記モータへ電力を供給し、それぞれ複数の二次電池のセルを含み直列に接続された複数の電池モジュールと、

前記電池モジュール毎に前記セル毎のセル電圧およびセル温度を測定する電池監視回路と、

前記電池監視回路による測定タイミングと同じタイミングで前記電池モジュールを流れる電流を測定する電流測定回路と、

前記電流測定回路による電流値および前記電池監視回路によるセル電圧値及びセル温度値にそれぞれ時刻情報を付与する時刻付与部と、

前記時刻付与部の前記時刻情報によってそれぞれ関係付けられた前記電流値、前記セル電圧値および前記セル温度値を記憶する記憶部と、

前記記憶部に記憶の履歴により前記セル温度値及び前記セル電圧値間の時間差分、又は前記セル温度値及び前記電流値間の時間差分を求め、この時間差分により前記セル毎に劣化の度合いを判定する演算部と、

前記電流値、前記セル電圧値および前記セル温度値を含む計測履歴情報が供給され、こ

10

20

30

40

50

の計測履歴情報により前記電池モジュールの容量を推定する電池管理部と、
を備えた電池容量推定システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

一実施形態は二次電池装置および電池容量推定システムに関する。

【背景技術】

【0002】

電気自動車又はハイブリッド自動車のモータ駆動用電源にはリチウムイオン電池が用いられている。下ろしたての新品のリチウムイオン電池は充電によって定格容量の100%に近い値の満充電容量を有するが、充放電の繰返しにより満充電容量は低下する。満充電容量とは複数回に亘って電池の充放電を繰返した後においてこの電池が蓄積可能な容量を言う。容量とは充電された容量でありアンペア時(Ah)により表される。

10

【0003】

車両には複数の電池モジュールが搭載されている。電池モジュールはこの電池モジュールの容量を監視する電池監視回路(以下、VTM[voltage temperature monitor]回路と言うことがある)とともにモジュール化されており、電池モジュールはモータ駆動に必要な電力を賄う(例えば特許文献1参照)。VTM回路は、電池の充放電に基づき、充電電気量の加算と放電電気量の減算とを累積し、積算値を電池の容量として算出している。

20

【0004】

電池モジュールは複数のセル(二次電池セル)を有する。複数のセルの間では容量及び温度が均一でない。リチウムイオン電池の使用では過充電又は過放電などセルの異常な状態を回避するため、VTM回路が各セルのセル電圧、セル温度及び電池モジュールの電流を計測している(例えば特許文献2参照)。また、セル電圧が充電電圧上限及び放電下限電圧に達することを防ぐため、VTM回路はセルバランス制御によって複数のセル間のセル電圧を均等化させる。VTM回路は高いセル電圧を持つセルを個別に選択し、セルを意図的に放電させる。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0005】

【特許文献1】特開2011-258337号公報

【特許文献2】特開2012-50240号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来技術では、充放電の繰返しによって満充電容量の値に誤差が累積し、電池モジュールに残された容量を精度良く計測することができない。劣化によって電池モジュールの実際の満充電容量は新品時の満充電容量の80%に低下することもある。便宜上、容量推定用の電池管理部は充放電の電流の積分値を表示するが、電池モジュールの実際の容量劣化の度合いを電池管理部は精度良く計測できず、電池モジュールの寿命を予測できない。

40

【0007】

電池の電圧の計測では、1.5~2.0V(ボルト)の電圧に対して50mVの電圧変化量が重畳し、正しい計測値を得られない。AD(analogue digital)変換器はビット数で決まる分解能の制限を元々持つため、電池電圧を高い精度で得られない。満充電容量への誤差の累積により各セル電圧を正しく計測できないため、VTM回路はセル電圧を正しく均等化することができない。複数のセルのうち、電圧が上限に達するセル、あるいは電圧が下限に達するセルを正確に特定できないことが存在する。

【0008】

50

特に自動車用の電池モジュールは登坂時にモータが大きなトルクを得るため大電流を放電し、電池モジュールは寒暖の差の激しい地域で使われる。高温時、高い電圧でモータを回転させること、あるいは低温時、大きな電流をモータが消費する場合が存在する。パソコン用の電池モジュールよりも著しい劣化が自動車用の電池モジュールには起こる。充放電の繰返しで累積する容量誤差に加えて、モータ用の電池モジュールでは消費電流量及び使用環境が大きく変動するため、積算値では電池モジュールの劣化の度合いを正しく得られない。

【課題を解決するための手段】

【0009】

このような課題を解決するため、一実施形態によれば、複数の二次電池のセルを含む電池モジュールと、前記電池モジュールの前記セル毎のセル電圧およびセル温度を測定する電池監視回路と、前記電池監視回路による測定タイミングと同じタイミングで前記電池モジュールを流れる電流を測定する電流測定回路と、前記電流測定回路による電流値および前記電池監視回路によるセル電圧値及びセル温度値にそれぞれ時刻情報を付与する時刻付与部と、前記時刻付与部の前記時刻情報によってそれぞれ関係付けられた前記電流値、前記セル電圧値および前記セル温度値を記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶の履歴により前記セル温度値及び前記セル電圧値間の時間差分、又は前記セル温度値及び前記電流値間の時間差分を求め、この時間差分により前記セル毎に劣化の度合いを判定する演算部と、を備えた二次電池装置が提供される。

