

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6183663号
(P6183663)

(45) 発行日 平成29年8月23日 (2017. 8. 23)

(24) 登録日 平成29年8月4日 (2017. 8. 4)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 M 10/44 (2006. 01)
 HO 2 J 7/00 (2006. 01)
 HO 1 M 10/48 (2006. 01)
 B 6 O L 11/18 (2006. 01)

HO 1 M 10/44 P
 HO 2 J 7/00 Y
 HO 2 J 7/00 P
 HO 1 M 10/48 P
 HO 1 M 10/48 3 O 1

請求項の数 1 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-46151 (P2015-46151)
 (22) 出願日 平成27年3月9日 (2015. 3. 9)
 (65) 公開番号 特開2016-167368 (P2016-167368A)
 (43) 公開日 平成28年9月15日 (2016. 9. 15)
 審査請求日 平成28年6月23日 (2016. 6. 23)

(73) 特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地
 (74) 代理人 100117606
 弁理士 安部 誠
 (74) 代理人 100136423
 弁理士 大井 道子
 (74) 代理人 100142239
 弁理士 福富 俊輔
 (72) 発明者 小宮山 啓太
 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 赤穂 嘉紀

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 二次電池の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

S O C 0 % よりも大きい下限 S O C 設定値と S O C 1 0 0 % よりも小さい上限 S O C 設定値とが予め設定されており、当該下限 S O C 設定値および上限 S O C 設定値によって決まる使用電位幅で使用される二次電池の制御装置であって、

前記二次電池に備えられた正極について、前記予め設定された下限 S O C 設定値に対応する初期の正極使用最小電位 V_0 を記憶した記憶手段と、

前記二次電池の下限 S O C 設定値を設定する下限 S O C 設定値設定手段とを備え、

前記下限 S O C 設定値設定手段は、

前記二次電池の電池温度と、S O C と、各電池温度および各 S O C で保持された積算時間とを含む温度 - S O C 履歴情報に基づき、当該二次電池の劣化後容量 C_x を算出し、

前記二次電池の初期容量 C_0 と、前記劣化後容量 C_x とから劣化後容量維持値 (C_x / C_0) を算出し、

前記劣化後容量維持値 (C_x / C_0) に基づき、前記二次電池の劣化に伴い前記初期の正極使用最小電位 V_0 から高電位側へシフトした劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出し、

前記劣化後の正極使用最小電位 V_x と前記初期の正極使用最小電位 V_0 との差分であるシフト量 $(V_x - V_0)$ に応じて、前記予め設定された下限 S O C 設定値よりも小さく、かつ S O C 0 % よりも大きい新たな下限 S O C 設定値を設定するように構成されている、

10

20

二次電池の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、二次電池の制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、リチウムイオン二次電池、ニッケル水素電池その他の二次電池は、車両搭載用電源の電源として重要性が高まっている。特に、軽量で高エネルギー密度が得られるリチウムイオン二次電池は、プラグインハイブリッド（PHV）あるいは電気自動車（EV）等の車両搭載用高出力電源として好ましく用いられている。

10

【0003】

この種の二次電池は、高いSOC（充電状態；State Of Charge）の状態で放置すると容量劣化が顕著となり、SOCが低くなると出力特性が低下する傾向がある。そのため、SOC 0%よりも大きい下限SOC設定値（例えば20%）とSOC 100%よりも小さい上限SOC設定値（例えば80%）とを設定し、下限SOC設定値および上限SOC設定値によって決まる使用電位幅で使用することで、二次電池の高性能化が図られている。この種のSOC使用領域の設定に関する従来技術としては、特許文献1が挙げられる。同公報には、車両駐車時は、劣化の進行を抑制できる範囲となるようにバッテリ容量の上限値をコントロールし、車両走行時は、車両の走行性能を十分に確保できるようにバッテリ容量を大きな範囲で利用可能とした車両用制御装置が開示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2013-74706号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、リチウムイオン二次電池等の二次電池は、一般に、使用に伴い劣化が生じることが知られている。劣化の主な原因は、負極における電荷担体（リチウムイオン二次電池の場合、リチウム）の析出や負極での被膜形成などがある。特許文献1に開示された技術では、上記のような劣化の進行をある程度抑制することができたとしても、いったん劣化が進行した後は、使用できる電池容量（ひいてはエネルギー量）の減少が大きいという欠点があった。

30

【0006】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その主な目的は、劣化後においても電池容量の低下を抑制し得る二次電池の制御装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

