

(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2014-68468
(P2014-68468A)

(43) 公開日 平成26年4月17日(2014.4.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02J 7/02 (2006.01)	H02J 7/02 H	5G503
H01M 10/44 (2006.01)	H01M 10/44 Q	5H030

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2012-211932 (P2012-211932)
(22) 出願日 平成24年9月26日 (2012.9.26)

(71) 出願人 000001889
三洋電機株式会社
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(74) 代理人 100085501
弁理士 佐野 静夫
(74) 代理人 100124132
弁理士 渋谷 和俊
(74) 代理人 100128842
弁理士 井上 温
(74) 代理人 100129562
弁理士 山本 昌則
(72) 発明者 桐本 美香
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

最終頁に続く

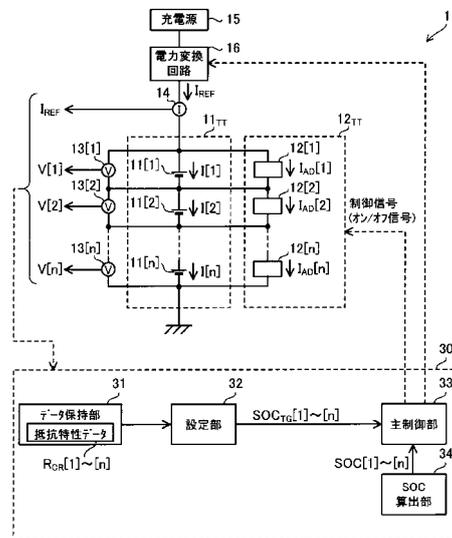
(54) 【発明の名称】 充電制御装置

(57) 【要約】

【課題】 充電必要時間の短縮と組電池の劣化抑制を両立させる。

【解決手段】 組電池(11_{TT})は複数のセル(11)の直列回路を有する。セルごとに、内部抵抗値とSOC(State Of Charge)の関係を測定しておき、内部抵抗値に極大値をとらせるSOCをピークSOCとして検出し、セルごとにピークSOCから所定値だけ低い目標SOC(SOC_{TG}[i])を設定する。充電開始後、第1電流レートで組電池を定電流充電しつつ、各セルに並列接続された調整回路(12[i])を必要時間分だけオンして各セルへの電流を必要量だけ調整回路にてバイパスすることで、共通のタイミングにおいて各セルのSOCを目標SOCに一致させる。その後、充電電流レートを第1電流レートから第2電流レートへ下げ、全セルのSOCがピークSOCを通過したら、充電電流レートを第2電流レートから第3電流レートへ上げる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

組電池を形成する直列接続された複数の蓄電池に対応する複数の調整回路を有し、前記蓄電池ごとに前記蓄電池に対して対応する調整回路を並列接続した調整回路部と、

各蓄電池の充電率を導出する充電率導出部と、

各蓄電池の内部抵抗値の充電率依存性に応じたデータに基づき、前記蓄電池ごとに充電率の増加に伴って前記内部抵抗値が増加から減少に転じるときの充電率をピーク充電率として検出し、前記蓄電池ごとに前記ピーク充電率に基づき目標充電率を設定する設定部と、

各調整回路のオン/オフを制御しつつ前記組電池の充電を制御する制御部と、を備え、各蓄電池において、対応する調整回路がオンであるときに、当該蓄電池と対応する調整回路とで放電ループが形成され、

前記制御部は、各調整回路を用いて各蓄電池の充電率を対応する目標充電率に調整した後、各調整回路をオフにして各蓄電池を共通の電流レートで充電する充電制御装置。

10

【請求項 2】

各蓄電池において、前記目標充電率は前記ピーク充電率よりも所定値だけ低く、

前記制御部は、前記組電池の充電開始後、共通のタイミングにおいて各蓄電池の充電率に対応する目標充電率と一致するように、前記組電池に充電電流を供給しつつ各調整回路をオン/オフ制御した後、前記組電池への充電電流レートを下げる

請求項 1 に記載の充電制御装置。

20

【請求項 3】

前記制御部は、前記組電池の充電期間の開始時点における各蓄電池の充電率及び前記蓄電池ごとに設定された前記目標充電率に基づき前記調整回路ごとにオン時間を設定し、前記組電池に第 1 電流レートの充電電流を供給しながら該供給の期間中に各調整回路を設定オン時間だけオンすることにより各蓄電池の充電率を対応する目標充電率にまで上昇させ、その後において各調整回路をオフにして前記充電電流レートを前記第 1 電流レートより低い第 2 電流レートに下げる

請求項 2 に記載の充電制御装置。

30

【請求項 4】

前記制御部は、前記充電電流レートを前記第 2 電流レートに下げた後、各蓄電池の充電率に対応する目標充電率よりも所定値以上大きくなったとき、又は、前記第 2 電流レートによる前記組電池への供給電流量が所定電流量に達したとき、又は、所定時間が経過したとき、前記充電電流レートを前記第 2 電流レートより高い第 3 電流レートに上げる

請求項 3 に記載の充電制御装置。

【請求項 5】

前記制御部は、各調整回路を用いて各蓄電池の充電率を対応する目標充電率に調整した後、各調整回路をオフにした状態で前記共通の電流レートで各蓄電池の定電流充電を行い、これによって何れかの蓄電池の充電率が所定の定電圧遷移充電率に達したとき又は何れかの蓄電池の開放電圧値が所定の定電圧遷移電圧値に達したとき、各蓄電池の充電を前記定電流充電から定電圧充電に切り替え、その後、前記定電圧充電において各蓄電池の充電率が所定の上限充電率に達するように各調整回路をオン/オフ制御する

請求項 1 ~ 請求項 4 の何れかに記載の充電制御装置。

40

【請求項 6】

前記制御部は、各調整回路を用いて各蓄電池の充電率を対応する目標充電率に調整した後、各調整回路をオフにした状態で前記共通の電流レートで各蓄電池の定電流充電を行い、これによって特定の蓄電池の充電率が所定の定電圧遷移充電率に達したとき又は前記特定の蓄電池の開放電圧値が所定の定電圧遷移電圧値に達したとき、前記特定の蓄電池に対応する調整回路をオンとしつつ前記組電池への定電流供給を維持することで前記特定の蓄電池以外の蓄電池の充電率又は開放電圧値を前記定電圧遷移充電率又は前記定電圧遷移電

50

圧値にまで上昇させ、その後、各調整回路をオフにして各蓄電池の充電を前記定電流充電から定電圧充電に切り替える

請求項 1 ~ 請求項 4 の何れかに記載の充電制御装置。

【請求項 7】

前記制御部を用いた前記組電池の充電に先立って、前記データを予め保持するデータ保持部を更に備え、

前記設定部は、前記データ保持部から前記データを取得する

請求項 1 ~ 請求項 6 の何れかに記載の充電制御装置。

【請求項 8】

前記組電池の充電期間と異なる測定用期間において、前記蓄電池ごとに前記蓄電池の内部抵抗値の充電率依存性を測定する動作を間欠的に繰り返し実行する抵抗特性測定部と、

前記抵抗特性測定部の測定結果を用いて前記データ保持部の保持データを更新するデータ更新部と、を更に備えた

請求項 7 に記載の充電制御装置。

10

【請求項 9】

前記設定部は、前記蓄電池ごとに、前記データに基づき所定値以上を有する充電率の範囲の中から前記ピーク充電率を検出する

請求項 1 ~ 請求項 8 の何れかに記載の充電制御装置。

【請求項 10】

前記組電池の充電期間中に、前記蓄電池ごとに前記蓄電池の内部抵抗値を測定して前記蓄電池ごとに前記蓄電池の内部抵抗値の充電率依存性を測定する抵抗特性測定部を更に備え、

前記設定部は、前記抵抗特性測定部の測定結果を前記データとして用いて、前記組電池の充電期間中に前記蓄電池ごとに測定内部抵抗値の変化から前記ピーク充電率を推定して前記目標充電率を設定する

請求項 1 又は請求項 2 に記載の充電制御装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、充電制御装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

図 15 に、リチウムイオン電池等の蓄電池の SOC (State Of Charge) 及び内部抵抗値間の関係例を示す。リチウムイオン電池等の蓄電池では、基本的に充電率である SOC が高くなるにつれて内部抵抗値が減少することが多いが、SOC が中程度の領域で蓄電池内の電流の伝達メカニズムが変化し、その変化の前後において蓄電池内のイオンが動きにくくなって内部抵抗値が局所的に大きくなることがある。この局所的な増大に対応する、蓄電池の内部抵抗値に極大値をとらせる SOC をピーク SOC (ピーク充電率) と呼ぶ。内部抵抗値が大きい状態で比較的大きな充電電流を流せば発熱等の影響により蓄電池の劣化が促進されるであろうとの考えの下、充電時において組電池の内部抵抗値を逐次測定し、内部抵抗値が高いときには充電電流を抑制する方法も提案されている (下記特許文献 1 参照)。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 9 - 8 4 2 7 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