10

【0010】

また、別の一実施形態によれば、複数の二次電池のセルを含む電池モジュールと、前記電池モジュールの前記セル毎のセル電圧およびセル温度を測定する電池監視回路と、前記電池監視回路によるセル電圧値及びセル温度値にそれぞれ時刻情報を付与する時刻付与部と、前記時刻付与部の前記時刻情報によってそれぞれ関係付けられた前記セル電圧値および前記セル温度値を記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶の履歴により前記セル温度値及び前記セル電圧値間の時間差分を求め、この時間差分により前記セル毎に劣化の度合いを判定する演算部と、を備えた二次電池装置が提供される。

20

【0011】

また、別の一実施形態によれば、モータと、前記モータへ電力を供給し、それぞれ複数の二次電池のセルを含み直列に接続された複数の電池モジュールと、前記電池モジュール毎に前記セル毎のセル電圧およびセル温度を測定する電池監視回路と、前記電池監視回路による測定タイミングと同じタイミングで前記電池モジュールを流れる電流を測定する電流測定回路と、前記電流測定回路による電流値および前記電池監視回路によるセル電圧値及びセル温度値にそれぞれ時刻情報を付与する時刻付与部と、前記時刻付与部の前記時刻情報によってそれぞれ関係付けられた前記電流値、前記セル電圧値および前記セル温度値を記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶の履歴により前記セル温度値及び前記セル電圧値間の時間差分、又は前記セル温度値及び前記電流値間の時間差分を求め、この時間差分により前記セル毎に劣化の度合いを判定する演算部と、前記電流値、前記セル電圧値および前記セル温度値を含む計測履歴情報が供給され、この計測履歴情報により前記電池モジュールの容量を推定する電池管理部と、を備えた電池容量推定システムが提供される。

30

40

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】一実施形態に係る電池容量推定システムを有する車両の構成図である。

【図2】一実施形態に係る二次電池装置の機能ブロック図である。

【図3】一実施形態に係る二次電池装置の電池監視回路の構成例を示す図である。

【図4】一実施形態に係る二次電池装置の放電特性の一例を示す図である。

【図5】一実施形態に係る二次電池装置の演算部による管理対象の劣化パターンの種類を示す図である。

【図6】一実施形態に係る二次電池装置の演算部による第1評価関数を示す図である。

【図7】一実施形態に係る二次電池装置の演算部による第2評価関数を示す図である。

50

【発明を実施するための形態】**【0013】**

以下、実施の形態に係る二次電池装置および電池容量推定システムについて、図1乃至図7を参照しながら説明する。尚、各図において同一箇所については同一の符号を付すとともに、重複した説明は省略する。

【0014】

図1は実施の形態に係る電池容量推定システムを有する車両の構成図である。本実施形態に係る電池容量推定システムは、車軸にトルクを与えるモータ10と、モータ10の駆動の電力源である二次電池装置11と、二次電池装置11からの電力から3相の交流電圧をモータ10へ加えるインバータ12と、運転者の操作入力に应答して車両49全体を制御し、上位装置としてシステム管理を行う電子制御部（以下、ECU[electronic control unit]回路と呼ぶ）13とを備えている。

10

【0015】

二次電池装置11は、3直列の電池モジュール22と、電池モジュール22毎に容量を推定し、充放電の要否を監視する電池管理部（以下、BMU[battery monitor unit]回路と呼ぶ）15とを備えている。図1では、3つの電池モジュール22で電池パック48を構成している。BMU回路15へは各電池モジュール22に含まれる複数のセルのセル電圧、電流及び温度のタイムスタンプ付きの計測値（計測履歴情報）が入力されており、BMU回路15はこの計測履歴情報により容量推定を行う。最後段の電池モジュール22の負極端子18には接続ライン19が接続されておりこの接続ライン19はBMU回路15により折返されてインバータ12の負極入力端子12aに接続されている。最前段の電池モジュール22の正極端子20にはスイッチ部17を介して接続ライン21が接続されており、この接続ライン21はインバータ12の正極入力端子12bに接続されている。更に二次電池装置11は、電池モジュール22単位でセル電圧及びセル温度を測定するVTM回路23と、VTM回路23による測定タイミングと同じタイミングで電池モジュール22を流れる電流を測定する複数の電流測定回路（以下、CC[Coulomb counter]回路と呼ぶ）16と、電池モジュール22及びモータ10間の電力供給をオン、オフ切替えるスイッチ部17とを備えている。具体的には、二次電池装置11は、電池モジュール22単位でセル電圧、セル温度を測定するVTM回路23と、電池パック48単位で電荷量を測定するCC回路16と、これらのVTM回路23及びCC回路16を電池パック48単位で統合（管理）するBMU回路15の3つの基板により構成される。

20

30

【0016】

図2は二次電池装置11の機能ブロック図である。一つの電池モジュール22は複数の二次電池のセル24を含む。一つのセル24は2つの並列に設けられたセル単位により構成される。VTM回路23はセル24毎にセル電圧およびセル温度を測定し、電池モジュール22を監視する。セル電圧とは一つのセル24の端子間電圧を言い、同図の例では並列のセル単位の電圧に等しい。

【0017】

VTM回路23はセル電圧を検出する電圧センサ26と、セル温度を検出する温度センサ27とを備えている。更にVTM回路23は、電圧センサ26の出力及び温度センサ27の出力側に設けられたAD変換器50と、セル電圧のデジタルデータ及びセル温度のデジタルデータを、信号線28を介してBMU回路15へ送るインターフェース部（I/F）29と、各セル24の電圧を均等化するための均等化回路30とを備える。インターフェース部29は電池モジュール22内の全てのセル24のセル電圧及びセル温度を、VTM回路23の識別番号を付して出力する。識別番号とは例えば基板番号1、2、3を言う。