40

ここで提案される制御装置は、SOC 0%よりも大きい下限SOC設定値とSOC 100%よりも小さい上限SOC設定値とが予め設定されており、当該下限SOC設定値および上限SOC設定値によって決まる使用電位幅で使用される二次電池の制御装置である。この制御装置は、前記二次電池に備えられた正極について、前記予め設定された下限SOC設定値に対応する初期の正極使用最小電位 V_0 を記憶した記憶手段と、前記二次電池の下限SOC設定値を設定する下限SOC設定値設定手段とを備える。前記下限SOC設定値設定手段は、前記二次電池の劣化に伴い前記初期の正極使用最小電位 V_0 から高電位側へシフトした劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出するように構成されている。そして、前記下限SOC設定値設定手段は、前記劣化後の正極使用最小電位 V_x と前記初期の正極使用最小電位 V_0 との差分であるシフト量（ $V_x - V_0$ ）に応じて、前記予め設定された

50

下限SOC設定値よりも小さく、かつSOC0%よりも大きい新たな下限SOC設定値を設定するように構成されている。かかる構成によると、劣化後においても正極のSOC使用領域を確保することができ、電池容量（ひいてはエネルギー量）の低下を抑制することができる。

【0008】

ここで開示される制御装置の好ましい一態様では、前記下限SOC設定値設定手段は、前記二次電池の初期容量 C_0 と、当該二次電池の劣化後容量 C_x とから劣化後容量維持値（ C_x / C_0 ）を算出し、劣化後容量維持値（ C_x / C_0 ）に基づき、劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出するように構成されている。このようにすれば、劣化後の正極使用最小電位 V_x を精度よく算出することができる。

10

【0009】

ここで開示される制御装置の好ましい一態様では、前記下限SOC設定値設定手段は、前記二次電池の電池温度と、SOCと、各電池温度および各SOCで保持された積算時間とを含む温度-SOC履歴情報に基づき、前記劣化後容量 C_x を算出するように構成されている。このようにすれば、負極のSOCずれ（電荷担体の析出や不活性化）に起因する劣化後容量 C_x を精度よく算出することができる。

【0010】

このような制御装置は、例えば自動車等の車両に搭載される二次電池用の制御装置として好適である。したがって本発明によると、ここに開示されるいずれかの制御装置を備える車両が提供される。特に、軽量で高出力が得られることから、リチウムイオン二次電池を動力源（典型的には、ハイブリッド車両または電気車両の動力源）として備える車両（例えば自動車）が提供される。

20

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本実施形態に係る二次電池の制御装置によって制御される電源システムの構成を示すブロック図である。

【図2】正極と負極との開回路電位を例示した図である。

【図3】正極使用最小電位のシフト量と低下幅 ΔSOC_x との関係を示すデータマップの一例を示す図である。

【図4】電池温度とSOCと劣化速度との関係を示すマップの一例を示す図である。

30

【図5】ECUにより実行される下限SOC設定値設定処理ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【図6】ECUにより実行される下限SOC設定値設定処理ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の好適な実施の形態を具体的に説明するが、本発明をかかる具体例に示すものに限定する意図ではない。なお、本明細書において特に言及している事項以外の事柄であって本発明の実施に必要な事柄は、当該分野における従来技術に基づく当業者の設計事項として把握され得る。本発明は、本明細書に開示されている内容と当該分野における技術常識とに基づいて実施することができる。また、以下の図面において、同じ作用を奏する部材・部位には同じ符号を付し、重複する説明は省略することがある。

40

【0013】

ここで開示される制御装置が制御対象とする二次電池は特に制限されない。例えば、正負極間での電荷担体の移動に伴う電荷の移動により、繰り返し充放電が実現される各種の二次電池を対象とすることができる。例えば、リチウムイオン二次電池は、電荷担体としてリチウムイオンを利用する二次電池であり、本技術が対象とする好適な二次電池の一例であり得る。特に限定することを意図したものではないが、以下では主として本発明を車両に搭載されるリチウムイオン二次電池に適用する場合を例として本発明を詳細に説明する。

50

【 0 0 1 4 】

< 第 1 実施形態 >

図 1 は、本実施形態に係るリチウムイオン二次電池 10 の制御装置によって制御される電源システム 1 の構成を示すブロック図である。このリチウムイオン二次電池 10 の制御装置は、車両（典型的には自動車、特にハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車のような電動機を備える自動車）に好適に用いられる。