組電池全体で見た内部抵抗値を基にして一律に充電電流を抑制する従来の方法では、個

50

々の蓄電池の個体差や劣化度によって特性にばらつきが生じている場合、時間的に効率的な充電が期待できない。すなわち、組電池全体の内部抵抗特性に応じて充電電流値を制御すると、ある蓄電池の内部抵抗値が充電電流を抑制する必要がない場合でも他の蓄電池の内部抵抗値の影響により抑制が必要と判断され、全体として充電電流を抑制する期間が増大し、結果として充電時間が増大してしまう恐れがあった。充電電流の過度の抑制は充電に必要な時間を増大させるため好ましくない。SOCとの関係を考慮し、真に必要なタイミング（例えば上記ピークSOCに対応するタイミング）において充電電流を抑制することが、効率的な充電と劣化抑制の両立には肝要と考えられる。加えて、必要なタイミングに充電電流を抑制して劣化の抑制を図る方法を、蓄電池の直列回路から成る組電池に対して適用する場合には、ピークSOCの蓄電池間ばらつきを考慮した工夫が必要である。

10

【0005】

そこで本発明は、複数の蓄電池から成る組電池の充電必要時間の適正化と充電に伴う劣化の抑制に寄与する充電制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

本発明に係る充電制御装置は、組電池を形成する直列接続された複数の蓄電池に対応する複数の調整回路を有し、前記蓄電池ごとに前記蓄電池に対して対応する調整回路を並列接続した調整回路部と、各蓄電池の充電率を導出する充電率導出部と、各蓄電池の内部抵抗値の充電率依存性に応じたデータに基づき、前記蓄電池ごとに充電率の増加に伴って前記内部抵抗値が増加から減少に転じるときの充電率をピーク充電率として検出し、前記蓄電池ごとに前記ピーク充電率に基づき目標充電率を設定する設定部と、各調整回路のオン/オフを制御しつつ前記組電池の充電を制御する制御部と、を備え、各蓄電池において、対応する調整回路がオンであるときに、当該蓄電池と対応する調整回路とで放電ループが形成され、前記制御部は、各調整回路を用いて各蓄電池の充電率を対応する目標充電率に調整した後、各調整回路をオフにして各蓄電池を共通の電流レートで充電する。

20

【発明の効果】**【0007】**

本発明によれば、複数の蓄電池から成る組電池の充電必要時間の適正化と充電に伴う劣化の抑制に寄与する充電制御装置を提供することが可能である。

【図面の簡単な説明】

30

【0008】

【図1】本発明の第1実施形態に係る組電池、調整回路部及び複数の電圧センサを示す図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係る蓄電システムの全体構成図である。

【図3】調整回路の内部の例を示す図である。

【図4】1つのセルに関する、内部抵抗値とSOCとの関係例を示す図である。

【図5】蓄電システムに關与する抵抗特性測定部を示す図である。

【図6】測定用期間と充電期間との時間的關係を示す図である。

【図7】2つのセルに関する、内部抵抗値とSOCとの關係例を示す図である。

【図8】充電期間が4つの期間に細分化される様子を示す図である。

40

【図9】或るセルの充電電流パターンの例を示す図である。

【図10】制御ユニットによる充電制御動作のフローチャートである。

【図11】充電期間における、2つのセルのSOCの変化の具体例を示す図である。

【図12】制御ユニットに設けられうる機能部を示す図である。

【図13】本発明の第2実施形態に係る制御ユニットの内部ブロック図である。

【図14】本発明の第2実施形態に係り、ピークSOCの推定方法を説明するための図である。

【図15】従来技術に係り、蓄電池のSOC及び内部抵抗値間の關係例を示す図である。

【発明を実施するための形態】**【0009】**

50

以下、本発明の実施形態の例を、図面を参照して具体的に説明する。参照される各図において、同一の部分には同一の符号を付し、同一の部分に関する重複する説明を原則として省略する。尚、本明細書では、記述の簡略化上、情報、信号、物理量、状態量又は部材等を参照する記号又は符号を記すことによって該記号又は符号に対応する情報、信号、物理量、状態量又は部材等の名称を省略又は略記することがある。

【0010】

<< 第1実施形態 >>

図1には、本発明の第1実施形態に係る組電池11_{TT}と、組電池11_{TT}に並列接続された調整回路部12_{TT}及び複数の電圧センサ13が示されている。組電池11_{TT}は、互いに直列接続されたn個の蓄電池11を有する。nは2以上の任意の整数である。組電池11_{TT}に、n個の蓄電池11の直列回路以外の蓄電池が更に含まれていても構わない。各蓄電池11は、任意の種類蓄電池(二次電池)であり、例えば、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池である。蓄電池の最小単位であるセルを複数個組み合わせる各蓄電池11を形成しても良いが、以下では、蓄電池11が1つのセルから成ると考えて、蓄電池11をセル11と呼ぶ。本明細書において、放電及び充電とは、特に記述無き限り、セル11又は組電池11_{TT}の放電及び充電を指す。調整回路部12_{TT}は、n個のセル11に対応する、互いに直列接続されたn個の調整回路12から成り、各調整回路12は対応するセル11に並列接続されている。複数の電圧センサ13は、各セル11の端子電圧を測定する。

10

【0011】

図2は、本発明の第1実施形態に係る蓄電システム1の全体構成図である。蓄電システム1は、図2に示される各部位を備えている。以下では、図2に示す如く、n個のセル11を互いに区別する必要がある場合、n個のセル11をセル11[1]~11[n]と呼び、n個の調整回路12を互いに区別する必要がある場合、n個の調整回路12を調整回路12[1]~12[n]と呼ぶ。調整回路12[i]はセル11[i]に並列接続されており、セル11及び調整回路12の並列回路がn個だけ直列接続されている。iは任意の整数である。セル11[1]~11[n]の夫々に対して電圧センサ13が接続されている。セル11[i]に接続された電圧センサ13である電圧センサ13[i]は、セル11[i]の端子電圧を測定し、測定電圧値を表す信号を出力する。セル11[i]の端子電圧及びその電圧値を記号V[i]にて表す。また、セル11[i]に流れる電流(以下、セル電流ともいう)及びその電流値を記号I[i]にて表す。更に、調整回路12[i]に流れる電流及びその電流値を記号I_{AD}[i]にて表す。

20

30

【0012】

組電池11_{TT}及び調整回路部12_{TT}の並列回路の全体に流れる電流(以下、基準電流ともいう)及びその電流値を記号I_{REF}にて表す。基準電流を測定する電流センサ14が組電池11_{TT}及び調整回路部12_{TT}に接続されており、電流センサ14は測定した基準電流値I_{REF}を表す信号を出力する。制御ユニット30は、電圧センサ13[1]~13[n]の出力信号及び電流センサ14の出力信号から、各セル11の端子電圧値(V[1]~V[n])及び基準電流値I_{REF}を認識する。但し、定電流充電時においては、制御ユニット30内の主制御部33が電力変換回路16を制御することによって基準電流値I_{REF}を指定することができるため、制御ユニット30は、電流センサ14の出力信号に頼ることなく基準電流値I_{REF}を認識できる。上述の接続関係から理解されるように、基準電流I_{REF}は、任意の整数iに関し、電流I[i]及びI_{AD}[i]の和である。尚、セル11[i]の正極から負極に向かって流れる方向の電流の極性が正であると考えられる。

40

【0013】

充電源15は、組電池11_{TT}に充電電力を供給可能な任意の電力源であり、例えば、自然エネルギー(太陽光、水力、風力、地熱等)に基づく発電を行って発電電力を出力する電力源、又は、商用交流電源(若しくは商用交流電源に接続された電力系統)である。電力変換回路16は、主制御部33の制御の下、充電源15から供給される充電用の電力に対し電力変換(直流/直流変換又は交流/直流変換)を行い、得られた直流電力を充電電力として組電池11_{TT}に供給する。組電池11_{TT}は、電力変換回路16を介して任意の負荷

50

(不図示)に対し放電電力を供給することもできるが、以下では、特に記述無き限り、組電池 1 1_{TT}の充電に関わる動作及び構成を説明する。

【0014】

図3の回路 1 2_Aは、1つの調整回路 1 2の例である。回路 1 2_Aは抵抗 R_{AD}とスイッチ SWとの直列回路である。スイッチ SWは、電界効果トランジスタ等の任意の半導体スイッチング素子にて形成される。但し、スイッチ SWは機械式スイッチ(リレー等)であっても良い。調整回路 1 2 [1] ~ 1 2 [n]に対し、図2の主制御部 3 3から個別に制御信号が供給され、調整回路 1 2 [1] ~ 1 2 [n]の夫々は個別に制御信号に従ってオン又はオフとされる。調整回路 1 2 [i]のオンとは、調整回路 1 2 [i]内のスイッチ SWがオン(導通状態)になることを意味し、調整回路 1 2 [i]のオフとは、調整回路 1 2 [i]内のスイッチ SWがオフ(非導通状態)になることを意味する。制御信号は、調整回路 1 2 [i]をオンさせるオン信号及び調整回路 1 2 [i]をオフさせるオフ信号の何れかである。主制御部 3 3は、任意のタイミングにおいて各調整回路 1 2に対し個別にオン信号又はオフ信号を供給することができる。