40

【0018】

図3は均等化回路30、電圧センサ26及び複数の温度センサ27の構成例を示す図である。同図左方上下にセル24が複数直列に設けられており、各セル24の両端から複数

50

本の放電用の抵抗 31 を介して、均等化回路 30 及び電圧センサ 26 に供給される。

【0019】

均等化回路 30 はこれらのセル 24 のうち、相対的に高いセル電圧を持つセル 24 を個別に選択し、選択したセル 24 を意図的に放電させる。この均等化回路 30 は、一端がセル 24 の正負の両端子に接続され他端がスイッチング素子 32 に接続された複数の抵抗 31 と、それぞれ 2 つの抵抗 31 の他端を開閉する複数のスイッチング素子 32 と、これらのスイッチング素子 32 の開閉を個別に切替えるスイッチ制御部 33 とを備える。電圧センサ 26 は均等化回路 30 の後段に接続されている。電圧センサ 26 は複数の抵抗 31 の各他端に接続され、抵抗 31 の端子間の電圧を測定する。電圧センサ 26 は複数のセル電圧端子の何れか 2 つを選択するマルチプレクサ 26a と、マルチプレクサ 26a の切替え
10
タイミングを制御するシーケンサ 26b とを備える。このシーケンサ 26b は均等化回路 30 のスイッチ制御部 33 と連動して切替え信号を出力してもよい。更に電圧センサ 26 は、マルチプレクサ 26a が選択した 2 つのセル電圧の差分を増幅するアンプ 26c と、アンプ 26c のアナログ出力をデジタル出力へ変換する A/D 変換器 26d とを備えている。また、温度センサ 27 はセル 24 の近傍に配置され、接触又は非接触でセル温度を検出する。

【0020】

図 2 の C/C 回路 16 は電池モジュール 22 単位で電圧を測定する。C/C 回路 16 は、電池モジュール 22 に直列に接続されたシャント抵抗 34 (抵抗器) と、シャント抵抗 34 の両端に発生する電位差からこのシャント抵抗 34 に流れる電流値として取込み、電流値
20
を時間積分し、積分値を積分時間により平均化する電流センサ 35 とを備える。シャント抵抗 34 は数百 μ の抵抗値を有する。電流センサ 35 は 2 つのフィルタ 51 と、アナログデジタル変換器 52 (A/D コンバータ) と、積算カウンタ 53 (電荷量カウンタ) とを有する。アナログデジタル変換器 52 は複数ビットにより表される分解能を持ち、シャント抵抗 34 の両端に発生するアナログ電圧をデジタル電圧に変換する。電流センサ 35 はアナログ電流値をサンプリングし、例えば 12 ビットの分解能を有するデジタル電流値を出力する。12 ビットの A/D 変換により C/C 回路 16 は従来例よりもより大きい分解能で電流値を出力可能になっている。積算カウンタ 53 はデジタル出力電圧から検出電流を生成する。C/C 回路 16 は検出電流値を信号線 46 から B/MU 回路 15
30
へ送る。スイッチ部 17 は MEMS (micro electro mechanical systems) スイッチである。

【0021】

更に二次電池装置 11 は、B/MU 回路 15 側に C/C 回路 16 による電流値および V/T M 回路 23 によるセル電圧値及びセル温度値にそれぞれタイムスタンプ (時刻情報) を付与するタイムスタンプ付与部 36 (時刻付与部) と、タイムスタンプによってそれぞれ関係付けられた電流値、セル電圧値およびセル温度値を記憶する記憶部 37 とを備えている。更に二次電池装置 11 は記憶部 37 に記憶の各値の履歴によりセル温度値及びセル電圧値間の時間差分、又はセル温度値及び電流値間の時間差分を求め、この時間差分によりセル 24 毎に劣化の度合いを判定する演算部 38 を備えている。

【0022】

タイムスタンプ付与部 36 は、C/C 回路 16 からの電流値 I を時系列 t_1 、 t_2 、...、 t_n で出力し、 $I_1(t_1)$ 、 $I_1(t_2)$ 、...、 $I_1(t_n)$ を出力する。 n は整数を表す。タイムスタンプ付与部 36 は、電池モジュール 22 毎のセル電圧 V の時系列データ及びセル温度 T の時系列データを出力する。

【0023】

記憶部 37 はタイムスタンプ付与部 36 からの全ての値を記憶する。セル 24 の接続段数を k とすると、記憶部 37 は第 1 の電池モジュール 22 から、 k 個分のセル 24 のそれぞれについて、互いに時刻 t ($= t_1$ 、 t_2 、...、 t_n) によって対応付けられたデータ列 { 電流値 $I_1(t)$ 、セル電圧 $V_{11}(t)$ 、 $V_{12}(t)$ 、...、 $V_{1k}(t)$ 、セル温度 $T_{11}(t)$ 、 $T_{12}(t)$ 、...、 $T_{1k}(t)$ } を記憶する。記憶部 37 は第 2 の
40
50

