

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4984527号  
(P4984527)

(45) 発行日 平成24年7月25日(2012.7.25)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 R 31/36	(2006.01)	GO 1 R 31/36	A
HO 1 M 10/48	(2006.01)	HO 1 M 10/48	Z H V P
B 6 O L 3/00	(2006.01)	B 6 O L 3/00	S
HO 2 J 7/00	(2006.01)	HO 2 J 7/00	X

請求項の数 20 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2005-375730 (P2005-375730)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成17年12月27日(2005.12.27)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2007-178215 (P2007-178215A)	(74) 代理人	100064746 弁理士 深見 久郎
(43) 公開日	平成19年7月12日(2007.7.12)	(74) 代理人	100085132 弁理士 森田 俊雄
審査請求日	平成20年2月16日(2008.2.16)	(74) 代理人	100112852 弁理士 武藤 正
		(72) 発明者	土屋 憲司 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	武田 知晋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 二次電池の充電状態推定装置および充電状態推定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入出力電流、出力電圧および電池温度を検出可能な検出器が設けられた二次電池の充電状態推定装置であって、

前記二次電池の開放電圧と残存容量との間の特性を記憶する特性記憶手段と、

前記入出力電流が前記電池温度に応じて設定される制限電流以下である状態が、前記電池温度に応じて設定される電圧安定時間以上継続している安定状態であるか否かを判定する安定状態判定手段と、

前記安定状態と判定されたときに、前記出力電圧を前記開放電圧とみなして、前記特性記憶手段に記憶された特性に基づいて前記二次電池の残存容量を推定する第1の充電状態推定手段と、

前記安定状態と判定されないときに、前記第1の充電状態推定手段とは異なる手法に基づいて、前記二次電池の残存容量を推定する第2の充電状態推定手段とを備える、二次電池の充電状態推定装置。

【請求項2】

前記第2の充電状態推定手段は、前記入出力電流の積算値に基づいて前記残存容量の変化量を逐次算出する手法、または、前記入出力電流、前記出力電圧および前記電池温度を入力変数とする電池モデルに基づく手法によって、前記二次電池の残存容量を推定する、請求項1記載の二次電池の充電状態推定装置。

【請求項3】

前記第 2 の充電状態推定手段は、

前記入出力電流の積算値に基づいて前記残存容量の変化量を算出することによって前記二次電池の残存容量を推定する第 1 の推定手段と、

前記入出力電流、前記出力電圧および前記電池温度を入力変数とする電池モデルに基づいて、前記二次電池の残存容量を推定する第 2 の推定手段と、

前記第 1 の推定手段による残存容量推定の連続実行期間を計時する計時手段とを含み、

前記第 2 の充電状態推定手段は、前記連続実行期間が第 1 の制限期間以下であるときに、前記第 1 の推定手段を選択して前記残存容量を推定する一方で、前記連続実行期間が第 1 の制限期間を超え、かつ、前記入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲内であるときに、前記第 2 の推定手段を選択して前記残存容量を推定する、請求項 1 記載の二次電池の充電状態推定装置。

10

【請求項 4】

前記第 2 の充電状態推定手段は、前記連続実行期間が第 1 の制限期間よりも長い第 2 の制限期間を超えた場合には、前記入出力電流にかかわらず、前記第 2 の推定手段を選択して前記残存容量を推定する、請求項 3 記載の二次電池の充電状態推定装置。

【請求項 5】

前記第 2 の充電状態推定手段は、前記連続実行期間が第 1 の制限期間を超え、かつ、前記入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲外であるときに、前記第 1 の推定手段を選択して前記残存容量を推定する、請求項 3 記載の二次電池の充電状態推定装置。

【請求項 6】

前記安定状態判定手段での前記制限電流は、前記電池温度の上昇に従って、相対的に大きく設定される、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の二次電池の充電状態推定装置。

20

【請求項 7】

前記安定状態判定手段での前記電圧安定時間は、前記電池温度の上昇に従って、相対的に短く設定される、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の二次電池の充電状態推定装置。

【請求項 8】

前記入出力電流の積算値に基づいて前記残存容量の変化量を算出することによって前記二次電池の残存容量を推定する第 1 の推定手段と、

前記入出力電流、前記出力電圧および前記電池温度を入力変数とする電池モデルに基づいて、前記二次電池の残存容量を推定する第 2 の推定手段と、

前記第 1 の推定手段による充電状態推定の連続実行期間を計時する計時手段と、

前記入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲内であるか否かの判定と、前記計時手段により求められた前記連続実行期間とに基づいて、前記第 1 および第 2 の推定手段の一方を選択して前記残存容量を推定する選択手段とをさらに備える、請求項 1 に記載の二次電池の充電状態推定装置。

30

【請求項 9】

前記選択手段は、前記連続実行期間が第 1 の制限期間以下であるときに、前記第 1 の推定手段を選択して前記残存容量を推定する一方で、前記連続実行期間が第 1 の制限期間を超え、かつ、前記入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲内であるときに、前記第 2 の推定手段を選択して前記残存容量を推定する、請求項 8 記載の二次電池の充電状態推定装置。

40

【請求項 10】

前記選択手段は、前記連続実行期間が第 1 の制限期間よりも長い第 2 の制限期間を超えた場合には、前記入出力電流にかかわらず、前記第 2 の推定手段を選択して前記残存容量を推定する、請求項 9 記載の二次電池の充電状態推定装置。

【請求項 11】

前記選択手段は、前記連続実行期間が第 1 の制限期間を超え、かつ、前記入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲外であるときに、前記第 1 の推定手段を選択して前記残存容量を推定する、請求項 9 記載の二次電池の充電状態推定装置。

50

## 【請求項 1 2】

前記二次電池は、リチウムイオン電池である、請求項 1 ~ 1 1 のいずれか 1 項に記載の二次電池の充電状態推定装置。

## 【請求項 1 3】

入出力電流、出力電圧および電池温度を検出可能な検出器が設けられた二次電池の充電状態推定方法であって、

前記入出力電流が前記電池温度に応じて設定される制限電流以下である状態が、前記電池温度に応じて設定される電圧安定期間以上継続している安定状態であるか否かを判定する安定状態判定ステップと、

前記安定状態と判定されたときに、前記出力電圧を前記二次電池の開放電圧とみなして、前記二次電池の開放電圧と残存容量との間の特性に基づいて前記二次電池の残存容量を推定する第 1 の充電状態推定ステップと、

前記安定状態と判定されないときに、前記第 1 の充電状態推定ステップとは異なる手法に基づいて、前記二次電池の残存容量を推定する第 2 の充電状態推定ステップとを備える、二次電池の充電状態推定方法。

10

## 【請求項 1 4】

前記第 2 の充電状態推定ステップは、前記入出力電流の積算値に基づいて前記残存容量の変化量を逐次算出する手法、または、前記入出力電流、前記出力電圧および前記電池温度を入力変数とする電池モデルに基づく手法によって、前記二次電池の残存容量を推定する、請求項 1 3 記載の二次電池の充電状態推定方法。

20

## 【請求項 1 5】

前記第 2 の充電状態推定ステップは、

前記入出力電流の積算値に基づいて前記残存容量の変化量を算出することによって前記二次電池の残存容量を推定する第 1 の推定ステップと、

前記入出力電流、前記出力電圧および前記電池温度を入力変数とする電池モデルに基づいて、前記二次電池の残存容量を推定する第 2 の推定ステップと、

前記第 1 の推定ステップによる残存容量推定の連続実行期間を計時する計時ステップとを含み、

前記第 2 の充電状態推定ステップは、前記連続実行期間が第 1 の制限期間以下であるときに、前記第 1 の推定ステップを選択して前記残存容量を推定する一方で、前記連続実行期間が第 1 の制限期間を超え、かつ、前記入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲内であるときに、前記第 2 の推定ステップを選択して前記残存容量を推定する、請求項 1 3 記載の二次電池の充電状態推定方法。

