

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年3月12日(12.03.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/033504 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 31/36 (2006.01) H02J 7/00 (2006.01)
H01M 10/48 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/003699
- (22) 国際出願日: 2014年7月11日(11.07.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-184479 2013年9月5日(05.09.2013) JP
- (71) 出願人: カルソニックカンセイ株式会社
(CALSONIC KANSEI CORPORATION) [JP/JP]; 〒3318501 埼玉県さいたま市北区日進町二丁目1
9 1 7 番地 Saitama (JP). 学校法人慶應義塾(KEIO
UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒1088345 東京都港区三田
2丁目15番45号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 馬場 厚志(BABA, Atsushi); 〒3318501 埼
玉県さいたま市北区日進町二丁目1917番地
カルソニックカンセイ株式会社内 Saitama (JP).
足立 修一(ADACHI, Shuichi); 〒2238522 神奈川

県横浜市港北区日吉三丁目14番1号 慶應義
塾大学 理工学部内 Kanagawa (JP).

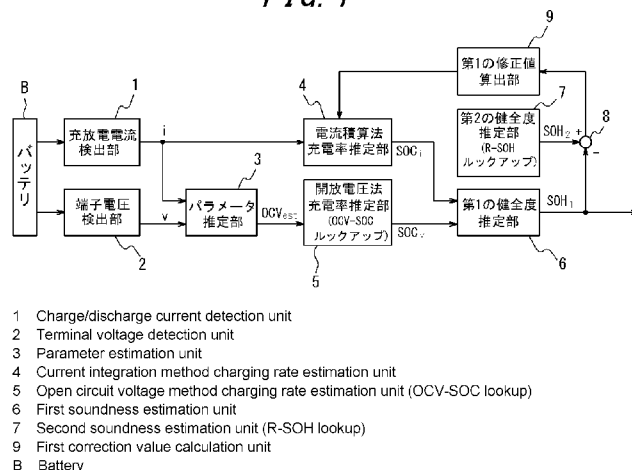
- (74) 代理人: 杉村 憲司(SUGIMURA, Kenji); 〒1000013
東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 霞が関
コモンゲート西館36階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,

[続葉有]

(54) Title: BATTERY SOUNDNESS ESTIMATION DEVICE AND SOUNDNESS ESTIMATION METHOD

(54) 発明の名称: バッテリーの健全度推定装置および健全度推定方法

FIG. 1



(57) Abstract: A battery soundness estimation device and soundness estimation method which improve the accuracy of battery soundness estimation are provided. This battery soundness estimation device is provided with a charge/discharge current detection unit (1) which detects the charge/discharge current value, a terminal voltage detection unit (2) which detects the terminal voltage, a first charging rate estimation unit (4) which estimates the first charging rate by integrating the charge/discharge current rate, a second charging rate estimation unit (5) which estimates the second charging rate on the basis of the relation between the open circuit voltage and the charging rate, a first soundness estimation unit (6) which estimates a first soundness on the basis of the first and second charging rates, a second soundness estimation unit (7) which estimates a second soundness on the basis of the relation between the battery internal resistance and the soundness, and a first correction value calculation unit (9) which, on the basis of the difference between the first soundness and the second soundness, calculates a first correction value for correcting the first charging rate. The first charging rate estimation unit (4) corrects the first charging rate using the first correction value.

(57) 要約:

[続葉有]



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
MR, NE, SN, TD, TG).

バッテリーの健全度の推定精度を向上するバッテリーの健全度推定装置および健全度推定方法を提供する。 充放電電流値を検出する充放電電流検出部（１）と、端子電圧値を検出する端子電圧検出部（２）と、充放電電流値を積算して第１の充電率を推定する第１の充電率推定部（４）と、開放電圧値と充電率との関係に基づき第２の充電率を推定する第２の充電率推定部（５）と、第１及び第２の充電率に基づいて第１の健全度を推定する第１の健全度推定部（６）と、バッテリーの内部抵抗値と健全度との関係に基づき第２の健全度を推定する第２の健全度推定部（７）と、第１の充電率を修正するための第１の修正値を、第１の健全度と第２の健全度との差に基づいて算出する第１の修正値算出部（９）と、を備える。第１の充電率推定部（４）は、第１の修正値を用いて第１の充電率を修正する。

明 細 書

発明の名称： バッテリーの健全度推定装置および健全度推定方法 関連出願へのクロスリファレンス

[0001] 本出願は、日本国特許出願 2013-184479 号（2013 年 9 月 5 日出願）の優先権を主張するものであり、当該出願の開示全体を、ここに参照のために取込む。

技術分野

[0002] 本発明は、電気自動車等に用いるバッテリーの健全度を推定するバッテリーの健全度推定装置および健全度推定方法に関する。

背景技術

[0003] 従来から、バッテリーのうち充放電が可能な二次電池が、電気自動車等に採用されている。電池によって電気自動車が行走可能な距離や、電池が充放電可能な電流値などを把握するためには、電池の内部状態量である電池の充電率（SOC：State of Charge）や健全度（SOH：State of Health）等を検出する必要がある。

[0004] これらの内部状態量は直接検出できないため、電流積算法（クーロン・カウント法）や開放電圧推定法（逐次パラメータ法）が用いられる。電流積算法は、電池の充放電電流を時系列で検出し電流を積算することで充電率（ASOC：Absolute State of Charge）を推定する。また、開放電圧推定法は、電池の等価回路モデルを用いて電池の開放電圧を推定することで充電率（RSOC：Relative State of Charge）を推定する。また、SOHは、ASOCの変化量とRSOC変化量との比をとることによって推定する（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開 2012-58028 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、電流積算法により算出するASOCは、例えば電流センサ誤差が蓄積する等の問題があった。このため、ASOCの変化量を用いて算出する健全度も同様に誤差が蓄積してしまい、健全度の推定精度が悪化する原因となっていた。

[0007] かかる事情に鑑みてなされた本発明の目的は、バッテリーの健全度の推定精度を向上するバッテリーの健全度推定装置および健全度推定方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するために本発明の第1の側面に係る健全度推定装置は、
バッテリーの充放電電流値を検出する充放電電流検出部と、
前記バッテリーの端子電圧値を検出する端子電圧検出部と、
前記充放電電流値を積算して第1の充電率を推定する第1の充電率推定部と、