電池モジュール 2 2 及び第 3 の電池モジュール 2 2 から、 k 個分のセル 2 4 のそれぞれについて、電流値、セル電圧、セル温度を記憶する。

【 0 0 2 4 】

演算部 3 8 は推定演算の結果により、複数のセル 2 4 のうち劣化セルを特定する。更に、演算部 3 8 は推定演算の結果により、劣化セルの寿命を予測する。演算部 3 8 は例えば一日分のセル温度変化及びセル電圧変化により、一日分の電池モジュール 2 2 の劣化の有無を評価する。演算部 3 8 は電池の劣化に影響を与える劣化要素をデータマイニング手法によって判定する。その手法として、演算部 3 8 は第 1 の電池モジュール 2 2 から、 k 個分のセル 2 4 のそれぞれについて、互いに時刻 t によって対応付けられたデータ列 {セル温度 $T_1(t)$ 、セル電圧 $V_1(t)$ } により、第 1 評価演算を実行する。また、演算部 3 8 はセル温度値及び電流値間の関係を示す第 2 評価関数を生成しておき、{セル温度 $T_1(t)$ 、電流値 $I(t)$ } により、セル温度値及び電流値間の第 2 評価演算を実行する。演算部 3 8 は第 1 及び第 2 の 2 種類の評価結果によって、想定される複数例えば 2 種類の電池劣化モデルのうち、何れか有力な電池劣化モデルを同定する。演算部 3 8 は後述する温度、電圧、電流のグラフの境界線と、評価結果によって得た数値との比較によって、何れかのセル 2 4 の劣化を予測する。演算部 3 8 は例えば満充電の直後に電池モジュール 2 2 の満充電容量が新品時の満充電容量の 100% に戻っていないことを予測し、満充電容量の不足量の大きさを演算部 3 8 は評価する。

10

【 0 0 2 5 】

更に演算部 3 8 は電池モジュール 2 2 毎に充電状態 SOC (state of charge) を計算する SOC 計算部 3 9 と、電池モジュール 2 2 毎に劣化状態 SOH (state of health) を計算する SOH 計算部 4 0 と、電圧を管理する電圧管理部 4 1 と、電流を管理する電流管理部 4 2 と、VTM 回路 2 3 の均等化回路 3 0 を制御するセルバランス制御部 4 3 とを備えている。演算部 3 8 は ECU 回路 1 3 からの要求を受けたタイミングで電池モジュール 2 2 毎に充電状態 SOC を求める。充電状態 SOC は残容量 (Ah) / 満充電容量 (Ah) により求める。劣化状態 SOH は劣化時の満充電容量 (Ah) / 初期時の満充電容量 (Ah) により求める。演算部 3 8 はスイッチ部 1 7 の切替えを制御し計算した電池状態の結果を ECU 回路 1 3 へバス 4 7 経由で送る。

20

【 0 0 2 6 】

BMU 回路 1 5 の機能は CPU (central processing unit)、ROM (read only memory) 及び RAM (random access memory) により実行される。二次電池装置 1 1 は BMU 回路 1 5 にデータマネジメントプログラムを処理するハードウェアを設ける。このデータマネジメントプログラムは、VTM 回路 2 3 及び CC 回路 1 6 がそれぞれ計測したデータより統計的な電池劣化モデルを同定し、寿命を予測するアルゴリズムを有する。また、全体監視用の ECU 回路 1 3 は、演算部 3 8 による演算結果の表示データを作成してもよい。

30

【 0 0 2 7 】

このような構成の二次電池装置 1 1 では、通常時、VTM 回路 2 3 はセル電圧、セル 2 4 を流れる電流の測定によって、電池を過充電、過放電及び過電流から保護する。VTM 回路 2 3 は測定電圧、測定電流が閾値より大又は小をリアルタイムに監視する。閾値を超えた時に、VTM 回路 2 3 は BMU 回路 1 5 に向けてアラーム信号をオン、オフの 2 値で送信する。BMU 回路 1 5 はこのアラーム信号を受信すると、一定時間内のオンの回数をカウントして各セル 2 4 の異常状態の有無を判定する。BMU 回路 1 5 は、異常を発見した場合、そのセル 2 4 を含む電池モジュール 2 2 を電氣的に絶縁する。あるいは BMU 回路 1 5 は、電池充電を停止するなどの異常処理を行う。これは、一定の規格温度を超える時に電池モジュール 2 2 を充電することにより生じるこの電池モジュール 2 2 の熱暴走、又は破壊を防ぐためである。また、CC 回路 1 6 は電流を測定し、電流方向により電流を積分し、誤差を補正する。CC 回路 1 6 は計測データを BMU 回路 1 5 へ送信する。BMU 回路 1 5 はデータを受信すると、電池製造時に予め計測しておいた電池モジュール 2 2 の容量の初期値と、計測データとを比較することによって、リアルタイムに電池モジュー

40

50

ル 2 2 に残された容量を推定する。

【 0 0 2 8 】

また、B M U 回路 1 5 は、3 つの V T M 回路 2 3 から、対応する複数のセル 2 4 のセル電圧、セル温度及びセル 2 4 を流れる電流の計測値を入力される。B M U 回路 1 5 は各計測値にタイムスタンプを付してそれらを記憶部 3 7 に蓄積する。セル電圧、セル温度及び電流値のデータが同期して蓄積される。B M U 回路 1 5 に V T M 回路 2 3 からのセル電圧及びセル温度が収集される。例えば 6 0 m 秒毎のタイムスタンプ処理とともに、B M U 回路 1 5 はセル電圧及び電流値からインピーダンスを求め、モータ 1 0 への負荷の状態を監視する。電池モジュール 2 2 が過充電、過放電及び過電流から保護される。また、B M U 回路 1 5 はセル 2 4 のセル電圧の低下の有無を判定する。何れかの値が正常範囲から外れる場合、B M U 回路 1 5 は V T M 回路 2 3 へ指令する。V T M 回路 2 3 は均等化回路 3 0 により選択的にセル 2 4 を充電又は放電する。