10

【0015】

オン信号が調整回路 1 2 [i]に供給されたとき、調整回路 1 2 [i]のスイッチ SWがオンとなってセル 1 1 [i]の両端子間(即ち正極及び負極間)が抵抗 R_{AD}を介して接続され、セル 1 1 [i]と放電回路 1 2 [i]とで放電ループが形成される。“ I_{REF} > 0 ”であるときにおいて、調整回路 1 2 [i]をオンとすれば、調整回路 1 2 [i]は当該電流 I_{REF}をバイパスするバイパス回路として機能し、“ I [i] = 0 ”且つ“ I_{AD} [i] = I_{REF} ”となる。但し、抵抗 R_{AD}の値などによっては、“ I [i] = 0 ”且つ“ I_{AD} [i] = I_{REF} ”となる(“ I [i] < 0 ”となることもある)。“ I_{REF} = 0 ”であるときにおいて、調整回路 1 2 [i]をオンとすれば、“ I [i] < 0 ”且つ“ I [i] = - I_{AD} [i] ”となる。調整回路 1 2 [i]がオンすることでセル電流値 I [i]が負になるとき、調整回路 1 2 [i]はセル 1 1 [i]を放電させる放電回路として機能する。オフ信号が調整回路 1 2 [i]に供給されたとき、調整回路 1 2 [i]のスイッチ SWがオフとなるため上記放電ループが形成されず、結果、“ I [i] = I_{REF} ”且つ“ I_{AD} [i] = 0 ”となる。

20

【0016】

“ I_{REF} > 0 ”である状態において、調整回路 1 2 [i]がオンであるとき、抵抗 R_{AD}の値によっては、或いは、調整回路 1 2 [i]の回路構成によっては、“ I [i] > 0 ”又は“ I [i] < 0 ”になることもあるが、以下では、説明の便宜上、特に記述無き限り、調整回路 1 2 [i]がオンであるときには、“ I [i] = 0 ”且つ“ I_{AD} [i] = I_{REF} ”が成立するものとする。即ち、組電池 1 1_{TT}に充電電流が供給されているときに調整回路 1 2 [i]をオンすれば、当該充電電流が調整回路 1 2 [i]にてバイパスされてセル 1 1 [i]に供給されなくなる。

30

【0017】

蓄電システム 1 に設けられた制御ユニット 3 0は、符号 3 1 ~ 3 4 によって参照される各部位を備える。データ保持部 3 1は、セル 1 1の内部抵抗値とセル 1 1の充電率との関係、即ち、セル 1 1の内部抵抗値の充電率依存性を示すデータ(以下、抵抗特性データともいう)をセル 1 1ごとに保持している。セル 1 1 [i]についての抵抗特性データを記号 R_{CR} [i]にて表す。セル 1 1の充電率は、セル 1 1のSOC(State Of Charge)として表現される。セル 1 1 [i]のSOCを記号 SOC [i]にて表す。周知の如く、SOC [i]は、セル 1 1 [i]の満充電容量に対するセル 1 1 [i]の残容量の比である。

40

【0018】

図4に、抵抗特性データ R_{CR} [i]の例を示す。抵抗特性データ R_{CR} [i]は、セル 1 1 [i]の内部抵抗値とSOC [i]との関係を示している。セル 1 1 [i]の内部抵抗値を記号 R [i]にて表す。蓄電システム 1 の内部又は外部に設けられた抵抗特性測定部 4 0(図5(a)参照)は、所定の測定用期間 3 1 0において、抵抗特性データ R_{CR} [i]

50

】を取得することができる。図 6 に示す如く、測定用期間 3 1 0 は後述の充電期間 3 2 0 の前にある。測定用期間 3 1 0 は、蓄電システム 1、制御ユニット 3 0、組電池 1 1_{TT}又はセル 1 1 の設計、製造又は出荷時に設けられる期間であっても良い。この場合、図 5 (b) に示す如く、抵抗特性測定部 4 0 は、蓄電システム 1 の外部に設けられた実験用装置であっても良い (但し、抵抗特性測定部 4 0 を蓄電システム 1 又は制御ユニット 3 0 に設けておくことも可能である)。測定用期間 3 1 0 は、蓄電システム 1、制御ユニット 3 0、組電池 1 1_{TT}又はセル 1 1 の製造及び出荷後に設けられる期間であっても良い。この場合、図 5 (c) に示す如く、抵抗特性測定部 4 0 は制御ユニット 3 0 内に設けられる。

【 0 0 1 9 】

測定用期間 3 1 0 において、抵抗特性測定部 4 0 は、セル 1 1 [i] の SOC [i] を所定の評価 SOC にした状態でセル電流値 I [i] を第 1 電流値 (例えばゼロ) から第 2 電流値へ変動させ、この変動前後におけるセル 1 1 [i] の端子電圧の変動量 V [i] を電圧センサ 1 3 [i] の出力信号から取得する第 1 工程と、端子電圧の変動量 V [i] をセル電流値 I [i] の変動量 I [i] (即ち、第 1 及び第 2 電流値間の差) にて除することで、当該評価 SOC に対応する内部抵抗値 R [i] を算出する第 2 工程と、を実行する (即ち、 $R [i] = V [i] / I [i]$)。第 1 及び第 2 工程の組を 1 回分実行することで、1 つの評価 SOC に対応する内部抵抗値 R [i] が求まる。測定用期間 3 1 0 において、抵抗特性測定部 4 0 は、評価 SOC を順次変更しながら (例えば、SOC の 1 % 刻みで変化させながら) 第 1 及び第 2 工程を繰り返し実行することで、抵抗特性データ $R_{CR} [i]$ を得ることができる。抵抗特性測定部 4 0 は、セル 1 1 [1] ~ 1 1 [n] の夫々に対して上述の処理を行うことで、抵抗特性データ $R_{CR} [1] \sim R_{CR} [n]$ を求める。データ保持部 3 1 は、求められた抵抗特性データ $R_{CR} [1] \sim R_{CR} [n]$ を保持する。

【 0 0 2 0 】

リチウムイオン電池等の蓄電池では、基本的に SOC が高くなるにつれて内部抵抗値が減少することが多いが、SOC が中程度の領域で蓄電池内の電流の伝達メカニズムが変化し、その変化の前後において蓄電池内のイオンが動きにくくなって内部抵抗値が局所的に大きくなることがある。そのような特性を持った蓄電池がセル 1 1 [i] として想定されており、実際、セル 1 1 [i] の内部抵抗値は SOC が中程度の領域で極大値をとる。セル 1 1 の内部抵抗値に極大値をとらせる SOC をピーク SOC (ピーク充電率) という (図 4 参照)。“極大値”という用語の意義から明らかであるが、或るセル 1 1 [i] に関し、SOC [i] の増加に伴って内部抵抗値 R [i] が増加から減少に転じるときの内部抵抗値 R [i] は極大値である。

【 0 0 2 1 】

内部抵抗値が大きい状態で比較的大きな充電電流を流せば発熱等の影響によりセル 1 1 の劣化が促進する。故に、内部抵抗値が大きいときには充電電流を抑制した方が好ましいが、充電電流の過度の抑制は充電に必要な時間を増大させる。このため、上記極大値が現れるときにおいて充電電流を抑制する方法が検討される。しかしながら、上記極大値が現れる SOC がセル 1 1 ごとに相違することも十分にあるため、或るセル 1 1 だけに注目して組電池 1 1_{TT}全体に対する充電電流を抑制することは好ましくない。これを考慮し、制御ユニット 3 0 は、セル間でピーク SOC の値が相違していても、各セル 1 1 の SOC が概ね同時にピーク SOC に達するように調整回路 1 2 を用いて各セル 1 1 の SOC を調整する。

【 0 0 2 2 】

これを実現すべく、図 2 の設定部 3 2 は、データ保持部 3 1 から取得した抵抗特性データ $R_{CR} [1] \sim R_{CR} [n]$ に基づき、セル 1 1 ごとにピーク SOC (即ち、セル 1 1 の SOC の増加に伴ってセル 1 1 の内部抵抗値が増加から減少に転じるときのセル 1 1 の SOC) を検出し、検出したピーク SOC に基づきセル 1 1 ごとに調整目標値である目標 SOC (目標充電率) を設定する。この際、好ましくは、設定部 3 2 は、抵抗特性データ $R_{CR} [1] \sim R_{CR} [n]$ に基づき、セル 1 1 ごとに正の所定値 (例えば 3 0 %) 以上を有する

SOCの範囲の中からセル11のピークSOCを検出及び抽出すると良い。セル11[1]についてのピークSOC及び目標SOCを、夫々、記号 $SOC_{PK}[i]$ 及び $SOC_{TG}[i]$ にて表す。設定部32は、セル11ごとに下記式(1)に従って $SOC_{TG}[i]$ を設定する。 SOC_A は正の所定値(例えば10%)を持つ。設定された各目標SOC(即ち $SOC_{TG}[1] \sim SOC_{TG}[n]$)は主制御部33に送られる。

$$SOC_{TG}[i] = SOC_{PK}[i] - SOC_A \quad \dots (1)$$

【0023】

図7に、セル11[1]及び11[2]についての、抵抗特性データ($R_{CR}[1]$ 及び $R_{CR}[2]$)、ピークSOC($SOC_{PK}[1]$ 及び $SOC_{PK}[2]$)及び目標SOC($SOC_{TG}[1]$ 及び $SOC_{TG}[2]$)の例を示す。

10

【0024】

図2のSOC算出部(充電率導出部)34は、セル11[1]~11[n]のSOC、即ち、 $SOC[1] \sim SOC[n]$ を求める。SOC算出部34は、セル11[1]~11[n]の夫々について、電圧センサ13[i]にて測定された電圧値 $V[i]$ に基づき、又は、電圧センサ13[i]にて測定された電圧値 $V[i]$ 及び電流センサ14[i]にて測定された電流値 I_{REF} に基づき、公知の任意のSOC算出方法に従って各時刻の $SOC[i]$ を算出することができる。主制御部33は、SOC算出部34にて算出された $SOC[i]$ を各時刻における $SOC[i]$ として認識する。