前記バッテリーの開放電圧値と充電率との関係に基づき第2の充電率を推定する第2の充電率推定部と、

前記第1及び第2の充電率に基づいて第1の健全度を推定する第1の健全度推定部と、

前記バッテリーの内部抵抗値と健全度との関係に基づき第2の健全度を推定する第2の健全度推定部と、

前記第1の充電率を修正するための第1の修正値を、前記第1の健全度と前記第2の健全度との差に基づいて算出する第1の修正値算出部と、を備え、

前記第1の充電率推定部は、前記第1の修正値を用いて前記第1の充電率を修正することを特徴とする。

[0009] また、本発明の第2の側面に係る健全度推定装置は、

前記第1の充電率又は前記第2の充電率を修正するための第2の修正値を、前記第1の充電率と前記第2の充電率との差に基づいて算出する第2の修

正值算出部を更に備えることを特徴とする。

[0010] また、本発明の第3の側面に係る健全度推定装置は、

前記充放電電流値及び前記端子電圧値を用いて、前記バッテリーの等価回路モデルにより前記バッテリーの開放電圧値を推定するパラメータ推定部を更に備え、

前記第2の充電率推定部は、前記開放電圧値を用いて、開放電圧値と充電率との関係に基づき前記第2の充電率を推定することを特徴とする。

[0011] また、本発明の第4の側面に係る健全度推定装置において、

前記第2の充電率推定部は、前記端子電圧値を用いて、開放電圧値と充電率との関係に基づき前記第2の充電率を推定することを特徴とする。

[0012] また、本発明の第5の側面に係る健全度推定方法は、

バッテリーの充放電電流値を検出するステップと、

前記バッテリーの端子電圧値を検出するステップと、

前記充放電電流値を積算して第1の充電率を推定するステップと、

前記バッテリーの開放電圧値と充電率との関係に基づき第2の充電率を推定するステップと、

前記第1及び第2の充電率に基づいて第1の健全度を推定するステップと、

、

前記バッテリーの内部抵抗値と健全度との関係に基づき第2の健全度を推定するステップと、

前記第1の充電率を修正するための第1の修正値を、前記第1の健全度と前記第2の健全度との差に基づいて算出するステップと、

前記第1の修正値を用いて前記第1の充電率を修正するステップと、
を含むことを特徴とする。

発明の効果

[0013] 本発明の第1の側面に係る健全度推定装置によれば、電流積算法充電率（第1の充電率）の変化量と開放電圧法充電率（第2の充電率）の変化量との比により推定する第1の健全度と、バッテリーの内部抵抗値と健全度の関係に

基づいて推定する第2の健全度と、の差に基づいて、電流積算法充電率を修正する。このため、電流積算法充電率の推定精度を向上することができ、この結果、バッテリーの健全度の推定精度を向上することができる。

[0014] 本発明の第2の側面に係る健全度推定装置によれば、電流積算法充電率と開放電圧法充電率との差に基づいて、電流積算法充電率又は開放電圧法充電率を修正する。このため、電流積算法充電率又は開放電圧法充電率の推定精度を向上することができ、この結果、バッテリーの健全度の推定精度を更に向上することができる。

[0015] 本発明の第3の側面に係る健全度推定装置によれば、バッテリーの等価回路モデルを用いてバッテリーの開放電圧値を推定し、推定した開放電圧値を用いて開放電圧法充電率を推定する。このため、開放電圧法充電率の推定精度を向上することができ、この結果、バッテリーの健全度の推定精度を更に向上することができる。

[0016] 本発明の第4の側面に係る健全度推定装置によれば、バッテリーの端子電圧値を検出し、検出した端子電圧値を開放電圧値とみなして開放電圧法充電率を推定する。このため、バッテリーの開放電圧値を推定する必要がなく、処理負担を低減して健全度を推定することができる。

[0017] 本発明の第5の側面に係る健全度推定方法によれば、電流積算法充電率の変化量と開放電圧法充電率の変化量との比により推定する第1の健全度と、バッテリーの内部抵抗と健全度の関係に基づいて推定する第2の健全度と、の差に基づいて、電流積算法充電率を修正する。このため、電流積算法充電率の推定精度を向上することができ、この結果、バッテリーの健全度の推定精度を向上することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の実施の形態1に係る健全度推定装置の概略構成を示すブロック図である。

[図2]図1の健全度推定装置から一部の構成要素を取り除いた健全度推定装置の概略構成を示すブロック図である。

[図3]本発明の実施の形態1に係る健全度推定装置による健全度推定結果を説明するための図である。

[図4]本発明の実施の形態2に係る健全度推定装置の概略構成を示すブロック図である。

[図5]本発明の変形例1に係る健全度推定装置の概略構成を示すブロック図である。

[図6]本発明の変形例2に係る健全度推定装置の概略構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の実施の形態について説明する。

[0020] (実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係るバッテリーの健全度推定装置のブロック図である。実施の形態1に係るバッテリーの健全度推定装置は、充放電電流検出部1と、端子電圧検出部2と、パラメータ推定部3と、電流積算法充電率推定部（第1の充電率推定部）4と、開放電圧法充電率推定部（第2の充電率推定部）5と、第1の健全度推定部6と、第2の健全度推定部7と、第1の減算部8と、第1の修正値算出部9と、を備える。また、健全度推定装置には、バッテリーBが接続されている。概略として、実施の形態1に係るバッテリーの健全度推定装置において、第1の修正値算出部9が、電流積算法充電率を修正するための第1の修正値を、第1の健全度推定部6及び第2の健全度推定部7がそれぞれ推定する第1の健全度 SOH_1 と第2の健全度 SOH_2 との差に基づいて算出する。そして、電流積算法充電率推定部4が、算出された第1の修正値によって電流積算法充電率を修正する。

[0021] バッテリーBは、リチャージャブル・バッテリーであり、以下の説明にあつては、リチウム・イオン・バッテリーを用いるものとして説明する。なお、バッテリーBがリチウム・イオン・バッテリーであることに限られることはなく、ニッケル・水素バッテリー等、他の種類のバッテリーを用いてもよいことは言うまでもない。

[0022] 充放電電流検出部 1 は、バッテリー B から図示しない電気モータ等へ電力を供給する場合の放電電流の値を検出する。また、充放電電流検出部 1 は、制動時に電気モータを発電機として機能させて制動エネルギーの一部を回収したり、あるいは地上の電源設備から充電したりする場合の充電電流の値を検出する。充放電電流検出部 1 は、たとえば、シャント抵抗等を使ってバッテリー B に流れる充放電電流値 i を検出する。検出した充放電電流値 i は、入力信号としてパラメータ推定部 3 と電流積算法充電率推定部 4 との双方へ入力される。なお、充放電電流検出部 1 は、上記構成に限られず種々の構造・形式を有するものを適宜採用できる。