【 0 0 1 5 】

電源システム 1 は、リチウムイオン二次電池 10 と、これに接続された負荷 20 と、リチウムイオン二次電池 10 の状態に応じて負荷 20 の作動を調節する電子制御ユニット（ECU）30 とを含む構成であり得る。リチウムイオン二次電池 10 に接続された負荷 20 は、リチウムイオン二次電池 10 に蓄えられた電力を消費する電力消費機（例えばモータ）を含み得る。該負荷 20 は、電池 10 を充電可能な電力を供給する電力供給機（充電器）を含み得る。

【 0 0 1 6 】

リチウムイオン二次電池 10 は、対向する正極と負極と、これら正負極間に供給されるリチウムイオンを含む電解質とから構成されている。正極および負極には、リチウムイオンを吸蔵および放出し得る活物質が含まれている。電池の充電時には、正極活物質からリチウムイオンが放出され、このリチウムイオンは電解質を通じて負極活物質に吸蔵される。また、電池の放電時には、その逆に、負極活物質に吸蔵されていたリチウムイオンが放出され、このリチウムイオンは電解質を通じて再び正極活物質に吸蔵される。この正極活物質と負極活物質との間のリチウムイオンの移動に伴い、活物質から外部端子へと電子が流れる。これにより、負荷 20 に対して放電が行われる。

【 0 0 1 7 】

図 2 は、正極と負極との開回路電位を例示した図である。正極と負極には、上述のとおり、活物質からなる活物質層が備えられている。活物質がリチウムイオンを吸蔵する電位は結晶構造や組成等によって決まっており、電池としての可逆的に充放電可能な容量（可逆容量）は、正極と負極との開回路電位において、正極電位 L_1 と負極電位 L_2 との容量運用域の重なった領域の大きさで決定される。そして、正極電位 L_1 と負極電位 L_2 との容量運用域の重なった領域のうち、所定の上限となる電圧が得られる充電状態（即ち満充電状態）を SOC 100% とし、所定の下限となる電圧が得られる充電状態（即ち充電されていない状態）を SOC 0% としている。また、二次電池の保護の観点から、本制御を行う前において、SOC 0% よりも大きい下限 SOC 設定値と SOC 100% よりも小さい上限 SOC 設定値とが予め設定されており、当該下限 SOC 設定値および上限 SOC 設定値によって決まる使用電位幅（SOC 使用領域）にて二次電池が使用される。

【 0 0 1 8 】

ここで、本発明者の知見によれば、例えば、リチウムイオン二次電池においては、充放電により負極での被膜形成により電荷担体であるリチウムイオンが消費され、不可逆容量が生じ得る。また、リチウムイオンが負極表面に析出し、不活性化するなどして不可逆容量が大きくなる。このように不可逆容量が大きくなると、放電末期においても負極電位 L_3 が初期の負極電位 L_2 にまで戻らない（負極の SOC ずれ）。これに伴い、放電終了時の正極電位（正極使用最小電位）も、初期の正極電位 V_0 から高電位側の V_x にまでシフトする（見掛け上、下限 SOC 設定値まで放電しても V_x までしか正極電位が下がらない）。すなわち、上記劣化後においては、正極使用最小電位が V_0 から V_x まで上昇し、SOC 使用領域（使用電位幅）が初期に比べて減少する。そのため、同じ下限 SOC 設定値の範囲内で充放電を行うと、電池容量 C_x が初期容量 C_0 に比べて低下してしまう。

【 0 0 1 9 】

ここで開示される技術においては、このような負極の SOC ずれに伴う、正極使用最小電位 V_x の高電位側へのシフト量（ $V_x - V_0$ ）に着目し、このシフト量（ $V_x - V_0$ ）に応じて、予め設定された下限 SOC 設定値よりも小さい新たな下限 SOC 設定値を設定することで、SOC 使用領域を確保するようにしている。

【 0 0 2 0 】

すなわち、この電源システム 1 では、ECU30 が、リチウムイオン二次電池 10 の劣化に伴い初期の正極使用最小電位 V_0 から高電位側へシフトした劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出し、劣化後の正極使用最小電位 V_x と初期の正極使用最小電位 V_0 との差分であるシフト量 ($V_x - V_0$) に応じて、予め設定された下限 SOC 設定値 (初期値) よりも小さく、かつ SOC 0 % よりも大きい新たな下限 SOC 設定値を設定する。そして、この新たな下限 SOC 設定値を下限として、リチウムイオン二次電池 10 が充放電されるように、負荷 20 を作動制御する。ECU30 の典型的な構成には、少なくとも、かかる制御を行うためのプログラムを記憶した ROM (Read Only Memory) と、そのプログラムを実行可能な CPU (Central Processing Unit) と、一時的にデータを記憶する RAM (random access memory) と、図示しない入出力ポートとが含まれる。ROM には、予め設定された下限 SOC 設定値の初期値と、当該下限 SOC 設定値 (初期値) に対応する初期の正極使用最小電位 V_0 とが記憶されている。この ECU30 により本実施形態の制御装置が構成されている。