【0025】

例えば、充電期間320の開始前において、SOC算出部34は、セル11[i]に電流を流していない状態での電圧値 $V[i]$ を、セル11[i]の開放電圧値として電圧センサ13[i]から取得し、所定のテーブルデータ(セル11の開放電圧値とセル11のSOCとの関係を示す既知データ)を用いて、開放電圧値として取得した電圧値 $V[i]$ を $SOC[i]$ に変換し、この変換によって得られた $SOC[i]$ を、充電期間320の開始時点のセル11[i]のSOCとして取り扱う。

20

【0026】

その後、充電期間320において、SOC算出部34は、電流センサ14[i]にて測定された電流値 I_{REF} を順次取得して、任意の積算対象期間中の電流値 I_{REF} を積算することにより当該積算対象期間中におけるセル11[i]の充電電流の総量 I を求め、その総量 I と、当該積算対象期間の開始時点におけるセル11[i]のSOCと、セル11[i]の満充電容量とから、当該積算対象期間の終了時点におけるセル11[i]のSOCを求めることができる。これにより、任意の時刻のセル11[i]のSOCを導出可能である。尚、当該積算対象期間中、調整回路12[i]がオンになっている期間には、セル11[i]の充電電流がゼロであるとみなして、総量 I を求めればよい。即ち、積算対象期間中であって且つ調整回路12[i]がオフになっている期間中の電流値 I_{REF} を積算することで上記総量 I を求めれば良い。セル電流11[1]~11[n]を個別に測定するn個の電流センサ(不図示)を組電池11_{TT}に設けておくことも可能であり、この場合は、当該n個の電流センサの測定結果を用いて各セル11についての総量 I の算出及びSOCの算出を行うことも可能である。

30

【0027】

主制御部33は、設定部32にて設定された各セル11の目標SOC(即ち $SOC_{TG}[1] \sim SOC_{TG}[n]$)、及び、算出部34にて算出された各セル11のSOC(即ち $SOC[1] \sim SOC[n]$)に基づき、各調整回路12のオン/オフを制御しつつ電力変換回路16を制御することで、組電池11_{TT}の充電を制御する。

40

【0028】

図8~図10等を参照して、充電に関わる動作の流れを説明する。図8に示す如く、組電池11_{TT}の充電が行われる期間である充電期間320を、期間321~324に細分化して考えることができる。期間321、322、323、324は、夫々、時刻 t_1 及び t_2 間の期間、時刻 t_2 及び t_3 間の期間、時刻 t_3 及び t_4 間の期間、時刻 t_4 及び t_5 間の期間である。任意の整数iに関して、時刻 t_{i+1} は時刻 t_i よりも遅い。期間321を特に

50

調整用期間とも呼ぶ。時刻 t_1 は、充電期間 3 2 0 及び調整用期間 3 2 1 の開始時刻に相当する。

【0029】

期間 3 2 1、3 2 2 及び 3 2 3 において、主制御部 3 3 は、組電池 1 1_{TT} に対し所望の一定電流が供給されるように、即ち組電池 1 1_{TT} が所望電流レートで定電流充電されるように電力変換回路 1 6 を制御する。この際、主制御部 3 3 は、充電電流レートが、期間 3 2 1、3 2 2 及び 3 2 3 において、夫々、第 1、第 2、第 3 電流レートとなるように電力変換回路 1 6 を制御する。充電電流レートは、組電池 1 1_{TT} を定電流充電する際の基準電流値 I_{REF} に等しい。第 1、第 2、第 3 電流レートでの定電流充電は、夫々、“ $I_{REF} = I_{CC1}$ ”、“ $I_{REF} = I_{CC2}$ ”、“ $I_{REF} = I_{CC3}$ ” が成立する状態での定電流充電を指す。ここで、図 9 に示す如く、“ $I_{CC1} > I_{CC2} > 0$ ” 且つ “ $I_{CC3} > I_{CC2} > 0$ ” が成立する。即ち、第 2 電流レートは第 1 及び第 3 電流レートよりも低い。尚、図 9 では、“ $I_{CC1} > I_{CC3}$ ” となっているが、“ $I_{CC1} = I_{CC3}$ ” 又は “ $I_{CC1} < I_{CC3}$ ” が成立していても良い。図 9 が意味するものの全容については、後述の説明から明らかとなる。

10

【0030】

図 10 は、制御ユニット 3 0 による充電制御動作のフローチャートである。充電期間 3 2 0 中の各時刻を含む任意の時刻において、SOC 算出部 3 4 は最新の $SOC[1] \sim SOC[n]$ を逐次算出し、主制御部 3 3 は、最新の $SOC[1] \sim SOC[n]$ を用いて各処理を行う。まず、ステップ S 1 1 において、上述の如く、設定部 3 2 は、抵抗特性データ $R_{CR}[1] \sim R_{CR}[n]$ に基づき各セル 1 1 の目標 SOC ($SOC_{TG}[1] \sim SOC_{TG}[n]$) を設定する。続くステップ S 1 2 において、主制御部 3 3 は、時刻 t_1 の $SOC[1] \sim SOC[n]$ 、及び、ステップ S 1 1 にて設定された $SOC_{TG}[1] \sim SOC_{TG}[n]$ に基づき、各調整回路 1 2 のオン時間を設定する。調整回路 1 2 [i] に対して設定されるオン時間を記号 $T_{ON}[i]$ にて表す。

20

【0031】

オン時間 $T_{ON}[i]$ は、調整用期間 3 2 1 において調整回路 1 2 [i] をオンにする時間の長さを表している。何れか 1 以上の調整回路 1 2 のオン時間はゼロにされうる。主制御部 3 3 は、調整用期間 3 2 1 の終了時点（即ち時刻 t_2 ）において、各セル 1 1 の SOC が対応する目標 SOC と一致するように（即ち $SOC[1] \sim SOC[n]$ が夫々 $SOC_{TG}[1] \sim SOC_{TG}[n]$ と一致するように）、オン時間 $T_{ON}[1] \sim T_{ON}[n]$ を設定する。 $SOC_{TG}[1] \sim SOC_{TG}[n]$ 及び時刻 t_1 の $SOC[1] \sim SOC[n]$ に加えて、 I_{CC1} の値及び各セル 1 1 の満充電容量を参照すれば、上述のオン時間 $T_{ON}[1] \sim T_{ON}[n]$ を決定可能であると共に調整用期間 3 2 1 の時間長さも決定可能である。例えば、時刻 t_1 において ($SOC[1], SOC[2]$) = (10%, 10%) であって且つ ($SOC_{TG}[1], SOC_{TG}[2]$) = (30%, 50%) であるならば、調整用期間 3 2 1 の半分をオン時間 $T_{ON}[1]$ に設定する一方でオン時間 $T_{ON}[2]$ をゼロにすればよい。

30

【0032】

ステップ S 1 2 に続くステップ S 1 3 において、調整用期間 3 2 1 が開始され、調整回路 1 2 のオン/オフ制御を伴う充電制御が行われる。即ちステップ S 1 3 において、主制御部 3 3 は、第 1 電流レート (I_{CC1}) にて組電池 1 1_{TT} の充電を開始し、組電池 1 1_{TT} に第 1 電流レートの充電電流を供給しながら該供給の期間（即ち調整用期間 3 2 1）中に各調整回路 1 1 を上記の如く設定したオン時間だけオンさせる（逆に考えれば、調整用期間 3 2 1 において、調整用期間 3 2 1 の長さからオン時間 $T_{ON}[i]$ を差し引いた時間だけ、調整回路 1 2 [i] はオフとされる）。これにより、調整用期間 3 2 1 の終了時点（即ち時刻 t_2 ）において各セル 1 1 の SOC が対応する目標 SOC にまで上昇する。

40

【0033】

ステップ S 1 3 に続くステップ S 1 4 において、主制御部 3 3 は、所定の第 1 遷移条件が充足しているか否かを判定し、第 1 遷移条件が充足している場合にのみステップ S 1 5 への遷移を発生させる。第 1 遷移条件は、 $SOC[1] \sim SOC[n]$ が夫々 $SOC_{TG}[$

50

1] ~ SOC_{TG}[n]と一致しているという条件である。調整用期間321において各調整回路12を設定したオン時間だけオンすることにより、理想的には各セル11のSOCが同時に目標SOCに達するが、誤差等の影響により、SOC[i]がSOC_{TG}[i]に達した時点においてSOC[j]がSOC_{TG}[j]よりも低い場合もある(ここでi < j)。この場合は、調整回路12[i]をオン且つ調整回路12[j]をオフにして組電池11_{TT}への電流供給を維持することにより、全てのセル11のSOCが対応する目標SOCに達するまで待機すると良い。

【0034】

第1遷移条件の充足時点が時刻 t_2 に相当する(図8参照)。時刻 t_2 では、各セル11のSOCが各々のピークSOCよりもSOC_Aだけ低い状態になっている(図7及び図9参照)。換言すれば、各々のセル11においてあとSOC_Aだけ充電を行えば、全セル11のSOCが同時にピークSOCに達するような状態に調整されている。ステップS14からステップS15に遷移した後、後述のステップS19に至るまでの期間は、図8の期間322及び323に相当する。期間322及び323では、調整回路12[1]~12[n]がオフに維持される。具体的にはステップS15において、主制御部33は、各調整回路11をオフにすると共に充電電流レートを第1電流レート(I_{CC1})から第2電流レート(I_{CC2})に下げ、後述のステップS17に至るまで充電電流レートを第2電流レートに維持する。