[0023] 端子電圧検出部 2 は、バッテリー B の端子間の電圧の値を検出する。ここで検出した端子電圧値 v は、パラメータ推定部 3 へ入力される。なお、端子電圧検出部 2 は、種々の構造・形式を有するものを適宜採用できる。

[0024] パラメータ推定部 3 は、充放電電流検出部 1 及び端子電圧検出部 2 からそれぞれ入力される充放電電流値 i 及び端子電圧値 v に基づいて、バッテリー B の等価回路モデルにおける各パラメータを推定する。具体的には、パラメータ推定部 3 は、コンデンサ及び内部抵抗を備えるバッテリー B の等価回路モデルを用いて、例えば最小二乗法等に基づきコンデンサの静電容量 C 、内部抵抗 R 、及び開放電圧（OCV : Open Circuit Voltage） OCV_{est} を推定する。なお、バッテリー B の等価回路モデルは、バッテリーの内部を表す数学モデルであれば任意のものを採用することができる。

[0025] 電流積算法充電率推定部 4 は、電流積算法充電率（第 1 の充電率） SOC_i を推定する。具体的には、電流積算法充電率推定部 4 は、充放電電流検出部 1 から入力される充放電電流値 i を積算して、状態変数として SOC_i を推定する。また、電流積算法充電率推定部 4 は、第 1 の修正値算出部 9 から入力される第 1 の修正値に基づいて SOC_i を修正する。なお、 SOC_i を修正する処理の詳細については後述する。

[0026] 開放電圧法充電率推定部 5 は、開放電圧法充電率（第 2 の充電率） SOC_v を推定する。具体的には、開放電圧法充電率推定部 5 は、予め実験で求めた

開放電圧と充電率との関係をOCV-SOCルックアップテーブルとして記憶しておく。そして、開放電圧法充電率推定部5は、当該ルックアップテーブルにおいて、パラメータ推定部3から入力される推定開放電圧 OCV_{est} の値に対応する充電率を SOC_v として推定する。

[0027] 第1の健全度推定部6は、電流積算法充電率推定部4で推定した SOC_i 及び開放電圧法充電率推定部5で推定した SOC_v に基づいて、第1の健全度 SOH_1 を推定する。具体的には、第1の健全度推定部6は、式(1)に示すように、バッテリーBの測定開始時点からの電流積算法充電率の変化量 ΔSOC_i と開放電圧法充電率の変化量 ΔSOC_v との比により SOH_1 を推定する。

$$\begin{aligned} SOH_1 &= \Delta SOC_i / \Delta SOC_v \\ &= (SOC_i - SOC_0) / (SOC_v - SOC_0) \end{aligned} \quad (1)$$

[0028] ここで、 SOC_0 は、バッテリーBの測定開始時における充電率である。例えば、 SOC_0 は、バッテリーBの測定開始時にバッテリーBの端子電圧値 v_0 を測定し、測定した端子電圧値 v_0 をOCV-SOCルックアップテーブルと照合して決定する等、任意の方法により決定することができる。

[0029] 第2の健全度推定部7は、バッテリーBの内部抵抗値と健全度との関係に基づき第2の健全度 SOH_2 を推定する。具体的には、第2の健全度推定部7は、予め実験で求めたバッテリーBの内部抵抗と健全度との関係をR-SOHルックアップテーブルとして記憶しておく。そして、第2の健全度推定部7は、当該ルックアップテーブルにおいて、パラメータ推定部3で推定したバッテリーBの内部抵抗値Rに対応する健全度を SOH_2 として推定する。

[0030] 第1の減算部8は、第2の健全度推定部7で推定した SOH_2 から第1の健全度推定部6で推定した SOH_1 を減算する。

[0031] 第1の修正値算出部9は、第1の減算部8から入力された健全度の差分($SOH_2 - SOH_1$)にカルマンゲインを乗じて第1の修正値を算出する。そして、第1の修正値算出部9は、算出した第1の修正値を電流積算法充電率推定部4に入力する。

[0032] ここで、第1の修正値を算出する処理及び SOC_i を修正する処理について

説明する。当該処理は、例えばカルマンフィルタを用いて行う。カルマンフィルタは、対象となるシステムのモデルを設計し、このモデルと実システムに同一の入力信号が入力された場合の両者の出力を比較する。そして、カルマンフィルタは、それらに差があれば、この差にカルマンゲインを乗算してモデルへフィードバックすることで、両者の差が最小になるようにモデルを修正する。カルマンフィルタは、これを繰り返すことで、真の内部状態量を推定する。

[0033] なお、カルマンフィルタにあっては、観測雑音が正規性白色雑音であるとの仮定を置く。したがって、この場合、システムのパラメータが確率変数となるため、真のシステムは確率システムとなる。そこで、観測値が線形回帰モデルで記述され、逐次パラメータ推定問題は状態空間表現を用いて定式化できる。このため、逐次状態を記録せずとも、時変パラメータを推定することができる。このようにして、対象とする動的システムの入出力データの測定値から、所定の目的のもとで、対象と同一であることを説明できるような数学モデルが作成可能、すなわち、システム同定が可能となる。

[0034] カルマンフィルタでは、以下のような離散システムを考える。

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{f}(\mathbf{x}_k) + \mathbf{b}_u(u_k) + \mathbf{b}_v v_k \quad (2)$$

$$y_k = h(\mathbf{x}_k, u_k) + \omega_k \quad (3)$$

[0035] ここで、 $\mathbf{x}$ は状態変数、 y は観測値、 u は入力を示し、 k は離散時間の時刻である。また、 v と ω は、それぞれ $N(0, \sigma_v^2)$ 、 $N(0, \sigma_\omega^2)$ である互いに独立なシステムノイズと観測ノイズである。