30

## 【請求項 1 6】

前記安定状態判定ステップでの前記制限電流は、前記電池温度の上昇に従って、相対的に大きく設定される、請求項 1 3 から 1 5 のいずれか 1 項に記載の二次電池の充電状態推定方法。

## 【請求項 1 7】

前記安定状態判定ステップでの前記電圧安定期間は、前記電池温度の上昇に従って、相対的に短く設定される、請求項 1 3 から 1 5 のいずれか 1 項に記載の二次電池の充電状態推定方法。

40

## 【請求項 1 8】

前記入出力電流の積算値に基づいて前記残存容量の変化量を算出することによって前記二次電池の残存容量を推定する第 1 の推定ステップと、

前記入出力電流、前記出力電圧および前記電池温度を入力変数とする電池モデル式に基づいて、前記二次電池の残存容量を推定する第 2 の推定ステップと、

前記第 1 の推定ステップによる残存容量推定の連続実行期間を計時する計時ステップと、

前記入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲内であるか否かの判定と、前記計時ステップにより求められた前記連続実行期間とに基づいて、前記第 1 および第 2 の推定ステ

50

ップの一方を選択して前記残存容量を推定する選択ステップとをさらに備える、請求項 13 に記載の二次電池の充電状態推定方法。

【請求項 19】

前記選択ステップは、前記連続実行期間が第 1 の制限期間以下であるときに、前記第 1 の推定ステップを選択して前記残存容量を推定する一方で、前記連続実行期間が第 1 の制限期間を超え、かつ、前記入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲内であるときに、前記第 2 の推定ステップを選択して前記残存容量を推定する、請求項 18 記載の二次電池の充電状態推定方法。

【請求項 20】

前記二次電池は、リチウムイオン電池である、請求項 13 ~ 19 のいずれか 1 項に記載の二次電池の充電状態推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、二次電池の充電状態推定装置および充電状態推定方法に関し、より特定的には、二次電池の残存容量（充電率）を示す SOC（State of Charge）を逐次演算する二次電池の充電状態推定装置および充電状態推定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

充放電可能な二次電池によって負荷機器へ電源を供給し、かつ必要に応じて当該負荷機器の運転中にも当該二次電池を充電可能な構成とした電源システムが用いられている。代表的には、二次電池によって駆動される電動機を車両駆動力源の 1 つとして備えたハイブリッド自動車や電気自動車等がこのような電源システムを搭載している。

【0003】

ハイブリッド自動車の電源システムでは、二次電池の蓄積電力が車両駆動力用電動機の駆動電力として用いられる他、この電動機が回生発電したときの発電電力やエンジンの回転に伴って発電する発電機の発電電力によってこの二次電池が充電される。このような電源システムでは、二次電池の充電状態（代表的には、充電率を示す SOC）を把握して、電池の劣化を招くような過酷な使用状況とならないように配慮する必要がある。すなわち、残存容量の推定値に基づき、二次電池から出力を得る車両駆動用電動機の出力制限や、二次電池の充電要求、充放電禁止指令等を生成する必要があるため、残存容量の推定は高精度に行なわれる必要がある。

【0004】

しかしながら、ハイブリッド自動車への搭載時に代表される、二次電池の使用条件や出力条件が広範にわたり、かつ、比較的高電力密度の充放電が繰り返し実行される使用状況では、残存容量推定が一般に困難となるためその推定精度向上が課題となる。

【0005】

したがって、最も基本的な手法である入出力電流積算に基づいて残存容量の変化量を逐次演算する方式の他に、高精度に残存容量を推定するための手法が種々提案されている。

【0006】

たとえば、特開 2000 - 306613 号公報（特許文献 1）には、バッテリー使用中に測定したバッテリー電流（充放電電流）およびバッテリー電圧（端子間電圧）の関係から二次電池の内部抵抗を演算し、バッテリー電流・電圧および演算した内部抵抗を用いて開放電圧（OCV）を演算し、この開放電圧からバッテリー容量（SOC）を推定するバッテリー状態監視装置が開示されている。さらに、このバッテリー状態監視装置は、バッテリー電流が所定範囲外に逸脱した場合には、逸脱直前のバッテリー容量（SOC）に対して、以降のバッテリー電流積算値を加算することによってバッテリー容量（SOC）を推定する。すなわち、特開 2000 - 306613 号公報（特許文献 1）では、バッテリー電流範囲に従って、推定方式を切換えることによって、推定精度向上を図っている。

【0007】

10

20

30

40

50

同様に、特開2000-150003号公報(特許文献2)には、バッテリー電流積算に基づくSOC算出手法およびその他のSOC算出手法を備えた充電量演算装置が開示されている。この充電量演算装置では、バッテリー電流範囲ならびにバッテリー電流積算に基づくSOC算出値と他の手法に基づくSOC算出値との誤差に基づいて、使用するSOC算出手法が決定される。

【特許文献1】特開2000-306613号公報

【特許文献2】特開2000-150003号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特開2000-306613号公報(特許文献1)に開示されたバッテリー状態監視装置では、充放電に従って逐次変化する内部抵抗を、充放電中に測定したバッテリー電圧およびバッテリー電流の複数組の傾きによって算出している。

【0009】

しかしながら、充放電中の二次電池のバッテリー電圧(端子間電圧)の変化は、バッテリー電流の変化に対して遅れを有することが知られている。すなわち、一定のバッテリー電流が流れ始めたとき、あるいは、バッテリー電流が停止されたときに、緩和時間と呼ばれる一定時間が経過するまでの間はバッテリー電圧が安定状態になく変動しているため、当該緩和時間が経過する前にバッテリー電圧を測定すると、二次電池の正確な出力電圧を測定することができない。

【0010】

また、バッテリー電流およびバッテリー電圧の間に内部抵抗に従った直線性が表れる領域についても、二次電池の温度領域によって変化する。たとえば、リチウムイオン二次電池は、低温領域では、電極表面でのイオン交換電流密度減少により、バッテリー電流およびバッテリー電圧の間に直線性が表れ難くなる。

【0011】

これに対して、特開2000-306613号公報(特許文献1)は、内部抵抗演算に基づく推定方式およびバッテリー電流積算に基づく推定方式をバッテリー電流範囲に従って切換えることを開示するものの、二次電池の温度条件およびバッテリー電流の継続時間に着目したSOC推定は行なわれていない。したがって、内部抵抗の推定誤差によって二次電池の開放電圧、ひいては残存容量(SOC)推定に誤差が発生する可能性がある。

【0012】

さらに、特開2000-150003号公報(特許文献2)に開示されたハイブリッド車の充電量演算装置では、複数のSOC算出手法間の切換を、バッテリー電流範囲ならびにバッテリー電流積算に基づくSOC算出値と他の手法に基づくSOC算出値との誤差に基づいて判定している。このため、内部抵抗が高い電池低温時に大電流が流れ終わった直後では、バッテリー電流積算に基づくSOC算出手法から他のSOC算出手法に切換えられるが、その際に、特許文献1で説明したのと同様の理由により内部抵抗の推定誤差によってSOC推定に大きな誤差を生じる可能性が否定できない。また、特開2000-150003号公報(特許文献2)についても、SOC推定における二次電池の温度条件およびバッテリー電流の継続時間の考慮は十分になされていないため、残存容量(SOC)推定に誤差が発生する可能性がある。

【0013】

この発明は、このような問題点を解決するためになされたものであって、この発明の目的は、二次電池の使用状態に合わせて適切なSOC推定方式を適用して、その推定精度を向上させることである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