10

【 0 0 2 9 】

また、B M U 回路 1 5 は二次電池装置 1 1 の容量の特性を求める。B M U 回路 1 5 は記憶部 3 7 より、セル電圧及び電流値の代表値から、放電電圧 V 及び充放電量 A を検出する。B M U 回路 1 5 は積分した充放電量 A の値を前回求めた値に加算し、又は減算する。B M U 回路 1 5 は検出に所定個数を平均したセル電圧及び電流値を用いてもよい。

【 0 0 3 0 】

図 4 は放電特性の一例を示す図である。同図は電池モジュール 2 2 の容量の変化の一日分の推移例を示す。 V_{max} は電池モジュール 2 2 の満充電電圧である。 V_{min} は放電終止電圧である。 V_1 は充電上限電圧である。 V_2 は放電下限電圧である。演算部 3 8 は、容量が新品時の満充電容量に対して 2 0 ~ 8 0 % の範囲内になるように各電池モジュール 2 2 を監視する。演算部 3 8 は、電圧 V が急激に増加し始める充電上限電圧 V_1 および電圧 V が急速に低下し始める放電下限電圧 V_2 の間の範囲内に電圧がくるように充放電を制御する。

20

【 0 0 3 1 】

次に、B M U 回路 1 5 が電池の劣化の度合いを推定する手法について述べる。図 5 は演算部 3 8 による管理対象の劣化パターンの種類を示す図である。一般に充電池の劣化パターンは、(1) 容量が少なくなる場合、(2) 内部インピーダンスが大きくなる場合などのパターンに分類される。どの劣化パターンが支配的になるかは、電池モジュール 2 2 の充電、電池の保存期間、放電する際の温度、電圧及び電流の組み合わせと、これらの値の時間積分値とによって定まる。

30

【 0 0 3 2 】

B M U 回路 1 5 は、予め生成した 2 種類の評価関数の出力値を管理することによって、2 種類の劣化パターンのうちの何れかが支配的であるかを判定する。例えば時点 t における (電圧値 V 、温度 T) と、時点 $t + t_d$ における (電圧値 V_d 、温度 T_d) とを演算部 3 8 は求める。時間差分の温度変化量と、時間差分の電圧変化量とを時間積分することにより、演算部 3 8 はグラフを作成する。

【 0 0 3 3 】

図 6 は容量が少なくなる場合の劣化パターンによる第 1 評価関数を示す図である。同図中に数式により表される第 1 評価関数は、温度と電圧との組み合わせにより表される境界線 4 4 と、境界線 4 4 上の点及び任意の点間の差分の時間積分値とを用いて判定するための一例である。演算部 3 8 は高温時かつ高電圧の組み合わせが継続する時間積分値によって、劣化の程度を定める。同図の点 A、B は任意の点である。点 A は、温度、電圧の組み合わせの境界線 4 4 の下側の領域に存在するため、これらの温度、電圧が観測された電池は劣化していないと演算部 3 8 は判定する。一方、点 B は、温度、電圧の組み合わせの境界線 4 4 の上側の領域に存在するため、これらの温度、電圧が観測された電池を演算部 3 8 は劣化していると判定する。第 1 評価関数は、記憶部 3 7 のセル温度値、セル電圧値および電流値を検知情報として使う。つまり演算部 3 8 は、セル温度値、セル電圧値および電流値により、時点間でのセル 2 4 の劣化の度合いを推定する電池劣化モデルにしたがっ

40

50

てセル 2 4 毎に劣化状態を推定演算している。

【 0 0 3 4 】

ある時間の状態 (T , V) における劣化の程度は、点 B と境界線 4 4 との距離が最も短い点 (V d , T d) に対する差分 (T - T d , V - V d) に一定の乗数 (a , b) を掛けたものである。よって、一定時間における劣化の程度は、図 6 中、 $(T - T d) a * (V - V d) b d t$ という数式で表現される。この式を第 1 評価関数として用いる。ここで a、b は予め決められる定数である。* は乗算を表す。 () d t は () 内の関数を時間 t で積分することを表す (以下の例も同様である)。演算部 3 8 は、セル温度値およびセル電圧値をそれぞれ容量の劣化の要素として定義した第 1 評価関数を用いている。

【 0 0 3 5 】

また、温度によっても電池の劣化は進行するため、ある温度を軸としてその温度における電圧及び電流の関係を二次電池装置 1 1 は生成してもよい。例えば時点 t における (電流値 I、温度 T) と、時点 t + t d における (電流値 I d、温度 T d) とを演算部 3 8 は求める。時間差分の電流変化量と、時間差分の電圧変化量とを時間積分し、演算部 3 8 はグラフを作成する。