10

【 0 0 2 1 】

ECU30 は、上述のように、リチウムイオン二次電池 10 の劣化に伴い初期の正極使用最小電位 V_0 から高電位側へシフトした劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出し、劣化後の正極使用最小電位 V_x と初期の正極使用最小電位 V_0 との差分であるシフト量 ($V_x - V_0$) に応じて、予め設定された下限 SOC 設定値 (初期値) よりも低く、かつ SOC 0 % よりも大きい新たな下限 SOC 設定値を設定する (下限 SOC 設定値設定手段)。典型的には、高電位側へシフトした正極使用最小電位が V_x から V_0 に再び戻るように、新たな下限 SOC 設定値を設定するとよい。この実施形態では、正極使用最小電位のシフト量 ($V_x - V_0$) と低下させるべき下限 SOC 設定値の低下幅 ΔSOC_x との関係を示すデータがマップの形で ROM (記憶手段) に記憶されており、このデータを参照して、正極使用最小電位のシフト量 ($V_x - V_0$) に対応する低下幅 ΔSOC_x を決定する。例えば、図 3 に、かかるデータの一例を示してある。図 3 に示すように、ここではシフト量 ($V_x - V_0$) と下限 SOC 設定値の低下幅 ΔSOC_x との関係を示すデータがマップの形で記憶されており、このマップから低下幅 ΔSOC_x を決定する。そして、その決定された低下幅 ΔSOC_x の分だけ下限 SOC 設定値を初期値から低下させ、新たな下限 SOC 設定値を設定する。

20

30

【 0 0 2 2 】

劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出するに際しては、二次電池の初期容量 C_0 と、当該二次電池の劣化後容量 C_x とから劣化後容量維持値 (C_x / C_0) を求める。そして、劣化後容量維持値 (C_x / C_0) に基づき、劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出するとよい。具体的には、図 2 から明らかなように、劣化後容量維持値 (C_x / C_0) と劣化後の正極使用最小電位 V_x とは相関関係があり、劣化後容量維持値 (C_x / C_0) が小さくなるにつれて、劣化後の正極使用最小電位 V_x は徐々に上昇していく。この相関関係を利用して、劣化後容量維持値 (C_x / C_0) から劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出するとよい。この実施形態では、上記相関関係を示すデータをマップの形で ROM に記憶しておき、このデータを参照して、劣化後容量維持値 (C_x / C_0) から劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出する。

40

【 0 0 2 3 】

二次電池 10 の劣化後容量 C_x は、二次電池の電池温度と、SOC と、各電池温度および各 SOC で保持された積算時間とを記録した温度 - SOC 履歴情報に基づき、算出するとよい。すなわち、前述した負極表面の被膜形成によるリチウムの消費やリチウムの析出・不活性化による負極の SOC ずれは、二次電池の曝される温度や充電状態 (SOC) によって劣化速度が大きく変化する。具体的には、図 4 に示すように、電池温度が高く、かつ SOC が大きいほど、劣化速度は大きくなる。この相関関係を利用することで、上述した温度 - SOC 履歴情報と劣化速度とから、負極の SOC ずれに起因する二次電池の劣化後容量 C_x を把握することができる。

50

【 0 0 2 4 】

具体的には、下記式（１）に基づき、上記温度 - S O C 履歴情報と劣化速度とから劣化後容量 C_x を算出するとよい。

【 数 １ 】

$$C_x = C_0 \times \left(1 - \sum (\alpha_x \times t_x) \right) \quad \cdots (1)$$