この発明による二次電池の充電状態推定装置は、入出力電流、出力電圧および電池温度を検出可能な検出器が設けられた二次電池の充電状態推定装置であって、特性記憶手段と

10

20

30

40

50

、安定状態判定手段と、第1および第2の充電状態推定手段とを備える。特性記憶手段は、二次電池の開放電圧と残存容量との間の特性を記憶する。安定状態判定手段は、入出力電流が電池温度に応じて設定される制限電流以下である状態が、電池温度に応じて設定される電圧安定時間以上継続している安定状態であるか否かを判定する。第1の充電状態推定手段は、安定状態と判定されたときに、出力電圧を開放電圧とみなして、特性記憶手段に記憶された特性に基づいて二次電池の残存容量を推定する。第2の充電状態推定手段は、安定状態と判定されないときに、第1の充電状態推定手段とは異なる手法に基づいて、二次電池の残存容量を推定する。

【0015】

この発明による二次電池の充電状態推定方法は、入出力電流、出力電圧および電池温度を検出可能な検出器が設けられた二次電池の充電状態推定方法であって、安定状態判定ステップと、第1の充電状態推定ステップと、第2の充電状態推定ステップとを備える。安定状態判定ステップは、入出力電流が電池温度に応じて設定される制限電流以下である状態が、電池温度に応じて設定される電圧安定期間以上継続している安定状態であるか否かを判定する。第1の充電状態推定ステップは、安定状態と判定されたときに、出力電圧を二次電池の開放電圧とみなして、二次電池の開放電圧と残存容量との間の特性に基づいて二次電池の残存容量を推定する。第2の充電状態推定ステップは、安定状態と判定されないときに、第1の充電状態推定ステップとは異なる手法に基づいて、二次電池の残存容量を推定する。

【0016】

上記二次電池の充電状態推定装置または充電状態推定方法によれば、二次電池の出力電圧が安定しており、かつ内部抵抗における電圧変化が小さい状態（安定状態時）には、出力電圧を開放電圧とみなして、開放電圧 - 残存容量（SOC）特性を参照して二次電池のSOCを推定する。ここで、緩和時間（電圧安定時間）および内部抵抗が電池温度に応じて変化する点を考慮して上記安定状態を判定するので、特に開放電圧および残存容量の間に強い相関関係がある二次電池について、安定状態時には簡易かつ確実な方式によってSOCを一定誤差内で高精度に推定することができる。

【0017】

好ましくは、この発明による二次電池の充電状態推定装置では、第2の充電状態推定手段は、入出力電流の積算値に基づいて残存容量の変化量を逐次算出する手法、または、入出力電流、出力電圧および電池温度を入力変数とする電池モデルに基づく手法によって、二次電池の残存容量を推定する。

【0018】

好ましくは、この発明による二次電池の充電状態推定方法では、第2の充電状態推定ステップは、入出力電流の積算値に基づいて残存容量の変化量を逐次算出する手法、または、入出力電流、出力電圧および電池温度を入力変数とする電池モデルに基づく手法によって、二次電池の残存容量を推定する。

【0019】

上記二次電池の充電状態推定装置または充電状態推定方法によれば、上記安定状態以外のおよびときには、電池モデル式に基づく手法または電流積算に基づく手法により、二次電池のSOCを高精度に推定することができる。

【0020】

また好ましくは、この発明による二次電池の充電状態推定装置では、第2の充電状態推定手段は、入出力電流の積算値に基づいて残存容量の変化量を算出することによって二次電池の残存容量を推定する第1の推定手段と、入出力電流、出力電圧および電池温度を入力変数とする電池モデルに基づいて、二次電池の残存容量を推定する第2の推定手段と、第1の推定手段による残存容量推定の連続実行期間を計時する計時手段とを含む。さらに、第2の充電状態推定手段は、連続実行期間が第1の制限期間以下であるときに、第1の推定手段を選択して残存容量を推定する一方で、連続実行期間が第1の制限期間を超え、かつ、入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲内であるときに、第2の推定手段を選

10

20

30

40

50

択して残存容量を推定する。

【0021】

また好ましくは、この発明による二次電池の充電状態推定方法では、第2の充電状態推定ステップは、入出力電流の積算値に基づいて残存容量の変化量を算出することによって二次電池の残存容量を推定する第1の推定ステップと、入出力電流、出力電圧および電池温度を入力変数とする電池モデルに基づいて、二次電池の残存容量を推定する第2の推定ステップと、第1の推定ステップによる残存容量推定の連続実行期間を計時する計時ステップとを含む。さらに、第2の充電状態推定ステップは、連続実行期間が第1の制限期間以下であるときに、第1の推定ステップを選択して残存容量を推定する一方で、連続実行期間が第1の制限期間を超え、かつ、入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲内であるときに、第2の推定ステップを選択して残存容量を推定する。

10

【0022】

上記二次電池の充電状態推定装置または充電状態推定方法によれば、電流積算に基づくSOC推定が制限期間（第1の制限期間）以上連続して実行される場合には、入出力電流が電池モデル使用可能範囲であることを条件に、電池モデルに基づく残存容量推定を実行することができる。これにより、電流センサの検出誤差（オフセット）に起因して、電流積算に基づくSOC推定を長期間連続することによるSOC推定誤差の拡大を防止できる。さらに、入出力電流が電池モデル使用可能範囲外のときには、電池モデルに基づくSOC推定を無理に選択しないので、不適切なSOC推定方式の選択による推定誤差の増大を防止できる。

20

【0023】

さらに好ましくは、この発明による二次電池の充電状態推定装置では、第2の充電状態推定手段は、連続実行期間が第1の制限期間よりも長い第2の制限期間を超えた場合には、入出力電流にかかわらず、第2の推定手段を選択して残存容量を推定する。

【0024】

上記二次電池の充電状態推定装置によれば、電流積算に基づくSOC推定が限界（第2の制限期間）を超えて継続された場合には、電池モデルに基づくSOC推定を一旦実行することができる。したがって、電流センサの検出誤差（オフセット）に起因するSOC推定誤差が許容値を超えないようにSOC推定を実行できる。

【0025】

あるいは、さらに好ましくは、この発明による二次電池の充電状態推定装置では、第2の充電状態推定手段は、連続実行期間が第1の制限期間を超え、かつ、入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲外であるときに、第1の推定手段を選択して残存容量を推定する。

30

【0026】

上記二次電池の充電状態推定装置によれば、電流積算に基づくSOC推定が制限期間（第1の制限期間）を超えて継続した場合には、入出力電流が電池モデルの使用可能範囲内であるときに限定して電池モデル式に基づくSOC推定を実行する。したがって、電池モデルに基づくSOC推定を無理に実行して、SOC推定誤差が大きくなることを防止できる。

40

【0027】

好ましくは、この発明による二次電池の充電状態推定装置では、安定状態判定手段での制限電流は、電池温度の上昇に従って、相対的に大きく設定される。

【0028】

好ましくは、この発明による二次電池の充電状態推定方法では、安定状態判定ステップでの制限電流は、電池温度の上昇に従って、相対的に大きく設定される。

【0029】

上記二次電池の充電状態推定装置または充電状態推定方法によれば、電池温度の上昇に従って二次電池の内部抵抗が低下し、反対に電池温度の低下に従って内部抵抗が上昇することを反映することにより、安定状態時における内部抵抗での電圧変化が所定電圧以下に