[0036] 上記システムに対して、カルマンフィルタは、以下のアルゴリズムにより状態変数 $\mathbf{x}$ を推定する。

[数1]

$$\hat{x}_{k+1|k} = f(\hat{x}_{k|k}) + b_u(u_k) + b_v v_k \quad (4)$$

$$P_{k+1|k}^{xx} = A_k P_{k|k}^{xx} A_k^T + \sigma_v^2 b b^T \quad (5)$$

$$A_k \equiv \left. \frac{\partial f(x)}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{k|k}} \quad (6)$$

$$\hat{y}_{k+1|k} = h_a(\hat{x}_{k+1|k}, u_k) \quad (7)$$

$$P_{k+1|k}^{yy} = C_{k+1} P_{k+1|k}^{xx} C_{k+1}^T + \sigma_w^2 \quad (8)$$

$$P_{k+1|k}^{xy} = P_{k+1|k}^{xx} C_{k+1}^T \quad (9)$$

$$C_{k+1} \equiv \left. \frac{\partial h(x)}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{k+1|k}} \quad (10)$$

$$K_{k+1} = P_{k+1|k}^{xy} (P_{k+1|k}^{yy})^{-1} \quad (11)$$

$$P_{k+1|k+1}^{xx} = P_{k+1|k}^{xx} + K_{k+1} P_{k+1|k}^{yy} K_{k+1}^T \quad (12)$$

$$\hat{x}_{k+1|k+1} = \hat{x}_{k+1|k} + K_{k+1} (y_{k+1} - \hat{y}_{k+1|k}) \quad (13)$$

[0037] ここで、式(2)、(3)において以下の式を用いる電流積算モデルを考え、カルマンフィルタによりSOC_iを推定する。

[数2]

$$f(x) = x \quad (14)$$

$$b_u(u) = \frac{\tau}{FCC_0} u_1 \quad (15)$$

$$h(x, u) = \frac{x - SOC_0}{u_2 - SOC_0} \quad (16)$$

ただし、

$$x = SOC_i \quad (17)$$

$$y = SOH \quad (18)$$

$$u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i \\ SOC_v \end{bmatrix} \quad (19)$$

[0038] ここで、 τ はサンプリング周期、FCC₀は満充電容量 (Full Charge Capac

ity) である。FCC₀の値は、設計容量DC (Design Capacity)、即ちバッテリーBの新品時のFCCの公称値を用いてもよく、或いはその劣化度を考慮した値を用いてもよい。

[0039] 具体的には、実施の形態1によるバッテリーの健全度推定方法は、電流積算法充電率推定部4が、式(4)の演算を行い、事前状態推定値 $\hat{x}_{k+1|k}$ を算出する。次に、第1の修正値算出部9が、式(5) - (12)の演算を行い、カルマンゲインK及び誤差共分散Pを算出する。続いて、第1の修正値算出部9が、第1の減算部8から入力されるSOH₂とSOH₁との差(式(13)の $(y_{k+1} - \hat{y}_{k+1|k})$ に相当)にカルマンゲインKを乗算した値を第1の修正値(式(13)の $K_{k+1}(y_{k+1} - \hat{y}_{k+1|k})$ に相当)として算出し、電流積算法充電率推定部4に入力する。そして、電流積算法充電率推定部4が、式(13)の演算を行い、事前状態推定値 $\hat{x}_{k+1|k}$ に第1の修正値を加算して修正することにより、事後状態推定値 $\hat{x}_{k+1|k+1}$ を算出する。

[0040] 次に、図2及び図3を参照して、実施の形態1に係る健全度推定装置を用いて行ったシミュレーションの結果について説明する。

[0041] 図2は、実施の形態1に係る健全度推定装置から、第2の健全度推定部7と、第1の減算部8と、第1の修正値算出部9と、を取り除いた健全度推定装置の概略構成を示すブロック図である。図2に示す健全度推定装置の電流積算法充電率推定部4aは、第1の修正値算出部9から第1の修正値が入力されないため、電流積算法充電率SOC_iの値を修正することなく、充放電電流iを積算してSOC_iを推定する。したがって、電流積算法充電率推定部4aが推定するSOC_iには、図1に示す電流積算法充電率推定部4により推定されるSOC_iと異なり、充放電電流検出部の測定誤差等が蓄積している。なお、図2に示す健全度推定装置から出力される第1の健全度をSOH₃とする。

[0042] 図3(a)は、図2に示す健全度推定装置により推定されるSOH₃のシミュレーション結果を示す図であり、時間の経過とともに誤差が累積され、次

第に増加している。図3（b）は、実施の形態1に係る健全度推定装置により推定される SOH_2 のシミュレーション結果を示す図であり、ノイズの影響により不安定な値となっている。図3（c）は、実施の形態1に係る健全度推定装置により推定される SOH_1 のシミュレーション結果を示す図であり、 SOH_2 よりも値が安定しており健全度 SOH を精度良く推定できていることを示している。

[0043] このように、本発明の実施の形態1によれば、電流積算法充電率推定部4が、電流積算法充電率 SOC_i を推定し、開放電圧法充電率推定部5が、開放電圧法充電率 SOC_v を推定する。また、第1の健全度推定部6が、 SOC_i 及び SOC_v に基づいて、即ち OC_i の変化量と SOC_v の変化量との比により第1の健全度 SOH_1 を推定する。また、第2の健全度推定部7が、パラメータ推定部3により推定されるバッテリーBの内部抵抗値を用いて、バッテリーBの内部抵抗値と健全度との関係に基づき第2の健全度 SOH_2 を推定する。そして、第1の修正値算出部9が、 SOH_2 と SOH_1 との差にカルマンゲイン K を乗算して第1の修正値を算出し、電流積算法充電率推定部4が、 SOC_i に第1の修正値を加算して修正する。このようにして、電流積算法充電率推定部4により推定される SOC_i を修正することにより SOC_i の推定精度を向上し、 SOC_i を用いて推定する SOH_1 の推定精度を向上することができる。

[0044] また、実施の形態1によれば、パラメータ推定部3が、充放電電流検出部1及び端子電圧検出部2からそれぞれ入力された充放電電流値 i 及び端子電圧値 v を用いて、バッテリーBの等価回路モデルによりバッテリーの開放電圧値 OCV_{est} を推定する。また、開放電圧法充電率推定部5が、パラメータ推定部3が推定した OCV_{est} を用いて、開放電圧値と充電率との関係に基づき開放電圧法充電率 SOC_v を推定する。このように、バッテリーの開放電圧値を推定し、推定した開放電圧値を用いて SOC_v を推定するため、 SOC_v の推定精度を向上し、 SOC_v を用いて推定する SOH_1 の推定精度を向上することができる。