ここで式中の

C_x : 劣化後容量

C_0 : 初期容量

α_x : 各電池温度および各 S O C における劣化速度

t_x : 各電池温度および各 S O C で保持された積算時間

である。

【 0 0 2 5 】

上記式（１）中の C_0 は、二次電池の初期容量であり、活物質の組成や使用量によって定まる任意の定数である。初期容量 C_0 は予備的実験等により予め測定しておくともよい。あるいはセル出荷時に初期容量を電池毎に測定して取得してもよい。測定した初期容量 C_0 は R O M に記憶しておくともよい。また、各電池温度および各 S O C における劣化速度 α_x は、二次電池の単位時間あたりの容量劣化量を示す係数であり、電池温度と S O C と劣化速度との関係を示すデータに基づき、決定される値である。この実施形態では、電池温度と S O C と劣化速度との関係を示すデータをマップ（図 4 参照）の形で R O M に記憶しておき、このデータを参照して、所定の電池温度（例えば温度域）および S O C（例えば S O C 域）の劣化速度 α_x を決定する。かかるデータは、種々異なる S O C に調整した二次電池を種々異なる温度条件の耐久試験に供し、そのときの容量劣化量の推移から求めることができる。

【 0 0 2 6 】

また、各電池温度および各 S O C で保持された積算時間 t_x は、所定の電池温度（例えば温度域）および S O C（例えば S O C 域）で二次電池がどの程度保持されたかを、所定の電池温度および S O C ごとに積算することで求めることができる。なお、負極の S O C ずれは、電池が充放電を行っていないなくても（使用されていないなくても）生じ得る。したがって、上記積算時間 t_x のカウントは、電池の使用時と、電池の使用休止時との双方において行うことが好ましい。得られた温度 - S O C 履歴情報は、テーブル等の形で R O M に記憶しておくともよい。

【 0 0 2 7 】

二次電池 10 には、二次電池の端子間の電圧および電流をそれぞれ検出する電圧センサ（図示せず）、電流センサ（図示せず）と、二次電池の温度を検出する温度センサ（図示せず）とが備えられている。E C U 30 には、入力ポートを介して各センサの出力信号が入力される。そして、E C U 30 は、各センサからの出力信号に基づいて、二次電池 10 の電池温度および S O C の情報を取得するようになっている。例えば、E C U 30 は、電圧センサで検出された端子間の電圧から二次電池の S O C を把握し得る。あるいは、二次電池 10 に入出力する電流の積算値から S O C を把握してもよい。

【 0 0 2 8 】

このように構成された電源ユニット 1 の動作について説明する。図 5 は、本実施形態に係る電源ユニット 1 の E C U 30 により実行される下限 S O C 設定値設定処理ルーチンの一例を示すフローチャートである。このルーチンは、例えば車両に搭載された直後から所定時間毎（例えば 10 時間 ~ 1 ヶ月（例えば 24 時間 ~ 1 週間）毎）に定期的に繰り返し実行される。

【 0 0 2 9 】

図 5 に示す下限 S O C 設定値設定処理ルーチンが実行されると、E C U 30 の C P U は、まず、制御対象のリチウムイオン二次電池 10 について、電池温度と、S O C と、各電池温度および各 S O C で保持された積算時間とを含む温度 - S O C 履歴情報を取得する（

10

20

30

40

50

ステップS100)。次いで、ROMに記憶されている電池温度とSOCと劣化速度との関係を示すデータ(図4)を参照して、前記式(1)に基づき、劣化後容量 C_x を算出する(ステップS200)。

【0030】

そして、ROMに記憶されている初期容量 C_0 と、上記算出された劣化後容量 C_x の値とから劣化後容量維持値(C_x / C_0)を算出し(ステップS300)、ROMに記憶されている劣化後容量維持値(C_x / C_0)と劣化後の正極使用最小電位 V_x との関係を示すデータを参照して、上記算出された劣化後容量維持値(C_x / C_0)の値に対応する劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出する(ステップS400)。次いで、ROMに記憶されている初期の正極使用最小電位 V_0 から上記算出された劣化後の正極使用最小電位 V_x の値を差し引いて正極使用最小電位のシフト量($V_x - V_0$)を算出し、ROMに記憶されている正極使用最小電位のシフト量($V_x - V_0$)と低下させるべき下限SOC設定値の低下幅 ΔSOC_x との関係を示すマップ(図3)を参照して、上記算出されたシフト量($V_x - V_0$)の値に対応する下限SOC設定値の低下幅 ΔSOC_x を決定する(ステップS500)。