【 0 0 3 6 】

図 7 は内部インピーダンスが大きくなる場合の劣化パターンによる第 2 評価関数を示す図である。図 7 中、数式により表される第 2 評価関数は、温度と電流との組み合わせの境界線 4 5 と、その境界線 4 5 上の点及び任意の点間の差分の時間積分値とを用いて判定するための一例である。演算部 3 8 は、低温時かつ大電流の組み合わせが継続する時間積分値によって、劣化の程度を定める。点 C は、温度、電流の組み合わせの境界線 4 5 の下側の領域に存在するため、これらの温度、電流の電池が観測された電池は劣化していないと演算部 3 8 は判定する。一方、点 D は、温度、電流の組み合わせの境界線 4 5 の上側の領域に存在するため、これらの温度、電流が観測された電池は劣化していると演算部 3 8 は判定する。つまり演算部 3 8 はセル温度値および電流値をそれぞれセル 2 4 の劣化の要素として定義した第 2 評価関数を用いている。

【 0 0 3 7 】

ある時間の状態 (T , I) における劣化の程度は、点 D と境界線 4 5 との距離が最も短い点 (T d , I d) に対する差分 (T - T d , I - I d) に一定の乗数 (c , d) を掛けたものである。よって、一定時間における劣化の程度は、図 7 中、 $(T - T d) c * (I - I d) d d t$ という数式で表現される。この式を第 2 評価関数として用いる。ここで c、d は予め決められる定数である。

【 0 0 3 8 】

二次電池装置 1 1 により、誤差の累積にかかわらず、電池モジュール 2 2 の電池容量を精度良く計測することができる。電池モジュール 2 2 の容量劣化の度合いを二次電池装置 1 1 は精度良く計測できる。

【 0 0 3 9 】

二次電池装置 1 1 の充電及び放電の各状態を監視制御するという元々持つ機能に加えて、電圧及び温度の同期計測によって使用量をリアルタイムに計測しながら、その計測データの統計的処理によって電池劣化モデルを同定し、予測することが可能になる。

【 0 0 4 0 】

電池の劣化モデルを同定し、及び予測する効果は以下のとおりである。

【 0 0 4 1 】

(1) 電池利用中のメンテナンスの効率化

従来技術では、二次電池装置の利用中、電池モジュールの実際の劣化状態を把握することができなかった。長期間の使用によって電池モジュールの充放電特性は製造初期時の特性から大きく変化する。この変化により、クーロンカウンタによる計測方法では、電池モジュールの残り容量を測定できなかった。このため、例えば電池を搭載した電気自動車において、ガソリン車のように残り何キロメートルの距離を走行できるかを利用者は知ることができない。したがって、電源ステーションに到達する前に残された電池の容量の不足

10

20

30

40

50

によって車両が走行できなくなるという課題があった。

【 0 0 4 2 】

本実施形態に係る二次電池装置によれば、使用中の電池モジュール 2 2 の劣化状態がより正確に把握できる。このため、利用者は予期せぬ残量不測に陥ることなく、適当なタイミングでステーションにおいて充電することが可能になる。更に、一定の劣化状態に至ったセル 2 4 を特定して、セル 2 4 をメンテナンス時に交換することも可能になる。従来、セル 2 4 の実際の劣化状態によらず一定期間の利用後に全ての電池モジュール 2 2 を交換していたため、まだ十分に利用可能なセル 2 4 まで廃棄することがあるなど、経済的ではなかった。二次電池装置 1 1 によれば、劣化したセル 2 4 だけを取り出して交換できる。

【 0 0 4 3 】

(2) 電池リユース時の残存価値の認定

複数の二次電池装置の間で、二次電池装置が同じ期間、使用された場合であっても、電池モジュールの利用パターンによって電池モジュールの劣化状態が大きく変わる。このため、従来技術では、電池モジュールの残存価値の認定は難しいことが課題だった。実施形態に係る二次電池装置によれば、長期間使用された後の電池モジュール 2 2 の劣化状態を把握することができるため、使用後の電池モジュール 2 2 をリユースする際の残存価値をより正確に認定できる。一定期間の間に使用された後の電池モジュール 2 2 の持つ残存価値に相当する分を、二次電池装置 1 1 の購入時に時間的に遡って、購入価格からクレジットとして差し引くことによって、電池購入時の経済的負担を軽減できる。これは、自動車など大容量で高価な電池モジュール 2 2 を利用するシステムにおいて、初期投資の課題を

【 0 0 4 4 】

一般に長期間の電池モジュールの利用に伴って電池が劣化し満充電容量が少なくなる。従来技術に係る二次電池装置では、B M U 回路は電池製造時の満充電容量の初期値を用いて容量を推定するため、計測された容量は正しくない。電池モジュールの劣化状態を高い精度で同定することができない。従来技術に係る二次電池装置では、V T M 回路が計測した電圧、温度及びその計測時間の情報が記録保存されない。更に V T M 回路により計測された電圧及び温度と、C C 回路により計測された積算電流量の計測データとは同期することがない。従来技術に係る二次電池装置は、電池モジュールと、セルのインピーダンスとを測定できず、電池の残された容量を正しく計測できない。

【 0 0 4 5 】

これに対して、二次電池装置 1 1 では、電池モジュール 2 2 の劣化によって実際の満充電容量に誤差が生じている場合でも、電池モジュール 2 2 の容量を精度良く計測することができる。電池モジュール 2 2 の寿命を予測できる。二次電池装置 1 1 によれば、各セル電圧を正しく計測できるため、セル電圧を正しく均等化することができる。車両 4 9 の運転は、高温において高い電圧でモータ 1 0 を回転させること、あるいは低温で大きな電流をモータ 1 0 に流すことが存在する。高温高電圧及び低温大電流は電池モジュール 2 2 に著しい劣化を引き起こす。本実施形態に係る二次電池装置及び電池容量推定システムによれば、電池モジュール 2 2 の状態が劣化状態に近づいていることをユーザへ警告することができる。電池モジュール 2 2 が劣化している領域で電池モジュール 2 2 が使用されないようにフェイルセーフの仕掛けを車両 4 9 に実装することができる。