10

【0035】

充電電流レートを第2電流レートにした状態での定電流充電を行いながら、主制御部33は、ステップS16において、所定の第2遷移条件が充足しているか否かを判定し、第2遷移条件が充足している場合にのみステップS17への遷移を発生させる。第2遷移条件は、“各セル11のSOCが対応する目標SOCよりも所定値SOC_Bだけ大きな充電率に達する”という条件COND_{2A}であって良い。全セル11について下記式(2A)が成立する場合に条件COND_{2A}が充足する。SOC_Bは正の所定値(例えば10%)である。

20

$$SOC[i] = SOC_{PK}[i] + SOC_B \quad \dots (2A)$$

【0036】

充電電流レートを第1電流レートから第2電流レートを下げた時点において各セル11について“SOC[i] = SOC_{TG}[i] = SOC_{PK}[i] - SOC_A”が成立しており、且つ、充電電流レートを第2電流レートに設定した期間322においては全調整回路12がオフとされているため、理想的には全セル11について同時に式(2A)が成立するが、誤差等の影響もあるため、実際には、“各セル11のSOCが対応する目標SOCよりも所定値SOC_B以上大きい”という条件COND_{2B}を第2遷移条件として用いると良い。全セル11について下記式(2B)が成立する場合に条件COND_{2B}が充足する。条件COND_{2A}は条件COND_{2B}に内包されている。

30

$$SOC[i] \geq SOC_{PK}[i] + SOC_B \quad \dots (2B)$$

【0037】

或いは、主制御部33は、“第2電流レートによる組電池11_{TT}への供給電流量が所定電流量I_{AB}に達する”という条件COND_{2C}を第2遷移条件として用いても良い。第2電流レートによる組電池11_{TT}への供給電流量が所定電流量I_{AB}に達した時点で、各セル11に対して式(2A)が成立するように、主制御部33は、所定値SOC_A及びSOC_B並びに各セル11の満充電容量から、所定電流量I_{AB}を決定すれば良い。更に或いは、主制御部33は、“充電電流レートを第1電流レートより第2電流レートに下げた後から所定時間T_{AB}が経過した”という条件COND_{2D}を第2遷移条件として用いても良い。充電電流レートを第1電流レートより第2電流レートに下げた後から所定時間T_{AB}が経過した時点で、各セル11に対して式(2A)が成立するように、主制御部33は、所定値SOC_A及びSOC_B、電流値I_{CC2}並びに各セル11の満充電容量から、所定時間T_{AB}を決定すれば良い。

40

【0038】

50

第2遷移条件の充足時点が時刻 t_3 に相当する(図8参照)。時刻 t_3 では、各セル11のSOCが各々のピークSOCよりも SOC_B だけ(又は SOC_B 以上)高い状態になっている(図9参照)。ステップS17において、主制御部33は、各調整回路11をオフに維持したまま充電電流レートを第2電流レート(I_{CC2})から第3電流レート(I_{CC3})に上げ、後述のステップS19に至るまで充電電流レートを第3電流レートに維持する。

【0039】

充電電流レートを第3電流レートにした状態での定電流充電を行いながら、主制御部33は、ステップS18において、所定の第3遷移条件が充足しているか否かを判定し、第3遷移条件が充足している場合にのみステップS19への遷移を発生させる。ステップS19において、主制御部33は組電池11_{TT}の定電圧充電を行う。定電圧充電において、主制御部33は所望の一定電圧が組電池11_{TT}に加わるように電力変換回路16を制御する。第3遷移条件の充足時点が時刻 t_4 に相当する(図8参照)。第3遷移条件は、“任意の1以上のセル11のSOCが SOC_{CV} に達する”という条件COND_{3A}である。 SOC_{CV} は、定電流充電と定電圧充電の境界を定める所定充電率(定電圧遷移充電率)であり、例えば80%である。或いは、充電期間320中にセル11[i]の電流値 $I[i]$ 及び端子電圧値 $V[i]$ に基づきセル11[i]の開放電圧値を推定する機能を主制御部33に設けておいても良く、この場合、第3遷移条件は、“任意の1以上のセル11の開放電圧値(推定開放電圧値)が SOC_{CV} に対応する所定電圧値(定電圧遷移電圧値) V_{CV} に達する”という条件COND_{3B}であっても良い。

10

20

【0040】

主制御部33は、 $SOC[1] \sim SOC[n]$ の最大値が SOC_{CV} に達した時点、又は、セル11[1]~11[n]の推定開放電圧値の最大値が V_{CV} に達した時点で、第3遷移条件が充足したと判断して、組電池11_{TT}の充電を定電流充電から定電圧充電に切り替える(即ちステップS19への遷移を発生させる)。

【0041】

ステップS19の定電圧充電において、主制御部33は、各セル11のSOCが所定の上限SOC(上限充電率)である SOC_{UL} に達するように、各調整回路12をオン/オフ制御すると良い。 SOC_{UL} は、100%であっても良いし、100%未満の所定値であっても良い。

30

【0042】

図11を参照し、充電期間320中の各セル11のSOCの変化の具体例を示す。図11の例では、セル11[1]及び11[2]だけに注目する。実線波形350[1]及び破線波形350[2]は、夫々、図11の例における充電期間320中のSOC[1]及びSOC[2]の変化の様子を示している。図11の例では、時刻 t_1 においてSOC[1]及びSOC[2]が10%であり、且つ、 $SOC_{PK}[1]$ 、 $SOC_{PK}[2]$ 、 SOC_A 、 SOC_B 及び SOC_{UL} が夫々50%、60%、10%、10%及び100%である。そうすると、上記式(1)より、 $SOC_{TG}[1]$ 及び $SOC_{TG}[2]$ は夫々40%及び50%となり、調整用期間321において(即ち時刻 t_1 及び t_2 間において)少なくとも調整回路12[1]が一時的にオンとされることにより、時刻 t_2 において、“(SOC[1], SOC[2]) = (SOC_{TG}[1], SOC_{TG}[2]) = (40%, 50%)”となる。その後、第2電流レートでの定電流充電を経て時刻 t_3 で“(SOC[1], SOC[2]) = (60%, 70%)”となり、更にその後、第3電流レートでの定電流充電を経て時刻 t_4 で“(SOC[1], SOC[2]) = (70%, 80%)”となる。時刻 t_2 及び t_3 の中間付近において、セル11[1]及び11[2]のSOCが同時に(は略同時に)夫々のピークSOCを通過し、この際、充電電流レートは低く設定されているため、各セル11の劣化が抑制される。

40

【0043】

時刻 t_4 で定電圧充電が開始されると、主制御部33は、何れかのセル11のSOCが上記上限SOC(即ち SOC_{UL})に達するまで全調整回路12をオフに維持し、何れかの

50

セル 1 1 の SOC が上限 SOC に達したら、上限 SOC に達したセル 1 1 に対応する調整回路 1 2 のみをオンにして定電圧充電を継続し、その後、全てのセル 1 1 の SOC が上限 SOC に達した時点で組電池 1 1_{TT} の充電を終了する。図 1 1 の例では、定電圧充電の開始後の時刻 t_{4A} において、SOC [2] が上限 SOC (SOC_{UL}) に達する一方で SOC [1] が上限 SOC 未満になっている。このため、時刻 t_{4A} 以後、主制御部 3 3 は、調整回路 1 2 [2] をオン且つ調整回路 1 2 [1] をオフとすることで、セル 1 1 [1] 及び 1 1 [2] の内、セル 1 1 [1] にだけ定電圧充電を実行し、SOC [1] が上限 SOC に達した時点で組電池 1 1_{TT} の充電を終了する。尚、時刻 t_{4A} において (即ち、何れか 1 つのセル 1 1 の SOC が上限 SOC に達した時点において)、組電池 1 1_{TT} の充電を終了するようにしても良い。

10

【 0 0 4 4 】

本実施形態では、上述の如く、各調整回路 1 2 を用いて各セル 1 1 の SOC を対応する目標 SOC に調整した後、各調整回路 1 2 をオフにして各セル 1 1 を共通の電流レートで充電する。複数のセル 1 1 間においてピーク SOC が異なることも多いが、各セル 1 1 の目標 SOC を各セル 1 1 のピーク SOC に基づいて (具体的には上記式 (1) に従って) 設定しておくことにより、その調整を介し、SOC がピーク SOC と一致するタイミングを複数のセル 1 1 間で揃えることができる (図 1 1 の例では、時刻 t_2 及び t_3 間の中間タイミングにおいて、SOC [1] 及び SOC [2] が夫々 SOC_{PK} [1] 及び SOC_{PK} [2] と一致している)。結果、上記調整後は、複数のセル 1 1 間においてピーク SOC が揃っているかのように取り扱うことが可能となる。即ち、複数のセル 1 1 間においてピーク SOC が相違していたとしても、或るセルにとって充電電流を抑制すべきタイミングに充電電流 (I_{REF}) を抑制すれば、他のセルにとっても最適なタイミングで充電電流が抑制される。このように、本実施形態の方法によれば、充電電流の抑制を各セルにとって最適なタイミングに限定することができるため、組電池全体で見た内部抵抗値を基にしてすべてのセルの充電電流を一律に制御する従来の方式のように過度に充電電流を抑制することがなく (従って充電必要時間が必要以上に増大することなく)、組電池全体の劣化の進行を効率的に抑制することが可能となる。尚、SOC の比較的低い範囲では、セル 1 1 の特性 (例えば、低 SOC 範囲ではセル 1 1 内のリチウムイオンが固体として析出しにくいという特性) 上、セル 1 1 の内部抵抗値が高くとも劣化が進みにくいと考えられるため、ピーク SOC の存在する中 SOC 範囲で充電電流抑制を行うことが効果的である。