50

収まるように制限電流を設定できる。したがって、二次電池の出力電圧を開放電圧と見なすSOC推定による推定誤差を所定範囲内に抑えることが可能となる。

【0030】

また好ましくは、この発明による二次電池の充電状態推定装置では、安定状態判定手段での電圧安定時間は、電池温度の上昇に従って、相対的に短く設定される。

【0031】

また好ましくは、この発明による二次電池の充電状態推定方法では、安定状態判定ステップでの電圧安定期間は、電池温度の上昇に従って、相対的に短く設定される。

【0032】

上記二次電池の充電状態推定装置または充電状態推定方法によれば、二次電池の出力電圧が安定するまでの緩和時間が電池温度の上昇に従って短くなり、反対に電池温度の下降に従って長くなる点を反映して、出力電圧が安定した状態で端子間電圧を開放電圧と見なすSOC推定を実行することが可能となる。

【0033】

この発明の他の構成による二次電池の充電状態推定装置は、入出力電流、出力電圧および電池温度を検出可能な検出器が設けられた二次電池の充電状態推定装置であって、第1の推定手段と、第2の推定手段と、計時手段と、選択手段とを備える。第1の推定手段は、入出力電流の積算値に基づいて残存容量の変化量を算出することによって二次電池の残存容量を推定する。第2の推定手段は、入出力電流、出力電圧および電池温度を入力変数とする電池モデルに基づいて、二次電池の残存容量を推定する。計時手段は、第1の推定手段による充電状態推定の連続実行期間を計時する。選択手段は、入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲内であるか否かの判定と、計時手段により求められた連続実行期間とに基づいて、第1および第2の推定手段の一方を選択して残存容量を推定する。

【0034】

この発明の他の局面による二次電池の充電状態推定方法は、入出力電流、出力電圧および電池温度を検出可能な検出器が設けられた二次電池の充電状態推定方法であって、第1の推定ステップと、第2の推定ステップと、計時ステップと、選択ステップとを備える。第1の推定ステップは、入出力電流の積算値に基づいて残存容量の変化量を算出することによって二次電池の残存容量を推定する。第2の推定ステップは、入出力電流、出力電圧および電池温度を入力変数とする電池モデル式に基づいて、二次電池の残存容量を推定する。計時ステップは、第1の推定ステップによる残存容量推定の連続実行期間を計時する。選択ステップは、入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲内であるか否かの判定と、計時ステップにより求められた連続実行期間とに基づいて、第1および第2の推定ステップの一方を選択して残存容量を推定する。

【0035】

上記二次電池の充電状態推定装置または充電状態推定方法によれば、電流積算に基づくSOC推定と電池モデルに基づくSOC推定とを、電流積算に基づくSOC推定の連続実行期間および、入出力電流が電池モデルによる推定精度を確保できる電池モデル使用可能範囲内であるか否かに基づいて選択的に使用してSOCを推定できる。したがって、上記2つのSOC推定方式を切替えてSOC推定を行なう構成において、不適切なSOC推定方式の選択による推定誤差の増大を防止して、SOC推定精度を向上することができる。

【0036】

好ましくは、この発明の他の構成による二次電池の充電状態推定装置では、選択手段は、連続実行期間が第1の制限期間以下であるときに、第1の推定手段を選択して残存容量を推定する一方で、連続実行期間が第1の制限期間を超え、かつ、入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲内であるときに、第2の推定手段を選択して残存容量を推定する。

【0037】

好ましくは、この発明の他の局面による二次電池の充電状態推定方法では、選択ステップは、連続実行期間が第1の制限期間以下であるときに、第1の推定ステップを選択して残存容量を推定する一方で、連続実行期間が第1の制限期間を超え、かつ、入出力電流が

10

20

30

40

50

所定の電池モデル使用可能範囲内であるときに、第2の推定ステップを選択して残存容量を推定する。

【0038】

上記二次電池の充電状態推定装置または充電状態推定方法によれば、電流積算に基づくSOC推定が制限期間（第1の制限期間）を超えて連続して実行される場合には、入出力電流が電池モデル使用可能範囲であることを条件に、電池モデルに基づく残存容量推定を実行することができる。これにより、電流センサ計の検出誤差（オフセット）に起因して、電流積算に基づくSOC推定を長期間連続することによるSOC推定誤差の拡大を防止できる。さらに、入出力電流が電池モデル使用可能範囲外有的时候には、電池モデルに基づくSOC推定を無理に選択しないので、不適切なSOC推定方式の選択による推定誤差の増大を防止できる。

10

【0039】

さらに好ましくは、この発明の他の構成による二次電池の充電状態推定装置では、選択手段は、連続実行期間が第1の制限期間よりも長い第2の制限期間を超えた場合には、入出力電流にかかわらず、第2の推定手段を選択して残存容量を推定する。

【0040】

上記二次電池の充電状態推定装置によれば、電流積算に基づくSOC推定が限界（第2の制限期間）を超えて継続された場合には、電池モデルに基づくSOC推定を一旦実行することができる。したがって、電流センサの検出誤差（オフセット）に起因するSOC推定誤差が許容値を超えないようにSOC推定を実行できる。

20

【0041】

あるいはさらに好ましくは、この発明の他の構成による二次電池の充電状態推定装置では、選択手段は、連続実行期間が第1の制限期間を超え、かつ、入出力電流が所定の電池モデル使用可能範囲外であるときに、第1の推定手段を選択して残存容量を推定する。

【0042】

上記二次電池の充電状態推定装置によれば、電流積算に基づくSOC推定が制限期間（第1の制限期間）を超えて継続した場合には、入出力電流が電池モデルの使用可能範囲内であるときに限定して電池モデル式に基づくSOC推定を実行する。したがって、電池モデルに基づくSOC推定を無理に実行して、SOC推定誤差が大きくなることを防止できる。

30

【0043】

好ましくは、本発明の適用において、二次電池は、リチウムイオン電池である。

上記二次電池の充電状態推定装置によれば、開放電圧と残存容量との間の相関関係が強いリチウムイオン電池の残存容量（SOC）を高精度に推定することができる。

【発明の効果】

【0044】

この発明による二次電池の充電状態推定装置または充電状態推定方法によれば、二次電池の使用状態に合わせて適切なSOC推定方式を適用して推定精度を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0045】

以下において、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、以下では図中の同一または相当部分には同一符号を付してその説明は原則的に繰返さないものとする。

【0046】

図1は、本発明の実施の形態に従う二次電池の充電状態推定装置または充電状態推定方法によってその残存容量（SOC）が推定される二次電池を含む電源システムの構成を説明する概略ブロック図である。

【0047】

図1を参照して、電源システム5は、二次電池10と、負荷20とを備える。

50

充放電可能な二次電池 10 としては、代表的にはリチウムイオン電池が用いられるが、二次電池の種類や形式については特に限定されるものではない。なお、リチウムイオン電池は、開放電圧 (OCV) と残存容量 (SOC) との間に強い相関関係を有するため、本発明の適用に適している。

【0048】

二次電池 10 には、バッテリー温度  $T_b$  を測定する温度センサ 30 と、二次電池 10 の出力充放電) 電流  $I_b$  (以下、バッテリー電流  $I_b$  とも称する) を測定する電流センサ 32 と、正極および負極間の端子間電圧  $V_b$  (以下、バッテリー電圧  $V_b$  とも称する) を測定する電圧センサ 34 とが設けられている。

【0049】

負荷 20 は、二次電池 10 からの出力電力によって駆動される。また、図示しない発電・給電要素が、負荷 20 に含まれるように設けられ、あるいは、負荷 20 とは別個に設けられるものとし、二次電池 10 は、当該発電・給電要素からの充電電流によって充電可能であるものとする。したがって、二次電池 10 の放電時にはバッテリー電流  $I_b < 0$  であり、二次電池 10 の充電時にはバッテリー電流  $I_b > 0$  である。