【 0 0 4 6 】

(変形例)

図 2 において、B M U 回路 1 5 に蓄積される電圧及び温度のデータの量は膨大である。二次電池装置 1 1 は記憶部 3 7 に記憶された計測履歴情報を車両 4 9 の外部のネットワークに送信する送信部 5 4 を備えてもよい。送信部 5 4 は、それぞれタイムスタンプを有する電流値、セル電圧値およびセル温度値に例えばインターネットプロトコルアドレス（宛先アドレス）を付与して送信する。二次電池送信 1 1 は記憶部 3 7 に記憶の情報を圧縮する圧縮部 5 5 を備えてもよい。圧縮部 5 5 はそれぞれタイムスタンプを有する電流値、セル電圧値およびセル温度値を圧縮する。二次電池装置 1 1 は、記憶部 3 7 の計測履歴情報

10

20

30

40

50

あるいは圧縮部 5 5 により圧縮されて得た計測履歴情報を、外部記憶媒体に送るためのインターフェース部 5 6 を備えてもよい。外部記憶媒体とは例えばフラッシュメモリ、磁気ディスク、光ディスクを言う。

【0047】

上記実施形態では、タイムスタンプ付与部 3 6 は B M U 回路 1 5 に設けられていたが、V T M 回路 2 3 及び C C 回路 1 6 側にタイムスタンプ付与部 3 6 あるいはタイムスタンプを付与する回路機能は設けられてもよい。タイムスタンプ付与部 3 6 は B M U 回路 1 5 や V T M 回路 2 3 等と独立して設けられてもよい。

【0048】

上記実施形態では、演算部 3 8 は第 1 評価関数及び第 2 評価関数の双方を用いたが、演算部 3 8 は、第 1 評価関数だけを用いて判定してもよい。演算部 3 8 はセル電圧値およびセル温度値間の時間差分によりセル毎に劣化状態を推定演算してもよい。

10

【0049】

上記実施形態では、電池モジュール 2 2 毎に V T M 回路 2 3 が設けられ、C C 回路 1 6 及び B M U 回路 1 5 は二次電池装置 1 1 に対して 1 個設けられていたが、これらの構成は種々変更可能である。セル 2 4 を構成するセル単位は 2 つの代わりに、例えば 3 つ並列であってもよい。温度は摂氏又は華氏により表される。

【0050】

尚、上記の実施形態は実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。

20

【0051】

いくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【符号の説明】

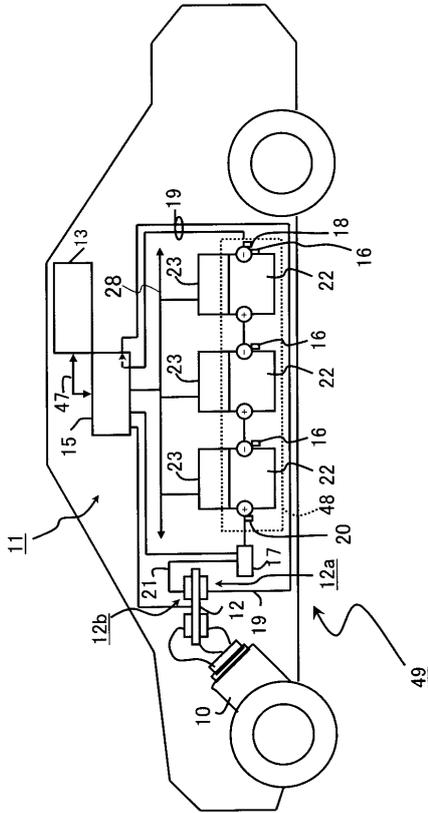
【0052】

1 0 ... モータ、1 1 ... 二次電池装置、1 2 ... インバータ、1 2 a ... 負極入力端子、1 2 b ... 正極入力端子、1 3 ... 電子制御部 (E C U 回路)、1 5 ... 電池管理部 (B M U 回路)、1 6 ... 電流測定回路 (C C 回路)、1 7 ... スイッチ部、1 8 ... 負極端子、1 9 , 2 1 ... 接続ライン、2 0 ... 正極端子、2 2 ... 電池モジュール、2 3 ... 電池監視回路 (V T M 回路)、2 4 ... セル、2 6 ... 電圧センサ、2 6 a ... マルチプレクサ、2 6 b ... シーケンサ、2 6 c ... アンプ、2 6 d ... A D 変換器、2 7 ... 温度センサ、2 8 , 4 6 ... 信号線、2 9 ... インターフェース部、3 0 ... 均等化回路、3 1 ... 抵抗、3 2 ... スイッチング素子、3 3 ... スイッチ制御部、3 4 ... シャント抵抗 (抵抗器)、3 5 ... 電流センサ、3 6 ... タイムスタンプ付与部 (時刻付与部)、3 7 ... 記憶部、3 8 ... 演算部、3 9 ... S O C 計算部、4 0 ... S O H 計算部、4 1 ... 電圧管理部、4 2 ... 電流管理部、4 3 ... セルバランス制御部、4 4 , 4 5 ... 境界線、4 7 ... バス、4 8 ... 電池パック、4 9 ... 車両、5 0 ... A D 変換器、5 1 ... フィルタ、5 2 ... アナログデジタル変換器 (A D コンバータ)、5 3 ... 積算カウンタ (電荷量カウンタ)、5 4 ... 送信部、5 5 ... 圧縮部、5 6 ... インターフェース部。