[0045] （実施の形態2）

次に、本発明の実施の形態 2 に係る健全度推定装置について説明する。

[0046] 図 4 は、実施の形態 2 に係る健全度推定装置の概略構成を示すブロック図である。以下、実施の形態 1 と同一の構成については同一の符号を付し、説明は省略する。実施の形態 2 に係る健全度推定装置は、実施の形態 1 と比較して、第 2 の減算部 10 と、第 2 の修正値算出部 11 と、第 3 の減算部 12 と、を更に備える点異なる。概略として、実施の形態 2 に係る健全度推定装置において、第 2 の修正値算出部 11 が、電流積算法充電率 $SO C_i$ と開放電圧法充電率 $SO C_v$ との差に基づいて $SO C_v$ を修正するための第 2 の修正値を算出する。そして、第 3 の減算部 12 が、第 2 の修正値を用いて $SO C_v$ を修正する。

[0047] 第 2 の減算部 10 は、開放電圧法充電率推定部 5 で得た $SO C_v$ から、電流積算法充電率推定部 4 で得た $SO C_i$ を減算する。ここで、電流積算法充電率推定部 4 が推定する $SO C_i$ は、真の充電率 $SO C_{true}$ に推定誤差（ノイズ） n_i が重畳された値になっている。また、開放電圧法充電率推定部 5 が推定する $SO C_v$ は、真の充電率 $SO C_{true}$ に推定誤差（ノイズ） n_v が重畳された値になっている。したがって、第 2 の減算部 10 による減算結果は、 $SO C_v - SO C_i = n_v - n_i$ となり、推定誤差成分のみが残る。

[0048] 第 2 の修正値算出部 11 は、第 2 の減算部 10 から入力された充電率の差分（ $SO C_v - SO C_i = n_v - n_i$ ）にカルマンゲインを乗じて第 2 の修正値を算出する。第 2 の修正値を算出する処理の詳細については後述する。

[0049] 第 3 の減算部 12 は、開放電圧法充電率推定部 5 が推定した $SO C_v$ から第 2 の修正値を減算することで $SO C_v$ を修正し、修正した $SO C_v$ を第 1 の健全度推定部 6 に入力する。

[0050] ここで、第 2 の修正値を算出する処理及び $SO C_v$ を修正する処理について説明する。当該処理は、例えばカルマンフィルタを用いて行う。具体的には、式（2）、（3）において以下の式を用いる誤差モデルを考え、カルマンフィルタにより n_v を推定することができる。

[0051]

[数3]

$$f = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$b_u = 0 \quad (21)$$

$$h = [-1 \quad 1] \quad (22)$$

ただし、

$$x = \begin{bmatrix} n_i \\ n_v \end{bmatrix} \quad (23)$$

$$y = SOC_v - SOC_i = n_v - n_i \quad (24)$$

$$u = 0 \quad (25)$$

[0052] 具体的には、実施の形態2によるバッテリーの健全度推定方法は、第2の修正値算出部11が、式(4)～(13)の演算を行い、カルマンゲインK、誤差共分散P及び事後状態推定値 $\hat{x}_{k+1|k+1}$ を算出する。ここで、第2の修正値算出部11が、第2の減算部10から入力される SOC_v と SOC_i との差(式(13)の y_{k+1} に相当)を用いて式(13)の演算を行い、事後状態推定値 $\hat{x}_{k+1|k+1}$ の値、即ち推定される n_v の値を第2の修正値として算出し、第3の減算部12に入力する。そして、第3の減算部12が、開放電圧法充電率推定部5が推定した SOC_v から第2の修正値を減算して修正することにより、真の充電率 SOC_{true} により近い高精度な SOC_v を第1の健全度推定部6に入力する。

[0053] このように、本発明の実施の形態2によれば、第2の修正値算出部11が、開放電圧法充電率 SOC_v を修正するための第2の修正値を、電流積算法充電率 SOC_i と開放電圧法充電率 SOC_v との差に基づいて算出する。そして、第3の減算部12が、 SOC_v から第2の修正値を減算して修正する。このようにして、開放電圧法充電率推定部5により推定される SOC_v の推定精度を向上することにより、 SOC_v を用いて推定する SOH_1 の推定精度を更に向上することができる。

[0054] (変形例1)

次に、本発明の実施の形態の変形例 1 について説明する。

[0055] 図 5 は、変形例 1 に係る健全度推定装置の概略構成を示すブロック図である。以下、実施の形態 1 と同一の構成については同一の符号を付し、説明は省略する。変形例 1 に係る健全度推定装置は、実施の形態 1 及び 2 と比較して、端子電圧検出部 2 が検出した端子電圧値 v を開放電圧法充電率推定部 5 に入力する点異なる。

[0056] このように、本発明の実施の形態の変形例 1 によれば、開放電圧法充電率推定部 5 が、端子電圧検出部 2 から入力される端子電圧値 v を開放電圧値 OCV とみなして開放電圧法充電率 SOC_v を推定する。このようにして、パラメータ推定部 3 が開放電圧値 OCV_{est} を推定する必要がなく、処理負担を低減して健全度を推定することができる。

[0057] (変形例 2)

次に、本発明の実施の形態の変形例 2 について説明する。

[0058] 図 6 は、変形例 2 に係る健全度推定装置の概略構成を示すブロック図である。以下、実施の形態 2 と同一の構成については同一の符号を付し、説明は省略する。変形例 2 に係る健全度推定装置は、実施の形態 2 と比較して、第 2 の修正値算出部 11a が、電流積算法充電率推定部 4 が推定する SOC_i を修正するための第 2 の修正値として n_i を算出する点、及び、第 3 の減算部 12a が、第 2 の修正値を用いて SOC_i を修正する点異なる。

[0059] 変形例 2 における第 2 の修正値の算出は、実施の形態 2 と同様の処理により行うことができる。具体的には、式 (2), (3) において以下の式を用いる誤差モデルを考え、カルマンフィルタにより n_i を推定することができる。

[0060]

[数4]

$$f = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (26)$$

$$b_u = 0 \quad (27)$$

$$h = [1 \quad -1] \quad (28)$$

ただし、

$$x = \begin{bmatrix} n_i \\ n_v \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$y = SOC_i - SOC_v = n_i - n_v \quad (30)$$

$$u = 0 \quad (31)$$

[0061] このように、本発明の実施の形態の変形例2によれば、第2の修正値算出部11aが、電流積算法充電率 SOC_i を修正するための第2の修正値を、電流積算法充電率 SOC_i と開放電圧法充電率 SOC_v との差に基づいて算出する。そして、第3の減算部12aが、 SOC_i から第2の修正値を減算して修正する。このようにして、電流積算法充電率推定部4により推定される SOC_i の推定精度を向上することにより、 SOC_i を用いて推定する SOH_i の推定精度を更に向上することができる。