【0050】

電子制御ユニット (ECU: Electronic Control Unit) 50 は、「充電状態推定装置」に相当する SOC 推定部 60 と、制御部 70 とを含む。制御部 70 は、SOC 推定部 60 によって推定された SOC (%) に基づき、二次電池 10 の充放電制限・禁止や充電要求を発生する。なお、ECU 50 は、代表的には、予めプログラムされた所定シーケンスおよび所定演算を実行するためのマイクロコンピュータおよびメモリ (RAM, ROM 等) を含んで構成される。ECU 50 へは、二次電池 10 に設けられたセンサ群 30, 32, 34 からの検出値が入力される。

【0051】

本発明の実施の形態では、SOC 推定部 60 は、図 2 に示す機能ブロック図に従って、複数の SOC 推定手法を二次電池 10 の状態に応じて選択的に切換えて SOC を推定する。

【0052】

図 2 を参照して、SOC 推定部 60 は、SOC 推定ブロック 100, 110, 120 と、SOC 推定ブロック 100 ~ 120 間の選択を切換える選択切換部 130 とを含む。SOC 推定ブロック 100 ~ 120 は、入力された二次電池 10 の状態量に応じてそれぞれ異なる手法で SOC を推定する。選択切換部 130 によって指定された SOC 推定ブロック 100 ~ 120 のうちの 1 つの出力が、SOC 推定部 60 による推定残存容量 (SOC) として出力される。

【0053】

以下、各 SOC 推定ブロック 100 ~ 120 による SOC 推定手法について順に説明していく。

【0054】

SOC 推定ブロック 100 は、予め測定された、二次電池 10 の開放電圧 OCV と SOC (%) との間の特性関係を格納したマップ 102 を有し、二次電池 10 の端子間電圧であるバッテリー電圧  $V_b$  を開放電圧 OCV とみなしてマップ 102 を参照することにより、二次電池 10 の SOC を推定する。

【0055】

SOC 推定ブロック 100 は、バッテリー電流  $I_b$  が、図 3 に示す安定電流範囲 105 内であり、かつ、図 4 に示す電圧安定時間  $T_{st}$  以上継続している状態 (以下、安定状態ともいう) であるときに、選択切換部 130 によって選択される。

【0056】

図 3 を参照して、安定電流範囲 105 は、バッテリー温度  $T_b$  に応じて設定される制限電流  $|I_{jd}|$  に対して、バッテリー電流  $|I_b| < |I_{jd}|$  の範囲で定義される。制限電流  $|I_{jd}|$  は、バッテリー温度  $T_b$  が相対的に上昇するに従って大きく設定され、バッテ

10

20

30

40

50

り温度  $T_b$  が相対的に低下するに従って小さく設定される。

【 0 0 5 7 】

これは、図 5 に示されるように、二次電池 1 0 の内部抵抗  $r_b$  が温度依存性を有し、高温領域で低抵抗であるのに対し低温領域で高抵抗であることを反映している。すなわち、図 3 に示すように、内部抵抗  $r_b$  の温度依存性に対応させて、バッテリー温度  $T_b$  が高くなるに従って制限電流  $|I_{jd}|$  を相対的に大きく設定し、バッテリー温度  $T_b$  が相対的に低くなるに従って制限電流  $|I_{jd}|$  を相対的に小さく設定することにより、内部抵抗  $r_b$  と電流制限値  $|I_{jd}|$  との積をほぼ一定値（一定電圧）とすることができる。たとえば、この一定電圧は、許容される SOC 推定誤差をマップ 1 0 2 上で開放電圧  $OCV$  に換算した電圧に対応させて設定される。

10

【 0 0 5 8 】

これにより、安定電流範囲 1 0 5 内であれば、内部抵抗での電圧変化  $r_b \cdot |I_b|$  が一定量以下とみなすことが可能となる。したがって、安定電流範囲 1 0 5 内であれば、バッテリー電圧  $V_b$  を開放電圧  $OCV$  とみなして、マップ 1 0 2 に基づく SOC 推定を実行しても、SOC 推定誤差を制限電流  $|I_{jd}|$  の設定によって把握可能な一定範囲内（許容誤差範囲内）に収めることができる。

【 0 0 5 9 】

また、図 6 に示されるように、バッテリー電流  $I_b$  の変化に伴うバッテリー電圧  $V_b$  の変化は、一定の遅れをもっており、緩和時間と呼ばれる一定時間の経過後にバッテリー電圧  $V_b$  が安定する。この緩和時間は、温度依存性を有することが知られている。具体的には、図 6 に示すように、バッテリー温度  $T_b$  が相対的に高温領域（ $T_1$   $T_2$   $T_3$ ）となるに従って緩和時間は短くなり、相対的に低温領域（ $T_3$   $T_2$   $T_1$ ）なるに従って緩和時間は長くなる。

20

【 0 0 6 0 】

上記のような緩和時間の温度依存性に従い、図 4 に示すように、電圧安定時間  $T_{st}$  は、バッテリー温度  $T_b$  が高くなるに従って相対的に短く設定され、バッテリー温度  $T_b$  が相対的に低くなるに従って相対的に長く設定される。これにより、バッテリー電流  $I_b$  が電圧安定時間  $T_{st}$  以上継続した場合には、その時点におけるバッテリー電圧  $V_b$  は、整定した安定状態値とみなすことができる。

【 0 0 6 1 】

したがって、上記のように、バッテリー電流  $I_b$  が、安定電流範囲 1 0 5（図 3）以内であり、かつ、電圧安定時間  $T_{st}$ （図 4）以上継続している安定状態では、バッテリー電圧  $V_b$  を開放電圧  $OCV$  とみなして SOC を推定する簡易な推定方式（SOC 推定ブロック 1 0 0）によっても、SOC 推定誤差を許容誤差内に維持することが可能となる。

30

【 0 0 6 2 】

再び図 2 を参照して、SOC 推定ブロック 1 1 0 は、電流センサ 3 2 によって検出されたバッテリー電流  $I_b$  の積算値  $I_b$  を SOC の変化量  $SOC$  として、前回の SOC 算出値と SOC 変化量  $SOC$  とを加算することにより、二次電池 1 0 の SOC を逐次推定する。

【 0 0 6 3 】

ただし、電流積算に基づく SOC 推定では、短期間内の SOC 変化量を精度よく推定できるものの、電流センサ 3 2 の測定誤差（特にオフセット）の影響により、長時間連続して SOC 推定を行なった場合には、SOC 推定時にバイアス状誤差が発生する可能性がある。したがって、電流積算に基づく SOC 推定については、長時間連続して推定を継続することがないように配慮する必要がある。

40

【 0 0 6 4 】

SOC 推定ブロック 1 2 0 は、以下に説明するように、センサによって検出された二次電池 1 0 の状態量を入力変数とする、予め作製された電池モデルに基づくオンライン推定によって二次電池 1 0 の SOC を推定する。なお、以下に説明する電池モデル式は一例に過ぎず、SOC 推定ブロック 1 2 0 で用いられる電池モデルについては、二次電池 1 0 の

50

状態量 (  $T_b$  ,  $V_b$  ,  $I_b$  等 ) を入力変数として、開放電圧および / または SOC を算出可能に構成された電池モデルであれば、任意のモデルを適用することが可能である。

【 0065 】

本実施の形態では、図 7 に示すように、SOC 推定ブロック 120 は、二次電池 10 の状態量 (  $T_b$  ,  $V_b$  ,  $I_b$  ) を入力変数として二次電池 10 の内部抵抗での電圧変化  $V$  を推定することによって、その時点での開放電圧 (  $OCV = V_b - V$  ) を推定する。さらに、推定された開放電圧 ( 図 7 での  $V_a$  ,  $V_b$  ) を用いて、マップ 102 と同様の開放電圧 - SOC 特性に基づいて二次電池 10 の SOC を推定する。