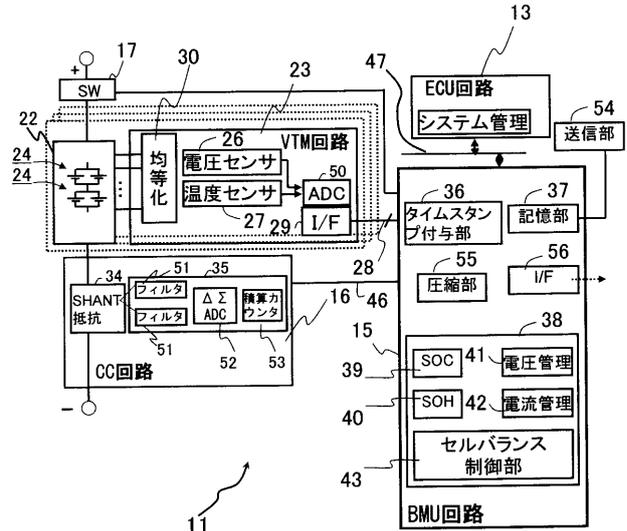
30

40

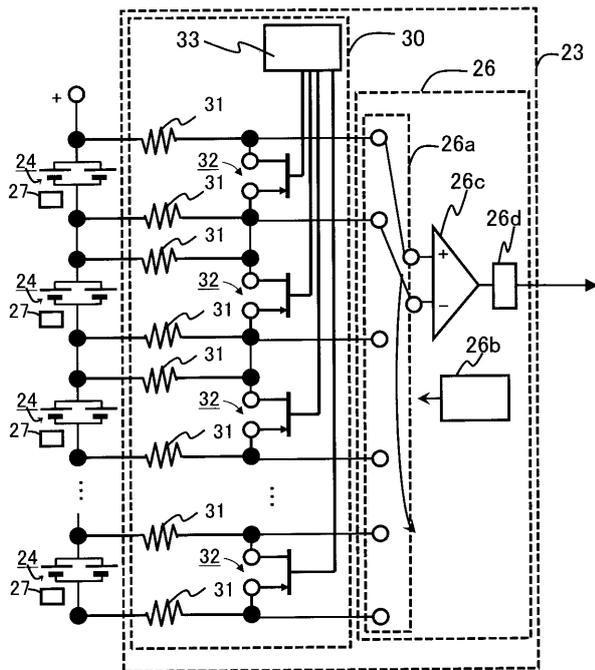
【 図 1 】



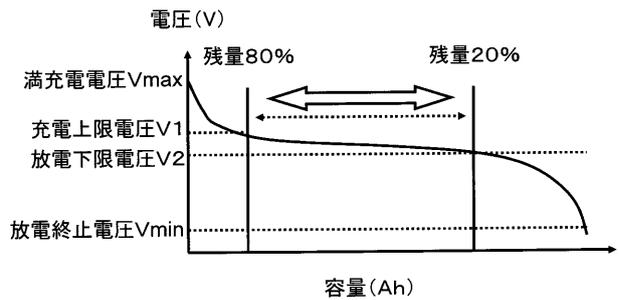
【 図 2 】



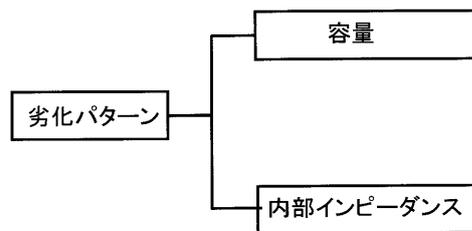
【 図 3 】



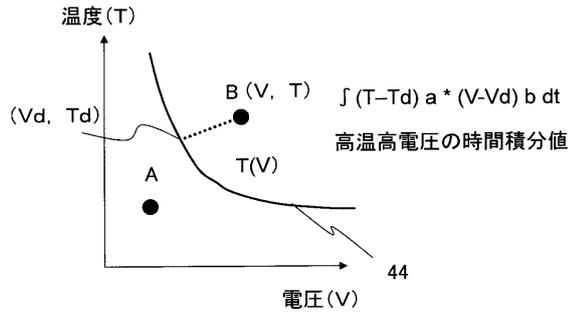
【 図 4 】



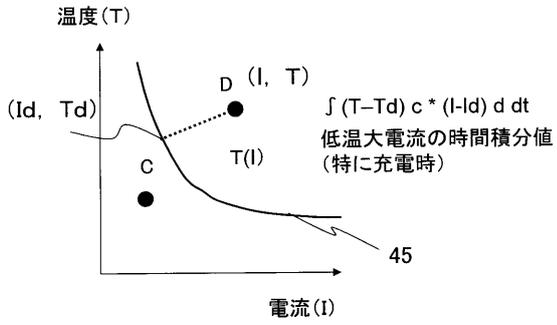
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H030 AS08 FF22 FF41 FF42 FF43 FF44 FF52
5H040 AS07 AY06 DD05