20

30

【 0 0 4 5 】

また、上述したような “ 調整 ” を行うことなく、不等式 “ SOC_{PK} [1] - SOC_A SOC [1] SOC_{PK} [1] + SOC_B ”、 “ SOC_{PK} [2] - SOC_A SOC [2] SOC_{PK} [2] + SOC_B ”、・・・、 “ SOC_{PK} [n] - SOC_A SOC [n] SOC_{PK} [n] + SOC_B ” の内、1 以上の不等式が成立する場合に、それら全ての不等式が不成立の場合と比べて、充電電流レートを低く設定するという方式も検討され、その方式によっても、各セル 1 1 の劣化抑制が見込める。しかしながら、例えば、この方式を図 1 1 の例に適用した場合、第 1 電流レートでの充電にて “ (SOC [1] , SOC [2]) = (40% , 40%) ” になった後、 “ (SOC [1] , SOC [2]) = (70% , 70%) ” になるまで充電電流レートを第 2 電流レートに下げしておく必要がある。つまり、各セル 1 1 が SOC の 30% 分充電される期間において、充電電流レートを下げしておく必要がある。これに対し、本実施形態では、図 1 1 の例において、各セル 1 1 が SOC の 20% 分充電される期間だけ充電電流レートを下げれば足る。このため、“ 調整 ” を行わない方式よりも充電必要時間を短縮することができる。

40

【 0 0 4 6 】

また、定電圧充電への移行後においても、上述の如く調整回路 1 2 を利用すれば、全セル 1 1 を上限 SOC にまで充電させることが可能となる。

【 0 0 4 7 】

但し、上述の説明では、第 3 遷移条件の成立後、直ちに、組電池 1 1_{TT} の充電が定電流充電から定電圧充電に切り替えられているが、条件 COND_{3A} 又は COND_{3B} としての第

50

3 遷移条件の成立後、以下の変形方法を用いて充電を行っても良い。

第1セルのSOCがSOC_{CV}に達した時点又は第1セルの開放電圧値が所定電圧値V_{CV}に達した時点において、第2セルのSOCがSOC_{CV}未満であるとき又は第2セルの開放電圧値が電圧値V_{CV}未満であるとき、当該変形方法を採用する主制御部33は、第1セルに対応する調整回路12をオン且つ第2セルに対応する調整回路12をオフにして第3電流レートによる定電流充電を継続することで、第2セルのSOC又は開放電圧値をSOC_{CV}又は電圧値V_{CV}にまで上昇させ、第1及び第2セルを含む全セル11のSOCがSOC_{CV}に達した時点又は第1及び第2セルを含む全セル11の開放電圧値が電圧値V_{CV}に達した時点において、全調整回路12をオフにして組電池11_{TT}の充電を定電流充電から定電圧充電に切り替える。第1セル及び第2セルは、セル11[1]~11[n]の内の互いに異なるセル11を指す。複数のセル11が第1セルであっても良いし、他の複数のセル11が第2セルであっても良い。当該変形方法によっても、全セル11を上限SOCにまで充電させることが可能である。

10

【0048】

また、抵抗特性データR_{CR}[1]~R_{CR}[n]は、主制御部33を用いた組電池11_{TT}の充電を行う前に、予めデータ保持部31に保持されていると良い。

【0049】

制御ユニット30は、時系列上において、測定用期間310(図6参照)を、複数個、間欠的に(例えば周期的に)設けるようにしても良い。即ち、抵抗特性測定部40は、抵抗特性データR_{CR}[1]~R_{CR}[n]を得るための上述の動作(セル11ごとにセル11の内部抵抗値のSOC依存性を測定する動作)を、間欠的に(例えば周期的に)繰り返し行うようにしても良い。この場合、図12に示す如く、制御ユニット30内に、データ保持部31に加えて、抵抗特性測定部40とデータ更新部41を設けておくが良い。データ更新部41は、抵抗特性測定部40の測定によって得られた最新の抵抗特性データR_{CR}[1]~R_{CR}[n]にて、データ保持部31の保持データを更新する(即ち、データ保持部31に保持されるデータR_{CR}[1]~R_{CR}[n]は、最新のデータR_{CR}[1]~R_{CR}[n]にて更新される)。設定部32は、この更新を介した最新の保持データR_{CR}[1]~R_{CR}[n]を用いて各セル11のピークSOCの検出及び目標SOCの設定を行うことができる。組電池11_{TT}の充放電の繰り返しの中で、時系列上に充電期間320が繰り返し設けられることになるが、例えば、時系列上において、第1回目の充電期間320の前に第1回目の測定用期間310を設け、その後、第j回目の充電期間320と第(j+1)回目の充電期間320との間に第2回目の測定用期間310を設けることができる(jは自然数)。セル11の内部抵抗値のSOC依存性は、セル11の劣化状態や組電池11_{TT}の使用環境に依存して変化する。上述の如く、抵抗特性データを更新すれば、セル11の劣化等に伴うピークSOCの変化にも適応した充電制御が可能となる。

20

30

【0050】

<<第2実施形態>>

本発明の第2実施形態を説明する。第2実施形態は第1実施形態を基礎とする実施形態であり、第2実施形態において特に述べない事項に関しては、特に記述無き限り且つ矛盾の無い限り、第1実施形態の記載が第2実施形態にも適用される。

40

【0051】

図13に示す如く、第2実施形態に係る制御ユニット30には、設定部32、主制御部33及びSOC算出部34に加えて、抵抗特性測定部50が設けられている。抵抗特性測定部50は、上述の抵抗特性測定部40と同様、抵抗特性データ(R_{CR}[1]~R_{CR}[n])を測定によって得る。但し、抵抗特性測定部50は、充電期間320中に各セル11の内部抵抗値を順次測定してセル11ごとにセル11の内部抵抗値のSOC依存性を測定し、これによって充電期間320中に抵抗特性データ(R_{CR}[1]~R_{CR}[n])を得る。設定部32は、抵抗値測定部50の測定結果を各セル11の抵抗特性データとして用いて、充電期間320の開始後に各セル11のピークSOCの検出及び目標SOCの設定を行う。

50

【 0 0 5 2 】

充電期間 3 2 0 中の動作について更に詳細に説明する。充電期間 3 2 0 の開始時点では各セル 1 1 の SOC は十分に低いものとする（0 % であると考えても良い）。時刻 t_1 において充電期間 3 2 0 が開始されると、まず、主制御部 3 3 は、各セル 1 1 に対し定電流充電 C_Q を行う。セル 1 1 [i] に対する定電流充電 C_Q は、調整回路 1 2 [i] をオフとし且つ第 1 電流レートを充電電流レートに設定した状態での、セル 1 1 [i] への定電流充電を指す。定電流充電 C_Q を含む定電流充電が行われている期間中において、抵抗特性測定部 5 0 は、各セル 1 1 の内部抵抗値を測定するリアルタイム測定処理を間欠的に（例えば周期的に）繰り返し実行する。定電流充電の実行中にセルの内部抵抗値を測定する方法として公知の方法を利用可能である。

10

【 0 0 5 3 】

例えば、各調整回路 1 2 がオフとなっているタイミングにおいて、リアルタイム測定処理を実行する。リアルタイム測定処理では、定電流充電での基準電流値 I_{REF} を一時的に充電電流レートに従った電流値 I_{REF} から電流値 I_{REF}' へ変動させ（減少又は増加させ）、この変動前後におけるセル 1 1 [i] の端子電圧の変動量 $V [i]$ を電圧センサ 1 3 [i] の出力信号から取得する工程 PR 1 と、工程 PR 1 にて求めた変動量 $V [i]$ をセル電流値 $I [i]$ の変動量 $I [i]$ （即ち、電流値 I_{REF} 及び I_{REF}' 間の差）にて除することで、セル 1 1 [i] の内部抵抗値 $R [i]$ を算出する工程 PR 2 と（即ち、 $R [i] = V [i] / I [i]$ ）、基準電流値 I_{REF} の上記変動時点における SOC [i] を SOC 算出部 3 4 から取得して、取得した SOC [i] を工程 PR 2 にて算出した内部抵抗値 $R [i]$ に対応づける工程 PR 3 と、を実行する。工程 PR 1 ~ PR 3 をセル 1 1 [1] ~ 1 1 [n] の夫々に対して 1 回実行することで 1 回分のリアルタイム測定処理が完了する。このリアルタイム測定処理を繰り返し実行してゆくことで、充電期間 3 2 0 中においてリアルタイムに抵抗特性データ $R_{CR} [1] \sim R_{CR} [n]$ が得られてゆく。基準電流値 I_{REF} を変動させるために、抵抗特性測定部 5 0 は主制御部 3 3 を利用することができる。以下、本実施形態で述べられる内部抵抗値 $R [i]$ は、測定部 5 0 のリアルタイム測定処理によって測定された内部抵抗値 $R [i]$ を指す。