【 0066 】

図 8 を参照して、SOC 推定ブロック 120 で用いられる等価回路モデル 150 は、開放電圧 OCV とバッテリー電圧  $V_b$  との電圧差  $V = V_b - OCV$  を求めるための RC 直並列回路モデルである。等価回路モデル 150 において、 $R_s$  は電解液抵抗を示し、 $C_1 \sim C_3$  は電気二重層容量を示し、 $R_1 \sim R_3$  は反応抵抗を示している。

10

【 0067 】

電解液抵抗の直流抵抗成分である抵抗  $R_s$  は温度依存性を有する。したがって、バッテリー温度  $T_b$  を引数として電解液抵抗  $R_s$  を求めるマップ ( 図示せず ) を予め作成して、電解液抵抗  $R_s$  を逐次求めることが好ましい。

【 0068 】

同様に、反応抵抗  $R_1 \sim R_3$  についても温度依存性および SOC 依存性を有するため、その時点における SOC 推定値およびバッテリー温度  $T_b$  を引数とする二次元マップ ( 図示せず ) を予め作成して、当該マップの参照により逐次反応抵抗  $R_1 \sim R_3$  を求めることが好ましい。同様に、電気二重層容量  $C_1 \sim C_3$  も温度依存性および SOC 依存性を有するため、その時点における SOC 推定値およびバッテリー温度  $T_b$  を引数とする二次元マップ ( 図示せず ) を予め作成して、当該マップの参照により逐次電気二重層容量  $C_1 \sim C_3$  を求めることが好ましい。

20

【 0069 】

なお、等価回路モデル 150 における電気二重層容量  $C_1 \sim C_3$  および反応抵抗  $R_1 \sim R_3$  については、一般的な二次電池の評価手法である交流インピーダンス応答を測定することによって、予め求めることができる。交流インピーダンス測定では、図 9 に示すように異なる周波数の交流信号を入力し、インピーダンスの実軸成分  $ReZ$  および虚軸成分  $ImZ$  とをプロットしていくことにより、得られたプロット波形より、交流回路定数としての、反応抵抗  $R_1 \sim R_3$  および電気二重層容量  $C_1 \sim C_3$  を得ることができる。

30

【 0070 】

図 8 に示した等価回路モデル 150 によって、下記 ( 1 ) 式に従って求めることができる。

【 0071 】

$$V = I_b \cdot R_s + V_1 + V_2 + V_3 \dots (1)$$

RC 並列回路における電圧変化  $V_1 \sim V_3$  については、以下の方法により近似的に求めることができる。

【 0072 】

RC 並列回路の電流  $I$  ( 等価回路モデル 150 ではバッテリー電流  $I_b$  に相当 ) および電圧  $V$  (  $V_1 \sim V_3$  を総称するもの ) の間には、抵抗値  $R$  (  $R_1 \sim R_3$  を総括的に表記するもの ) およびキャパシタ容量  $C$  (  $C_1 \sim C_3$  を総称的に表記するもの ) とすると、下記 ( 2 ) 式で示される。

40

【 0073 】

【数 1】

$$\frac{1}{C} \left( I - \frac{V}{R} \right) = \frac{dV}{dt} \quad \dots (2)$$

【0074】

式(2)に従う微分方程式をオンラインで解くと計算機負荷が高くなるため、以下に示すように近似式を導入する。

【0075】

微小時間における電圧Vの変動を  $\Delta V$  とし、時間変化を  $\Delta t$  とすると、 $dV/dt = \Delta V / \Delta t$  を(2)式に代入することにより下記(3)式が得られる。

【0076】

【数 2】

$$\frac{1}{C} \left( I - \frac{V}{R} \right) = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$\Delta V = \frac{1}{C} \left( I - \frac{V}{R} \right) \cdot \Delta t \quad \dots (3)$$

【0077】

すなわち(3)式に従えば、電圧変化  $\Delta V_1 \sim \Delta V_3$  のそれぞれについて、所定周期毎にバッテリー電流  $I_b$  をサンプリングすることにより、回路定数  $C_1 \sim C_3$ ,  $R_1 \sim R_3$  を用いた(3)式に基づいて、前回演算時から今回演算時までの電圧変化量を得ることができる。

【0078】

このため、上記(1)式中の  $\Delta V_1 \sim \Delta V_3$  は、下記(4)～(6)式に従って求めることができる。なお、(4)～(6)式中において  $\Delta t$  は演算周期を示す。

【0079】

【数 3】

$$\Delta V_1 = \Delta V_1(\text{前回値}) + \left\{ 1 - \frac{\Delta V_1(\text{前回値})}{R_1} \right\} \cdot \frac{\Delta t}{C_1} \quad \dots (4)$$

$$\Delta V_2 = \Delta V_2(\text{前回値}) + \left\{ 1 - \frac{\Delta V_2(\text{前回値})}{R_2} \right\} \cdot \frac{\Delta t}{C_2} \quad \dots (5)$$

$$\Delta V_3 = \Delta V_3(\text{前回値}) + \left\{ 1 - \frac{\Delta V_3(\text{前回値})}{R_3} \right\} \cdot \frac{\Delta t}{C_3} \quad \dots (6)$$

【0080】

このように、所定周期で等価回路モデル150に基づく演算を行なうことにより、(1)式に従ってバッテリー電圧  $V_b$  に対する内部抵抗での電圧変化  $\Delta V$  を推定できる。これにより、その時点での開放電圧 ( $OCV = V_b - \Delta V$ ) を推定して、開放電圧 - SOC特性に基づくSOC推定を行なうことができる。

【0081】

ただし、電池モデルに基づくSOC推定では、バッテリー電流  $I_b$  が過大である場合には

10

20

30

40

50

、推定誤差が大きくなる可能性がある。したがって、電池モデルに基づくSOC推定を行なう場合には、バッテリー電流 $I_b$ が一定範囲内であることを条件とすることが好ましい。

【0082】

次に、図10および図11を用いて、本発明の実施の形態によるSOC推定を詳細に説明する。図10および図11に示されるフローチャートは、SOC推定部60により所定プログラムに従って所定周期で実行されるものとする。

【0083】

図10を参照して、本実施の形態によるSOC推定ルーチンでは、SOC推定部60は、ステップS100により、バッテリー電流 $I_b$ が、図3に示した安定電流範囲105内で、図4に示した電圧安定時間 $T_{st}$ 以上継続して流れているかどうかを判定する。

10

【0084】

ステップS100のYES判定時には、SOC推定部60は、二次電池10を安定状態であると判定する。上述のように、安定状態では、バッテリー電圧 $V_b$ を開放電圧OCVとみなしてSOC推定を行なってもSOC推定誤差が許容誤差以内である。したがって、SOC推定部60は、二次電池10を安定状態のときには、ステップS110により、バッテリー電圧 $V_b$  = 開放電圧OCVとみなしてSOC推定を行なう。すなわち、選択切換部130により、SOC推定ブロック100が選択される。

【0085】

そして、SOC推定部60は、SOC推定ブロック100によるSOC推定実行時には、ステップS120により、SOC推定ブロック110による電流積算に基づくSOC推定の実行時に、電流積算に基づくSOC推定が連続して実行される期間を示す電流積算連続期間をカウントするためのタイマ値 $T_{cnt}$ をリセットする( $T_{cnt} = 0$ )。

20

【0086】

一方、ステップS100のNO判定時、すなわち、二次電池10が安定状態でないときには、SOC推定部60は、図11に示したフローチャートに従って、電流積算に基づくSOC推定(SOC推定ブロック110)または、電池モデルに基づくSOC推定(SOC推定ブロック120)のいずれかによってSOCを推定する。

【0087】

図11を参照して、SOC推定部60は、ステップS150により、電流積算によるSOC推定が制限時間 $T_{lim1}$ を超えて実行されていないかどうかを判定する。すなわち、ステップS150では、タイマ値 $T_{cnt} < T_{lim1}$ であるかどうかを判定される。