10

【0031】

そして、ステップS600において、ROMに記憶されている下限SOC設定値の初期値から上記決定された低下幅 ΔSOC_x を差し引いて新たな下限SOC設定値を算出し、この新たな下限SOC設定値がSOC0%以下であるか否かを判断する。新たな下限SOC設定値がSOC0%以下である場合(ステップS600にてNoの場合)には、新たな下限SOC設定値をSOC使用領域の下限として設定することなく、このルーチンを完了する。そして、以降は、下限SOC設定値設定処理ルーチンを実行しない。一方、新たな下限SOC設定値がSOC0%よりも大きい場合(ステップS600にてYesの場合)には、新たな下限SOC設定値をSOC使用領域の下限として設定し(ステップS700)、今回の下限SOC設定値設定処理ルーチンを終了する。そして、これ以降は、この新たな下限SOC設定値をSOC使用領域の下限として、リチウムイオン二次電池10が充放電されるように、負荷20を作動制御する。

20

【0032】

上記実施形態によると、劣化後の正極使用最小電位 V_x と初期の正極使用最小電位 V_0 との差分であるシフト量($V_x - V_0$)に応じて、予め設定された下限SOC設定値(初期値)よりも小さく、かつSOC0%よりも大きい新たな下限SOC設定値を設定するので、劣化後においてもSOC使用領域を確保することができる。すなわち、負極のSOCずれに伴い、正極使用最小電位が V_0 から V_x まで上昇すると、SOC使用領域(使用電位幅)が初期に比べて減少する。そのため、同じ下限SOC設定値の範囲内で充放電を行うと、電池容量 C_x が低下傾向になり得るが、上記実施形態によると、シフト量($V_x - V_0$)に応じて下限SOC設定値を拡大することで、SOC使用領域の減少を抑えることができる。そのため、劣化後においても、電池容量の低下を抑制して高いエネルギー量を維持することができる。

30

【0033】

以上、本発明の一実施形態にかかる制御装置において実行される下限SOC設定値設定処理ルーチンについて説明した。次に、本発明の他の一実施形態にかかる制御装置によって実行可能な下限SOC設定値設定処理ルーチンについて説明する。

40

【0034】

<第2実施形態>

この実施形態では、ECU30は、二次電池10の劣化に伴い初期の正極使用最小電位 V_0 から高電位側へシフトした劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出し、劣化後の正極使用最小電位 V_x と初期の正極使用最小電位 V_0 との差分であるシフト量($V_x - V_0$)が所定の閾値X以上である場合に、そのシフト量($V_x - V_0$)に応じて、予め設定された下限SOC設定値(初期値)よりも小さく、かつSOC0%よりも大きい新たな下限SOC設定値を設定するように構成されている。すなわち、この実施形態では、正極使用最小

50

電位のシフト量 ($V_x - V_0$) が増大して負極のSOCずれが許容できない程度に劣化が生じたと判断された場合にのみ、下限SOC設定値設定処理を行う点において、上述した第1実施形態とは相違する。

【0035】

このように構成された電源ユニット1の動作について説明する。図6は、本実施形態に係る電源ユニット1のECU30により実行される下限SOC設定値設定処理ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【0036】

図6に示す下限SOC設定値設定処理ルーチンが実行されると、ECU30のCPUは、まず、制御対象のリチウムイオン二次電池10について、電池温度と、SOCと、各電池温度および各SOCで保持された積算時間とを含む温度-SOC履歴情報を取得する(ステップS100)。次いで、ROMに記憶されている電池温度とSOCと劣化速度との関係を示すデータ(図4)を参照して、前記式(1)に基づき、劣化後容量 C_x を算出する(ステップS200)。

【0037】

そして、ROMに記憶されている初期容量 C_0 と、上記算出された劣化後容量 C_x の値とから劣化後容量維持値(C_x / C_0)を算出し(ステップS300)、ROMに記憶されている劣化後容量維持値(C_x / C_0)と劣化後の正極使用最小電位 V_x との関係を示すデータを参照して、上記算出された劣化後容量維持値(C_x / C_0)の値に対応する劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出する(ステップS400)。次いで、ROMに記憶されている初期の正極使用最小電位 V_0 から上記算出された劣化後の正極使用最小電位 V_x の値を差し引いて正極使用最小電位のシフト量($V_x - V_0$)を算出する(ステップS510)。

【0038】

そして、その算出されたシフト量($V_x - V_0$)の値と、ROMに記憶されている閾値Xとを比較する(ステップS520)。その結果、上記算出されたシフト量($V_x - V_0$)の値が閾値X未満である場合(ステップS520にてNoの場合)には、負極のSOCずれが許容範囲内であると判断して、このルーチンを完了する。一方、上記算出されたシフト量($V_x - V_0$)の値が閾値X以上である場合(ステップS520にてYesの場合)には、負極のSOCずれが許容できないと判断し、ROMに記憶されている正極使用最小電位のシフト量($V_x - V_0$)と低下させるべき下限SOC設定値の低下幅 ΔSOC_x との関係を示すマップ(図3)を参照して、上記算出されたシフト量($V_x - V_0$)の値に対応する下限SOC設定値の低下幅 ΔSOC_x を決定する(ステップS530)。