[0062] 本発明を諸図面や実施例に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形や修正を行うことが容易であることに注意されたい。従って、これらの変形や修正は本発明の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各手段、各ステップ等に含まれる機能等は論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数の手段やステップ等を1つに組み合わせたり、或いは分割したりすることが可能である。

[0063] 例えば、上述の実施の形態においては、状態量の推定にカルマンフィルタを用いたが、他の適応フィルタを用いて状態量を推定するようにしてもよい。

[0064] また、バッテリーの温度を検出する温度検出部を更に備え、検出したバッテリーの温度をパラメータ推定部3に入力するようにしてもよい。この場合、パ

ラメータ推定部3は、充放電電流値 i と、端子電圧値 v と、バッテリー温度とに基づいてバッテリー等価回路モデルにおける各パラメータを推定する。

符号の説明

- [0065] B バッテリ
- 1 充放電電流検出部
- 2 端子電圧検出部
- 3 パラメータ推定部
- 4, 4 a 電流積算法充電率推定部（第1の充電率推定部）
- 5 開放電圧法充電率推定部（第2の充電率推定部）
- 6 第1の健全度推定部
- 7 第2の健全度推定部
- 8 第1の減算部
- 9 第1の修正値算出部
- 10, 10 a 第2の減算部
- 11, 11 a 第2の修正値算出部
- 12, 12 a 第3の減算部

請求の範囲

- [請求項1] バッテリーの充放電電流値を検出する充放電電流検出部と、
 前記バッテリーの端子電圧値を検出する端子電圧検出部と、
 前記充放電電流値を積算して第1の充電率を推定する第1の充電率
推定部と、
 前記バッテリーの開放電圧値と充電率との関係に基づき第2の充電率
を推定する第2の充電率推定部と、
 前記第1及び第2の充電率に基づいて第1の健全度を推定する第1
の健全度推定部と、
 前記バッテリーの内部抵抗値と健全度との関係に基づき第2の健全度
を推定する第2の健全度推定部と、
 前記第1の充電率を修正するための第1の修正値を、前記第1の健
全度と前記第2の健全度との差に基づいて算出する第1の修正値算出
部と、を備え、
 前記第1の充電率推定部は、前記第1の修正値を用いて前記第1の
充電率を修正する、
 バッテリーの健全度推定装置。
- [請求項2] 前記第1の充電率又は前記第2の充電率を修正するための第2の修
正値を、前記第1の充電率と前記第2の充電率との差に基づいて算出
する第2の修正値算出部を更に備える、請求項1に記載の健全度推定
装置。
- [請求項3] 前記充放電電流値及び前記端子電圧値を用いて、前記バッテリーの等
価回路モデルにより前記バッテリーの開放電圧値を推定するパラメータ
推定部を更に備え、
 前記第2の充電率推定部は、前記開放電圧値を用いて、開放電圧値
と充電率との関係に基づき前記第2の充電率を推定する、請求項1に
記載の健全度推定装置。
- [請求項4] 前記充放電電流値及び前記端子電圧値を用いて、前記バッテリーの等

価回路モデルにより前記バッテリーの開放電圧値を推定するパラメータ推定部を更に備え、

前記第 2 の充電率推定部は、前記開放電圧値を用いて、開放電圧値と充電率との関係に基づき前記第 2 の充電率を推定する、請求項 2 に記載の健全度推定装置。

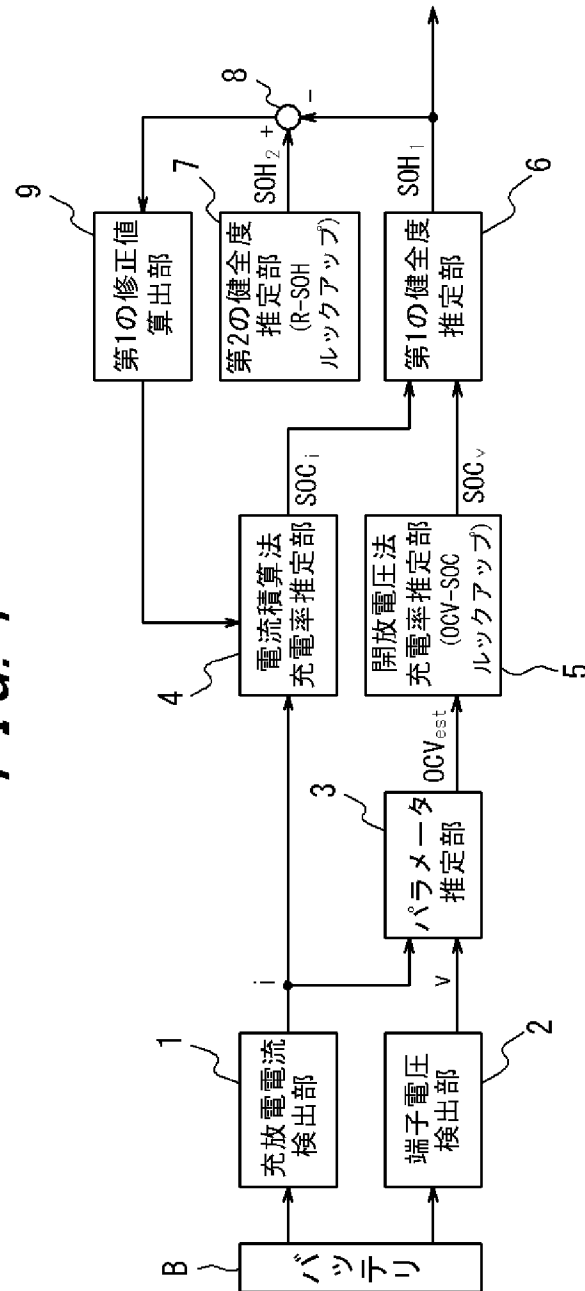
[請求項 5] 前記第 2 の充電率推定部は、前記端子電圧値を用いて、開放電圧値と充電率との関係に基づき前記第 2 の充電率を推定する、請求項 1 に記載の健全度推定装置。

[請求項 6] 前記第 2 の充電率推定部は、前記端子電圧値を用いて、開放電圧値と充電率との関係に基づき前記第 2 の充電率を推定する、請求項 2 に記載の健全度推定装置。