30

【0088】

電流積算連続時間が制限時間 $T_{lim1}$ 以内である場合には(ステップS150におけるYES判定)、SOC推定部60は、ステップS200により、SOC推定ブロック110による電流積算に基づくSOC演算を優先的に実行する(ステップS200)。さらに、SOC推定部60は、ステップS210により、電流積算によるSOC推定実行時にはタイマ値 $T_{cnt}$ を更新(増加)する。

【0089】

これに対して、ステップS150のNO判定時、すなわち電流積算によるSOC推定が制限時間 $T_{lim1}$ を超えて連続的に実行されている場合には、SOC推定部60は、ステップS160およびS170による判定に従って、電流積算に基づくSOC推定に代えて電池モデルに基づくSOC推定(SOC推定ブロック120)を実行するか、それとも電流積算によるSOC推定(SOC推定ブロック110)を継続するかを判定する。

40

【0090】

SOC推定部60は、ステップS160によりバッテリー電流 $I_b$ が図12に示す電池モデル使用可能範囲125に収まっているかどうかを判定する。

【0091】

図12を参照して、電池モデル使用可能範囲125は、内部抵抗の温度依存性を考慮して設定される。すなわち、内部抵抗が相対的に大きく電池モデルによる推定誤差が発生しやすい低温領域では、ごく低電流範囲に限定して電池モデルによるSOC推定を許可する

50

ように、電池モデル使用可能範囲 1 2 5 が設定される。これに対して、内部抵抗が相対的に小さく電池モデルによる推定誤差が小さくなると予測される高温領域では、定常使用範囲内のバッテリー電流であれば電池モデルに基づく SOC 推定が許可されるように、電池モデル使用可能範囲 1 2 5 が設定される。

【 0 0 9 2 】

再び図 1 1 を参照して、ステップ S 1 6 0 の YES 判定時、すなわち、バッテリー電流  $I_b$  が電池モデル使用可能範囲内である場合には、SOC 推定部 6 0 は、ステップ S 2 2 0 により、電池モデルに基づく SOC 推定 (SOC 推定ブロック 1 2 0) を実行する。SOC 推定部 6 0 は、電池モデルに基づく SOC 推定の実行時には、ステップ S 2 3 0 により、電流積算連続期間を示すタイマ値  $T_{cnt}$  をリセットする ( $T_{cnt} = 0$ )。 10

【 0 0 9 3 】

これに対して、ステップ S 1 6 0 の NO 判定時、すなわちバッテリー電流  $I_b$  が電池モデル使用可能範囲外 (図 1 2) である場合には、SOC 推定部 6 0 は、さらにステップ S 1 7 0 を実行して、電流積算連続時間が最終制限時間  $T_{lmt2}$  ( $T_{lmt2} > T_{lmt1}$ ) 以内であるかどうかを判定する。

【 0 0 9 4 】

なお、制限時間  $T_{lmt1}$  および最終制限時間  $T_{lmt2}$  は、事前に把握される電流センサ 3 2 の最大オフセット誤差と SOC 推定の許容誤差との関係から予め求めることができる。また、電流積算連続時間に代えて、電流積算中の充放電回数や充放電時間が制限値を超えないように、ステップ S 1 5 0, S 1 7 0 の判定を実行することも可能である。 20

【 0 0 9 5 】

そして、ステップ S 1 7 0 の NO 判定時、すなわち電流積算連続時間が制限時間  $T_{lmt1}$  以上であるものの、最終制限時間  $T_{lmt2}$  以内であるときには、SOC 推定部 6 0 は、電池モデルに基づく SOC 推定誤差の方が電流積算を継続することによる SOC 推定誤差よりも大きいと判断して、ステップ S 2 0 0 により電流積算に基づく SOC 推定を継続的に実行する。このときには、SOC 推定部 6 0 は、ステップ S 2 1 0 によりタイマ値  $T_{cnt}$  を更新 (増加) する。

【 0 0 9 6 】

一方、ステップ S 1 7 0 の YES 判定時、すなわちバッテリー電流が電池モデル使用可能範囲外であっても、電流積算連続時間が最終制限時間  $T_{lmt2}$  を超えた場合には、SOC 推定部 6 0 は、ステップ S 2 2 0 により電池モデルに基づく SOC 推定 (SOC 推定ブロック 1 2 0) を実行する。これにより、電流積算による SOC 推定の継続による誤差の拡大を考慮して、その時点で一旦電池モデルに基づく SOC 推定が実行される。このとき、SOC 推定部 6 0 は、ステップ S 2 3 0 により、電流積算連続期間を示すタイマ値  $T_{cnt}$  をリセットする ( $T_{cnt} = 0$ )。 30

【 0 0 9 7 】

このような制御構造とすることにより、内部抵抗における電圧変化が SOC の許容推定誤差に対応する所定電圧以下である場合 (すなわち安定状態時) には、電池モデル等を用いることなく、より簡易かつ確実な方式に従って二次電池 1 0 の SOC を許容誤差内で推定することができる。 40

【 0 0 9 8 】

さらに、電流センサのオフセット誤差を考慮した電流積算連続時間の制限、およびバッテリー温度に応じたバッテリー電流制限に従う電池モデルの使用制限により、電池モデルに基づく SOC 推定および電流積算に基づく SOC 推定について、それぞれの誤差要因が拡大しないように両者の使用を選択することができる。

【 0 0 9 9 】

また、たとえば、開放電圧と SOC との間の相関関係があまり強くない二次電池等では、図 1 0 のフローチャートの処理を省略して、図 1 1 のフローチャートに従った、電池モデルに基づく SOC 推定および電流積算に基づく SOC 推定の選択によって SOC 推定を実行することも可能である。 50

## 【0100】

なお、本発明は、たとえばハイブリッド自動車または電気自動車に搭載された二次電池の充電状態推定に適用可能である。ただし、電気自動車に搭載された二次電池では、一般に、満充電（SOC 100%）後には、SOCを一定目標値に維持するような充放電制御は行なわれず、再充電の必要を検知するために放電の進行によるSOC低下を的確に推定することが要求される。これに対して、ハイブリッド自動車に搭載された二次電池では、回生制動時の回生電力を充電するための一定余裕を維持するように、SOCを一定目標値（たとえばSOC = 60%）に維持するような充放電制御が必要とされる。したがって、ハイブリッド自動車では二次電池の充放電が頻繁に繰り返されることとなり、電気自動車と比較してSOC推定誤差の発生が顕著となる。したがって、本発明による二次電池の充電状態推定装置および充電状態推定方法は、ハイブリッド自動車への適用により適していると言える。

10

## 【0101】

ここで本発明の実施の形態と本発明との関係について説明すると、図2に示したマップは本発明における「特性記憶手段」に対応し、図10のステップS100は本発明での「安定状態判定手段（安定状態判定ステップ）」に対応する。また、ステップS110は本発明での「第1の充電状態推定手段（第1の充電状態推定ステップ）」に対応し、図11のステップS200およびS220は、本発明での「第2の充電状態推定手段（第2の充電状態推定ステップ）」に対応する。特に、ステップS200が本発明での「第1の推定手段（第1の推定ステップ）」に対応する一方で、ステップS220は本発明における「第2の推定手段（第2の推定ステップ）」に対応する。さらに、図11におけるステップS120、S210およびS230は、本発明での「計時手段（計時ステップ）」に対応し、ステップS160およびS170は、本発明での「選択手段（選択ステップ）」に対応する。

20

## 【0102】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

## 【図面の簡単な説明】

30

## 【0103】

【図1】本発明の実施の形態に従う二次電池の充電状態推定装置または充電状態推定方法によって残容量（SOC）が推定される二次電池を含む電源システムの構成を説明する概略ブロック図である。