【0039】

そして、ステップS600において、ROMに記憶されている下限SOC設定値の初期値から上記決定された低下幅 ΔSOC_x を差し引いて新たな下限SOC設定値を算出し、この新たな下限SOC設定値がSOC0%以下であるか否かを判断する。新たな下限SOC設定値がSOC0%以下である場合(ステップS600にてNoの場合)には、新たな下限SOC設定値をSOC使用領域の下限として設定することなく、このルーチンを完了する。そして、以降は、下限SOC設定値設定処理ルーチンを実行しない。一方、新たな下限SOC設定値がSOC0%よりも大きい場合(ステップS600にてYesの場合)には、新たな下限SOC設定値をSOC使用領域の下限として設定し(ステップS700)、今回の下限SOC設定値設定処理ルーチンを終了する。そして、以降は、この新たな下限SOC設定値をSOC使用領域の下限として、リチウムイオン二次電池10が充放電されるように、負荷20を作動制御する。

【0040】

上記実施形態によれば、正極使用最小電位のシフト量($V_x - V_0$)が所定の閾値X以上である場合に、そのシフト量($V_x - V_0$)に応じて、予め設定された下限SOC設定値(初期値)よりも低い新たな下限SOC設定値を設定するので、負極のSOCずれが許容できない程度にまで拡大した場合に、適切なタイミングで上述した下限SOC設定値設

10

20

30

40

50

定処理を実行することができる。

【 0 0 4 1 】

本発明の適用効果を確認するため、以下の実験を行った。

【 0 0 4 2 】

シート状の正極集電体および負極集電体にそれぞれ正極活物質および負極活物質が保持された正負の電極シートがセパレータシートを介して捲回され、電解質とともにケースに收容された構成のリチウムイオン二次電池を用意した。かかるリチウムイオン二次電池の下限SOC設定値を27%、上限SOC設定値を79%に設定した場合における初期の電池容量(初期容量 C_0 :図2参照)を100とした。

【 0 0 4 3 】

< 例 1 >

上記リチウムイオン二次電池を高温槽に收容して高温劣化試験を行った。そして、下限SOC設定値を27%、上限SOC設定値を79%に設定した場合における劣化後の電池容量 C_x (図2参照)が初期容量 C_0 の80%に低下するまで高温劣化試験を継続した。

【 0 0 4 4 】

< 例 2 >

上記高温劣化試験後のリチウムイオン二次電池について、新たに下限SOC設定値を15%に設定した。そして、下限SOC設定値を15%、上限SOC設定値を79%に設定した場合における劣化後の電池容量を測定した。その結果、劣化後の電池容量は、初期容量の概ね96%となり、例1に比べて電池容量が回復していた。この結果から、劣化後において、予め設定された下限SOC設定値(初期値)よりも低い新たな下限SOC設定値を設定することにより、電池容量の低下を抑制し得ることが確認された。

【 0 0 4 5 】

以上、本発明を好適な実施形態により説明してきたが、こうした記述は限定事項ではなく、勿論、種々の改変が可能である。

【 0 0 4 6 】

例えば、上述した実施形態では、劣化後容量維持値(C_x / C_0)に基づき、劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出する場合を例示したが、劣化後の正極使用最小電位 V_x の算出はこれに限定されない。例えば、下限SOC設定値まで放電したときの電池電圧等を利用して劣化後の正極使用最小電位 V_x を直接的に求めてもよい。ただし、上述した実施形態の如く、劣化後容量維持値(C_x / C_0)に基づき、劣化後の正極使用最小電位 V_x を算出した方が、負極のSOCずれ(電荷担体の析出や不活性化)に起因する劣化後の正極使用最小電位 V_x を精度よく算出することができる。

【 0 0 4 7 】

また、上述した実施形態では、二次電池の電池温度と、SOCと、温度-SOC履歴情報に基づき、劣化後容量 C_x を算出する場合を例示したが、劣化後容量 C_x の算出はこれに限定されない。例えば、電池に対して所定の充放電操作を行ったときの放電容量等から劣化後容量 C_x を直接的に測定してもよい。ただし、上述した実施形態の如く、二次電池の電池温度と、SOCと、温度-SOC履歴情報に基づき、劣化後容量 C_x を算出した方が、負極のSOCずれ(電荷担体の析出や不活性化)に起因する劣化後容量 C_x を精度よく算出することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 8 】