[請求項 7] バッテリーの充放電電流値を検出するステップと、
前記バッテリーの端子電圧値を検出するステップと、
前記充放電電流値を積算して第 1 の充電率を推定するステップと、
前記バッテリーの開放電圧値と充電率との関係に基づき第 2 の充電率を推定するステップと、
前記第 1 及び第 2 の充電率に基づいて第 1 の健全度を推定するステップと、
前記バッテリーの内部抵抗値と健全度との関係に基づき第 2 の健全度を推定するステップと、
前記第 1 の充電率を修正するための第 1 の修正値を、前記第 1 の健全度と前記第 2 の健全度との差に基づいて算出するステップと、
前記第 1 の修正値を用いて前記第 1 の充電率を修正するステップと、
、
を含む、バッテリーの健全度推定方法。

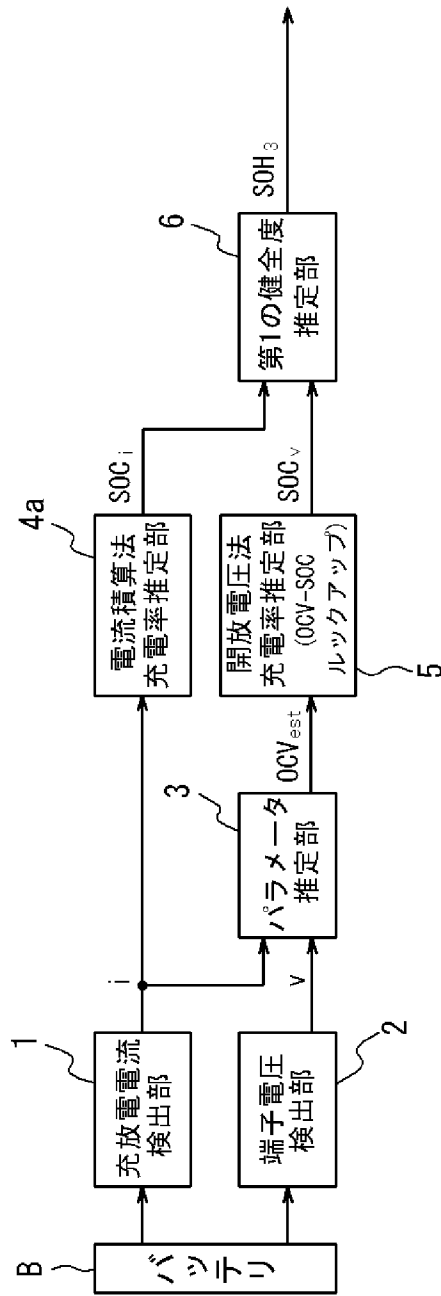
[図1]

FIG. 1

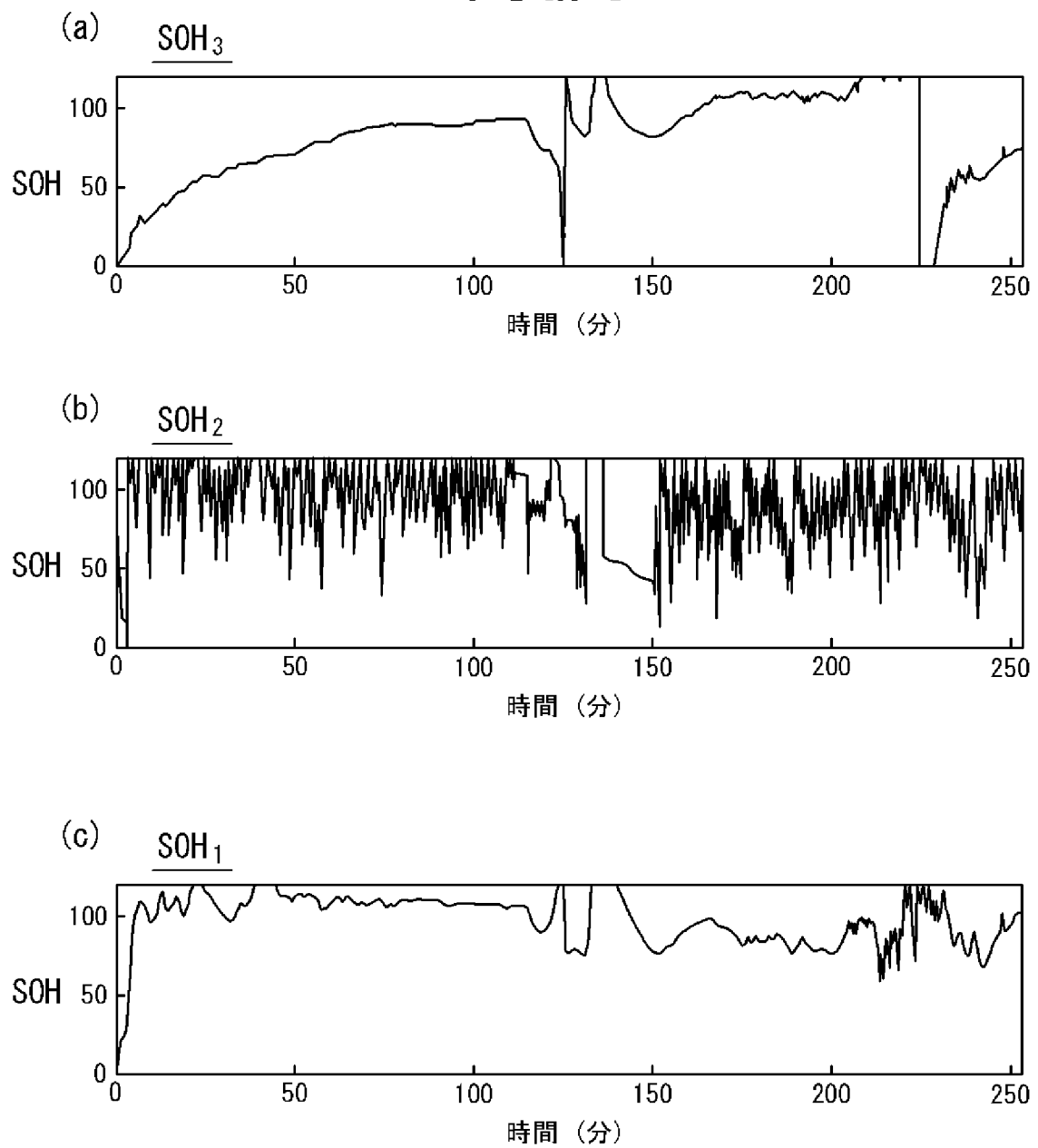


[図2]