20

【 0 0 5 4 】

セル 1 1 [i] に対する定電流充電 C_Q の実行期間中、設定部 3 2 は、逐次算出及び測定される SOC [i] 及び $R [i]$ を参照し、SOC [i] の増大に対して内部抵抗値 $R [i]$ の増大する区間が生じていないかを確認する。そして、定電流充電 C_Q の実行期間中、当該区間が観測されたとき、設定部 3 2 は、SOC [i] の増大に対する内部抵抗値 $R [i]$ の増大率が所定条件（例えば、SOC [i] の増大量に対する内部抵抗値 $R [i]$ の増大量の比が所定値以上であるという条件）を満たすか否かを判定して、当該所定条件の充足が確認された時点での SOC [i] より所定値 SOC_A だけ大きな充電率がセル 1 1 [i] のピーク SOC であると推定し（図 1 4 参照）、一方で、主制御部 3 3 は、当該所定条件の充足が確認された時点においてセル 1 1 [i] に対応する調整回路 1 2 [i] をオフからオンに切り替えることで、セル 1 1 [i] に対する定電流充電 C_Q を終了させる。セル 1 1 [i] に関し、定電流充電 C_Q が終了している状態を待機状態と呼ぶ。

30

【 0 0 5 5 】

全セル 1 1 に対して個別に上記所定条件の充足 / 不充足が判定され、その判定を介して各セル 1 1 のピーク SOC が推定されると共に各セル 1 1 に対する定電流充電 C_Q の継続 / 停止が判断される。本実施形態では、セル 1 1 [i] に対して推定されたピーク SOC が $SOC_{PK} [i]$ として機能する。主制御部 3 3 は、全セル 1 1 が待機状態になった時点時刻 t_2 として取り扱い、以後は、図 1 0 のステップ S 1 5 ~ S 1 9 の各処理を含む、第 1 実施形態と同様の充電動作を行う。即ち例えば、全セル 1 1 が待機状態になると、各調整回路 1 2 がオフとされて充電電流レートが第 1 電流レートから第 2 電流レートへと下げられ（ステップ S 1 5）、その後、第 2 遷移条件が充足すると（ステップ S 1 6 の Y）、充電電流レートが第 2 電流レートから第 3 電流レートへと上げられ（ステップ S 1 7）、更にその後、第 3 遷移条件が充足すると（ステップ S 1 8 の Y）、定電圧充電を行われ

40

50

る（ステップ S 1 9）。

【 0 0 5 6 】

本実施形態では、充電電流レートを第 2 電流レートへ下げる前に、各セル 1 1 の推定ピーク SOC より SOC_A だけ低い SOC に各セル 1 1 の実際の SOC が調整される。故に、各セル 1 1 の推定ピーク SOC より SOC_A だけ低い SOC は、各セル 1 1 の目標 SOC として機能する。即ち、充電期間 3 2 0 中において、第 2 実施形態に係る設定部 3 2 は、セル 1 1 ごとに、測定内部抵抗値 $R [i]$ の変化からピーク SOC ($SOC_{PK} [i]$) を推定によって検出して当該推定の結果を用いて目標 SOC ($SOC_{TG} [i]$) を設定している、と言える。

【 0 0 5 7 】

本実施形態では、リアルタイムに測定された内部抵抗値を用いて充電電流レートを制御できるため、組電池 1 1_{TT} 又は各セル 1 1 の劣化状態や使用環境（温度等）に適応した最適な充電制御が可能となる。故に、第 2 実施形態に係る蓄電システム 1 は、電気自動車、ハイブリッド電気自動車にも好適である（勿論、第 1 実施形態に係る蓄電システム 1 も、電気自動車、ハイブリッド電気自動車に適用可能である）。

【 0 0 5 8 】

<< 変形等 >>

本発明の実施形態は、特許請求の範囲に示された技術的思想の範囲内において、適宜、種々の変更が可能である。以上の実施形態は、あくまでも、本発明の実施形態の例であって、本発明ないし各構成要件の用語の意義は、以上の実施形態に記載されたものに制限されるものではない。上述の説明文中に示した具体的な数値は、単なる例示であって、当然の如く、それらを様々な数値に変更することができる。上述の実施形態に適用可能な注釈事項として、以下に、注釈 1 ~ 注釈 4 を記す。各注釈に記載した内容は、矛盾なき限り、任意に組み合わせることが可能である。

【 0 0 5 9 】

[注釈 1]

上述の実施形態では、説明の簡略化上、各セル 1 1 に関しピーク SOC が 1 つだけ存在することを想定したが、各セル 1 1 に関しピーク SOC が複数存在する場合においても、上述の主旨に沿って（各セル 1 1 の SOC がピーク SOC を通過するタイミングにおける充電電流レートを他のタイミングの充電電流レートよりも低くするという主旨）、調整回路 1 2 のオン/オフ制御及び充電電流レートの制御を行えば良い。

【 0 0 6 0 】

例えば、セル 1 1 [1] のピーク SOC として第 1 ピーク SOC と第 1 ピーク SOC よりも高い第 2 ピーク SOC が存在している場合、第 1 ピーク SOC を $SOC_{PK} [1]$ と捉えた上で上述した各動作を行えば良い。但し、この場合、 $SOC [1]$ が第 2 ピーク SOC を超えるという制限条件を第 2 遷移条件に付加すると良い。或いは、第 1 及び第 2 ピーク SOC 間の差が大きいならば（例えば、その差が所定の差分閾値以上であるならば）、セル 1 1 [1] の SOC が第 1 ピーク SOC を通過するタイミングにおいて充電電流レートを第 2 電流レートに抑制し、セル 1 1 [1] の SOC が第 1 ピーク SOC を所定値以上超えたら、一旦、充電電流レートを第 3 電流レートに上げ、その後、セル 1 1 [1] の SOC が第 2 ピーク SOC を通過するタイミングにおいて充電電流レートを再度第 2 電流レートに下げるようにしても良い。

【 0 0 6 1 】

図 8 の例では、充電期間 3 2 0 中の定電流充電が行われる期間中に充電電流レートが 2 回だけ変化しているが（ I_{REF} における I_{CC1} 及び I_{CC2} 間の変化と I_{CC2} 及び I_{CC3} 間の変化）、“各セル 1 1 の SOC がピーク SOC 又はピーク SOC 付近にあるタイミングでの充電電流レートを、他のタイミングでの充電電流レートよりも低くする”という主旨が損なわれない限り、定電流充電が行われる期間中における充電電流レートの変化の回数は 2 回に限定されない。

【 0 0 6 2 】

10

20

30

40

50

[注釈 2]

上述の実施形態では、各セル 1 1 の残容量を各セル 1 1 の満充電容量に対する比に換算した SOC を元にして電流レートの制御等を行っているが、各セル 1 1 の SOC の代わりに各セル 1 1 の残容量を用いて、電流レートの制御を含む上述の任意の各処理を行うようにしても良い。当然のことながら、各セル 1 1 において、満充電容量を 1 に正規化して考えれば SOC と残容量は同じ値を持つため、SOC に基づく制御と残容量に基づく制御は等価なものである。

【 0 0 6 3 】

[注釈 3]

制御ユニット 3 0 を、ハードウェア、或いは、ハードウェアとソフトウェアの組み合わせによって構成することができる。制御ユニット 3 0 にて実現される機能の全部又は一部である任意の特定の機能をプログラムとして記述して、該プログラムを制御ユニット 3 0 に搭載可能なフラッシュメモリに保存しておき、該プログラムをプログラム実行装置（例えば、制御ユニット 3 0 に搭載可能なマイクロコンピュータ）上で実行することによって、その特定の機能を実現するようにしてもよい。上記プログラムは任意の記録媒体（不図示）に記憶及び固定されうる。上記プログラムを記憶及び固定する記録媒体（不図示）は制御ユニット 3 0 と異なる機器（サーバ機器等）に搭載又は接続されても良い。

10

【 0 0 6 4 】

[注釈 4]

例えば、以下のように考えることができる。蓄電システム 1 には、充電制御を行う充電制御装置が内包されている。充電制御装置は、少なくとも制御ユニット 3 0 を備え、更に調整回路部 1 2_{TT}を備えていると考えても良い。充電制御装置は、上述の抵抗特性測定部 4 0 又は 5 0 を備えうる。充電制御装置は、電力変換回路 1 6、電圧センサ 1 3 [1] ~ [n] 及び電流センサ 1 4 の内、少なくとも 1 つを更に備えていると考えても良い。充電時において、電力変換回路 1 6 は、組電池 1 1_{TT}に対する電流供給回路として機能する。

20

【 符号の説明 】

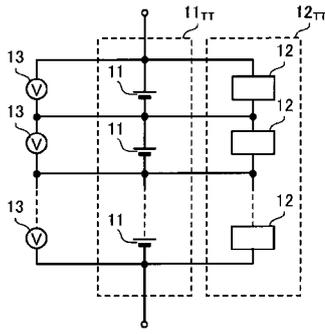
【 0 0 6 5 】

- 1 蓄電システム
- 1 1_{TT} 組電池
- 1 1、1 1 [i] セル（蓄電池）
- 1 2_{TT} 調整回路部
- 1 2、1 2 [i] 調整回路
- 1 3、1 3 [i] 電圧センサ
- 1 4 電流センサ
- 1 5 充電源
- 1 6 電力変換回路
- 3 0 制御ユニット
- 3 1 データ保持部
- 3 2 設定部
- 3 3 主制御部
- 3 4 SOC 算出部
- 4 0、5 0 抵抗特性測定部
- 4 1 データ更新部