- 1 0 二次電池
- 2 0 負荷
- 3 0 ECU

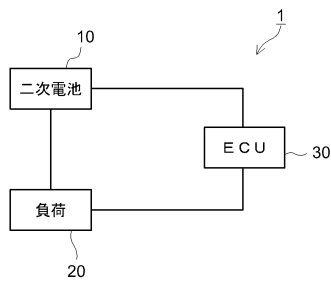
10

20

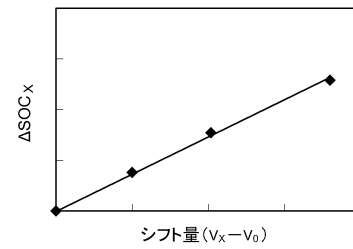
30

40

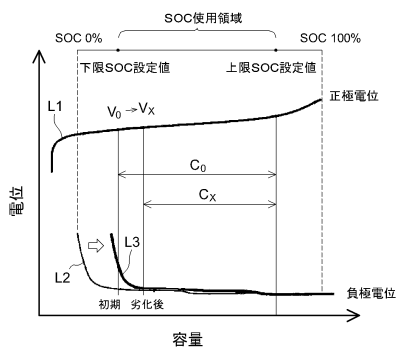
【図 1】



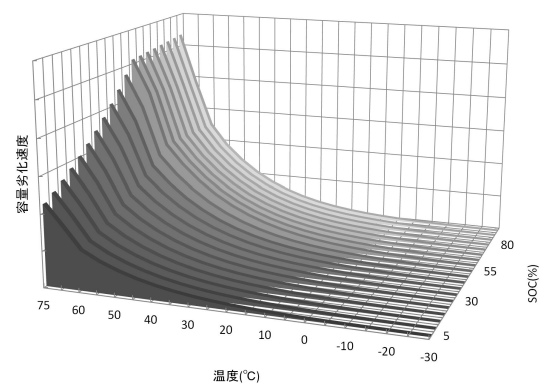
【図 3】



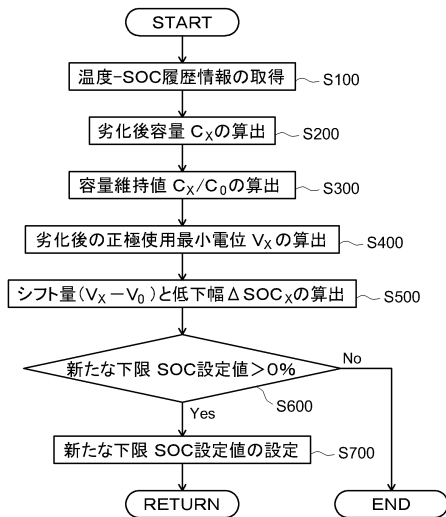
【図 2】



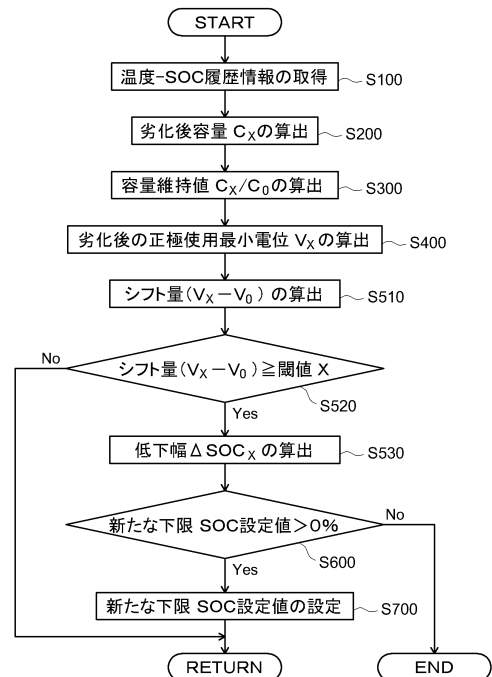
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 6 0 L 11/18 A

(56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 0 4 9 0 1 7 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 5 7 3 6 9 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 1 9 0 7 6 3 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 1 8 7 9 6 0 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 0 8 0 0 9 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 M 1 0 / 4 4
H 0 1 M 1 0 / 4 8
H 0 2 J 7 / 0 0
B 6 0 L 1 1 / 1 8