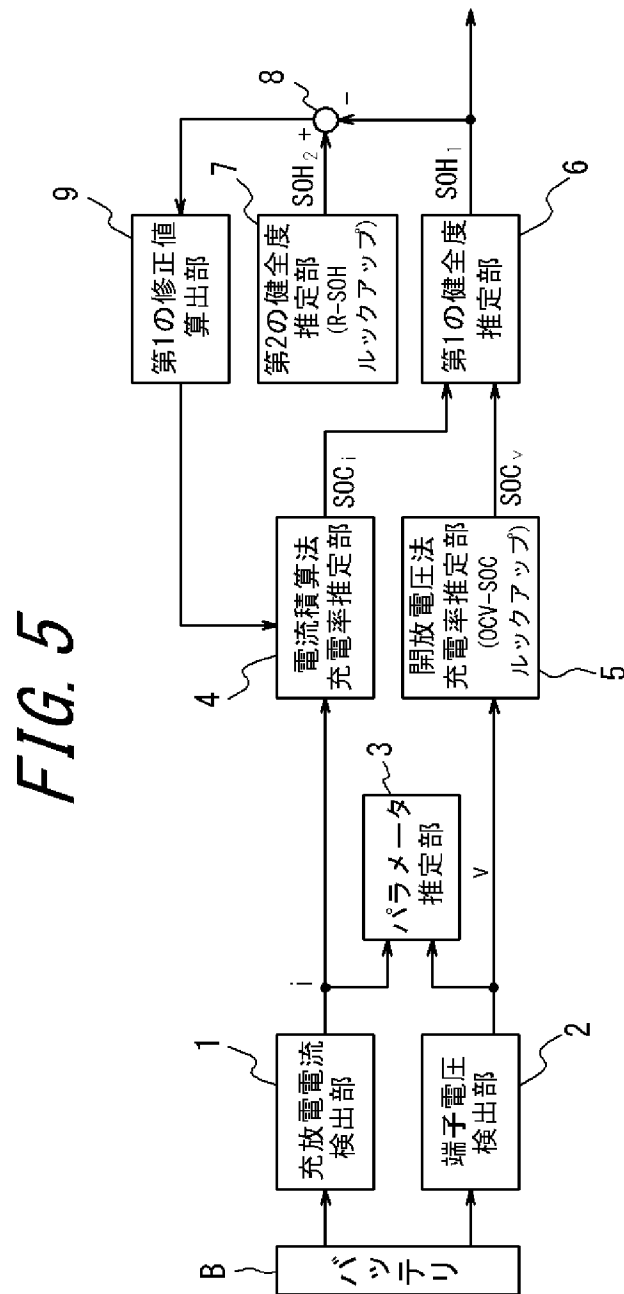
FIG. 2



[図3]

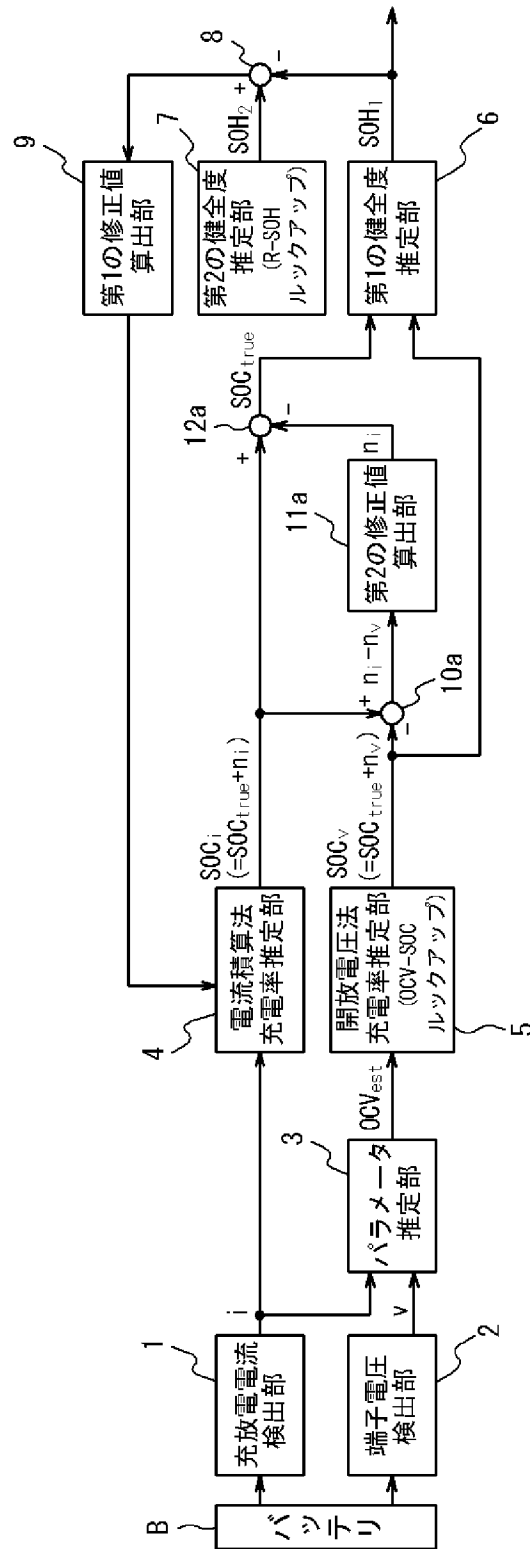
FIG. 3

[図5]



[図6]

FIG. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/003699

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R31/36(2006.01)i, H01M10/48(2006.01)i, H02J7/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R31/36, H01M10/48, H02J7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-58028 A (Calsonic Kansei Corp.), 22 March 2012 (22.03.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2013-104697 A (Calsonic Kansei Corp.), 30 May 2013 (30.05.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	WO 2013/051241 A1 (Calsonic Kansei Corp., Keio University), 11 April 2013 (11.04.2013), entire text; all drawings & JP 5404964 B	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 October, 2014 (06.10.14)

Date of mailing of the international search report
14 October, 2014 (14.10.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01R31/36(2006.01)i, H01M10/48(2006.01)i, H02J7/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01R31/36, H01M10/48, H02J7/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2012-58028 A（カルソニックカンセイ株式会社）2012.03.22, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-7
A	JP 2013-104697 A（カルソニックカンセイ株式会社）2013.05.30, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-7
A	WO 2013/051241 A1（カルソニックカンセイ株式会社, 学校法人慶應義塾） 2013.04.11, 全文, 全図 & JP 5404964 B	1-7

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 6 . 1 0 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 4 . 1 0 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

越川 康弘

2 S

9 6 0 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8