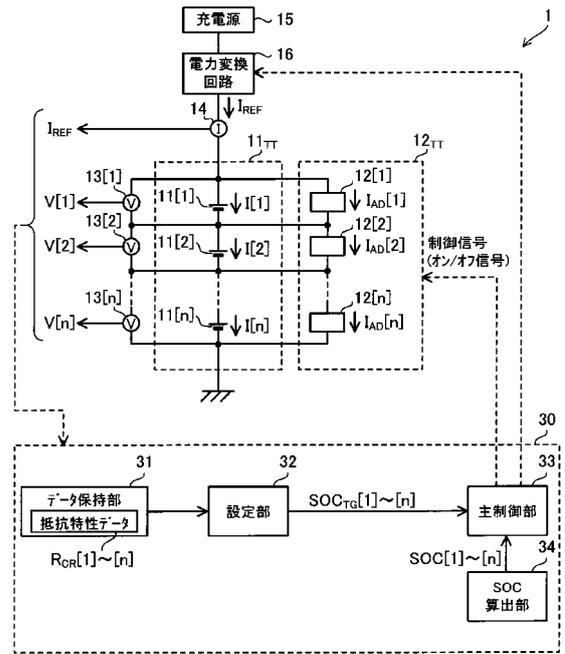
30

40

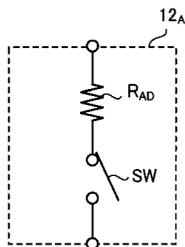
【図1】



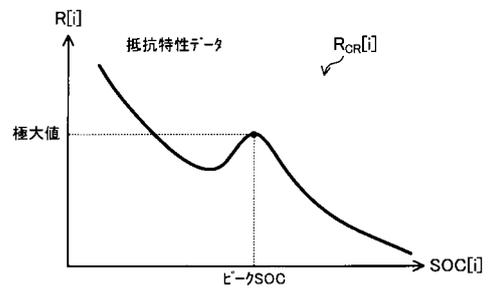
【図2】



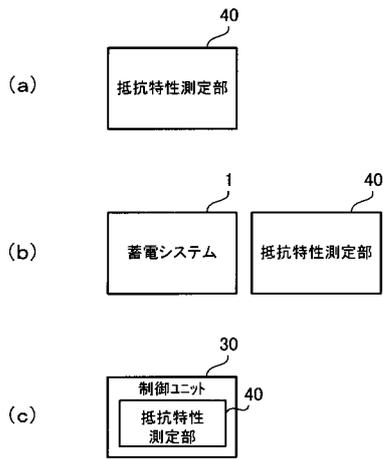
【図3】



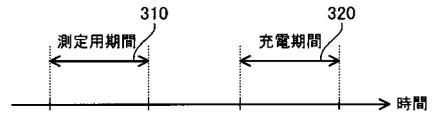
【図4】



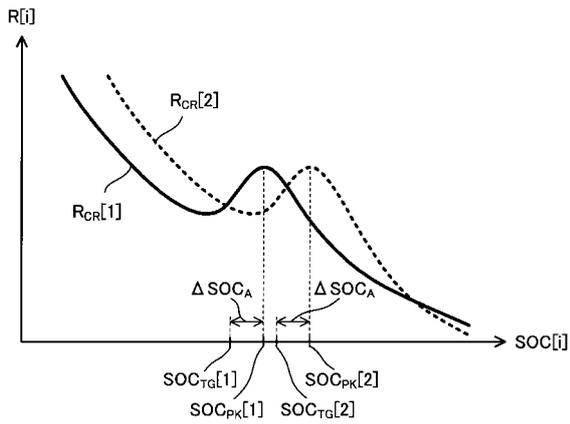
【 図 5 】



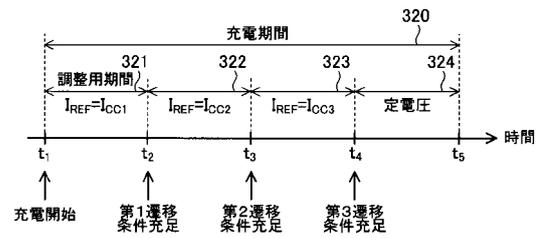
【 図 6 】



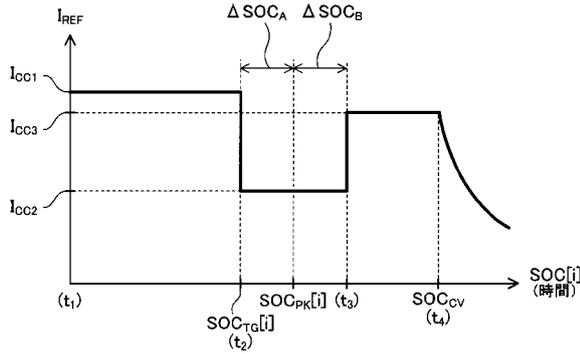
【 図 7 】



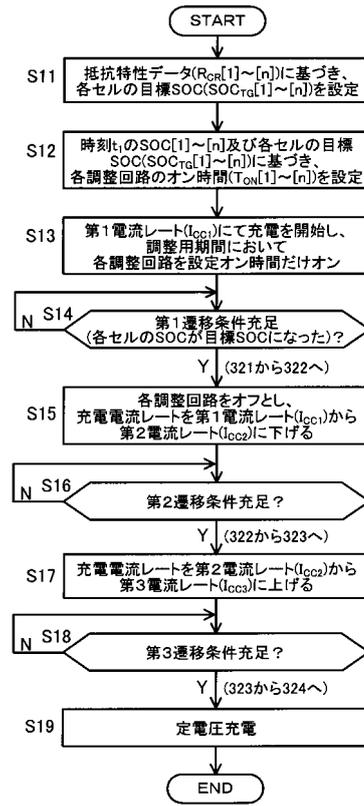
【 図 8 】



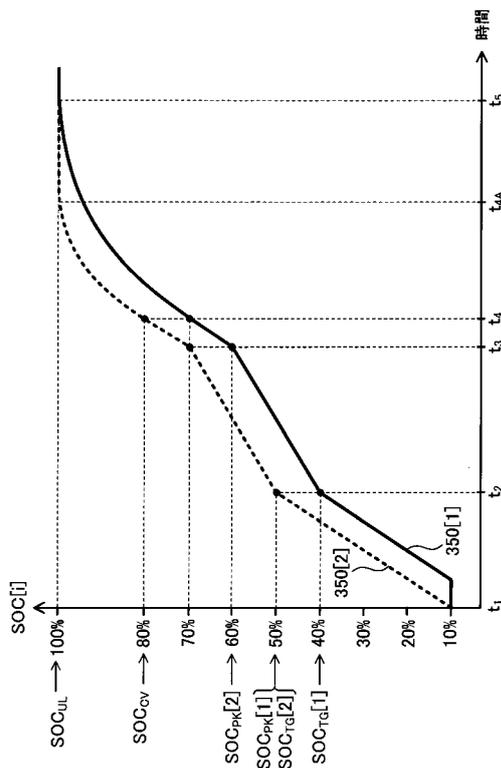
【図9】



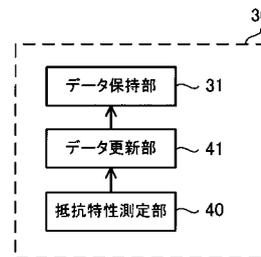
【図10】



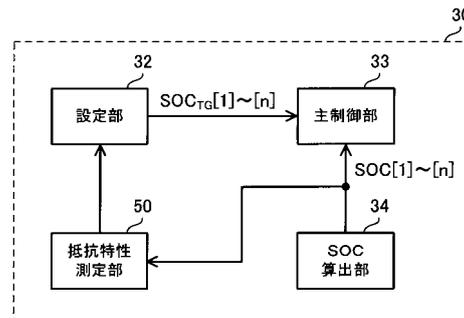
【図11】



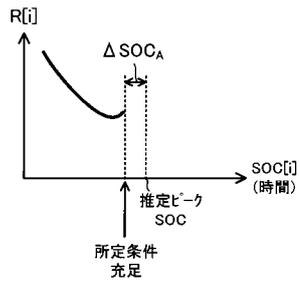
【図12】



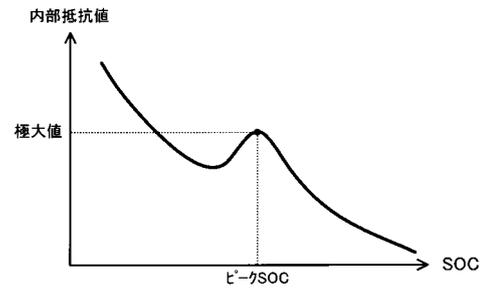
【図13】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 阿部 裕司

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

(72)発明者 大倉 計美

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

Fターム(参考) 5G503 BA03 BB02 CA01 CA08 CA11 HA01

5H030 AA01 BB01 BB02 BB03 BB04 FF41 FF42 FF44