【図2】図1に示したSOC推定部の機能ブロック図である。

【図3】安定電流範囲の設定を説明する概念図である。

【図4】電圧安定時間の設定を説明する概念図である。

【図5】二次電池の内部抵抗の温度依存性を説明する概念図である。

【図6】二次電池での緩和時間の温度依存性を説明する概念図である。

【図7】電池モデルに基づくSOC推定手法の一例を説明する概念図である。

40

【図8】電池モデルの一例を示す回路図である。

【図9】図8に示した電池モデル中の回路定数算出手法の一例を説明する概念図である。

【図10】本発明の実施の形態によるSOC推定を説明する第1のフローチャートである。

【図11】本発明の実施の形態によるSOC推定を説明する第2のフローチャートである。

【図12】電池モデルに基づくSOC推定が可能な電流範囲の設定を説明する概念図である。

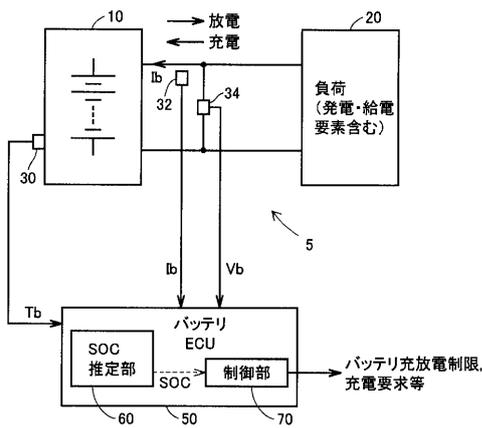
## 【符号の説明】

## 【0104】

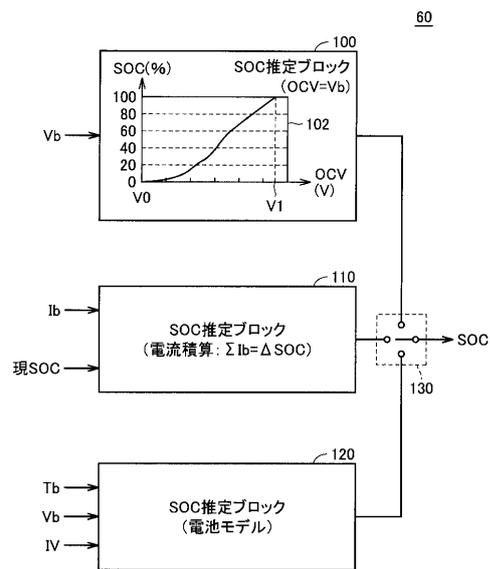
50

5 電源システム、10 二次電池、20 負荷、30 温度センサ、32 電流センサ、34 電圧センサ、60 SOC推定部、70 制御部、100, 110, 120 SOC推定ブロック、102 マップ、105 安定電流範囲、125 電池モデル使用可能範囲、130 選択切換部、150 等価回路モデル、 $I_b$  バッテリ電流、 $I_{jd}$ ,  $-I_{jd}$  制限電流、OCV 開放電圧、 $R_1 \sim R_3$  反応抵抗、 $r_b$  内部抵抗、 $R_s$  電解液抵抗、 $T_b$  バッテリ温度、 $T_{cnt}$  タイマ値(電流積算連続時間)、 $T_{lmt1}$  制限時間(電流積算連続時間)、 $T_{lmt2}$  最終制限時間(電流積算連続時間)、 $T_{st}$  電圧安定時間、 $V_b$  バッテリ電圧(端子間電圧)。

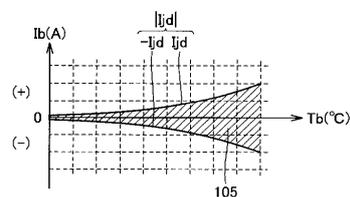
【図1】



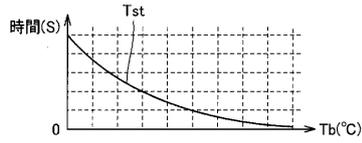
【図2】



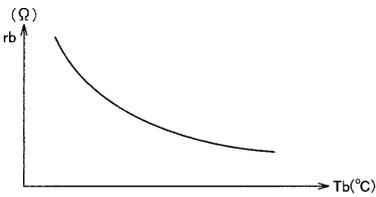
【図3】



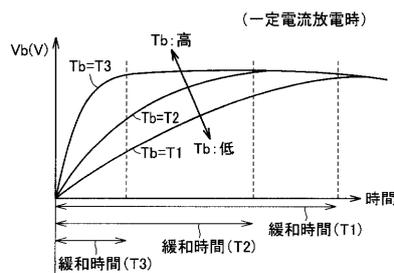
【図4】



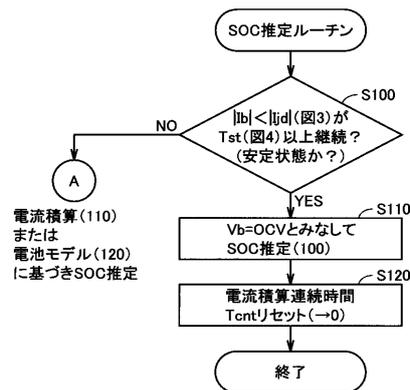
【図5】



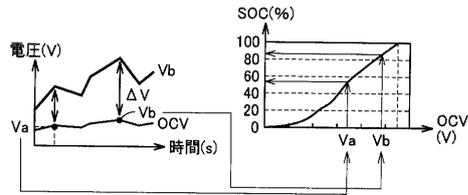
【図6】



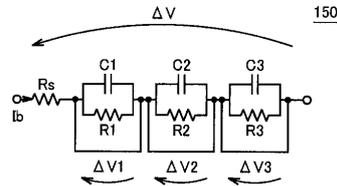
【図10】



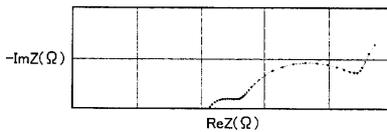
【図7】



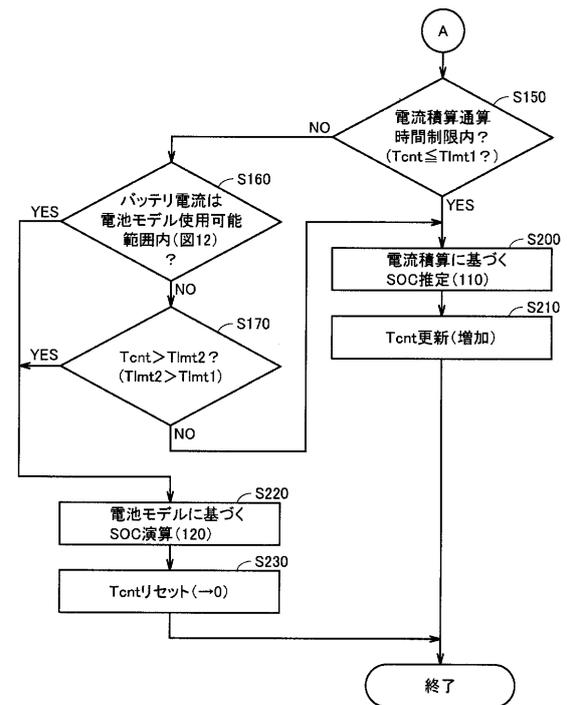
【図8】



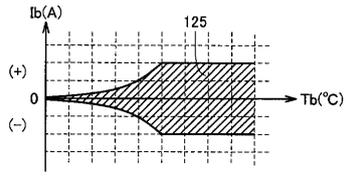
【図9】



【図11】



【 1 2 】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 1 R	3 1 / 3 6
B 6 0 L	3 / 0 0
H 0 1 M	1 0 / 4 8
H 0 2 J	7 / 0 0