

(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2012-149947

(P2012-149947A)

(43) 公開日 平成24年8月9日(2012. 8. 9)

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

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2011-7874 (P2011-7874)	(71) 出願人	000004765
(22) 出願日	平成23年1月18日 (2011. 1. 18)		カルソニックカンセイ株式会社
			埼玉県さいたま市北区日進町二丁目1917番地
		(71) 出願人	899000079
			学校法人慶應義塾
			東京都港区三田2丁目15番45号
		(74) 代理人	100119644
			弁理士 綾田 正道
		(72) 発明者	馬場 厚志
			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

最終頁に続く

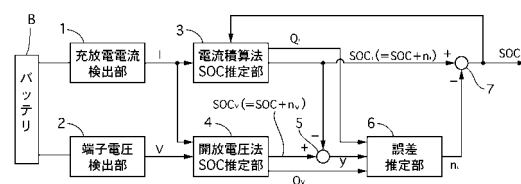
(54) 【発明の名称】 バッテリーの充電率推定装置

(57) 【要約】

【課題】 高精度でバッテリーの充電率の推定ができるバッテリーの充電率推定装置を提供する。

【解決手段】 バッテリーの充電率推定装置は、充放電電流検出手段1と、端子電圧検出手段2と、電流積算法充電率SOC_iを推定し、かつ検出手段1の検出精度情報を元に電流積算法充電率の分散を算出する電流積算充電率推定手段3と、充放電電流値と端子電圧値とに基づきバッテリー等価回路モデルを用いて推定した開放電圧値から開放電圧法充電率SOC_vを推定し、かつ検出手段1、2の検出精度に関する情報を元に開放電圧法充電率の分散を算出する開放電圧法充電率推定手段4と、開放電圧法充電率と電流積算法充電率との差、電流積算法充電率の分散、開放電圧法充電率の分散に基づいて電流積算法充電率の推定誤差n_iを推定する誤差推定手段6と、電流積算法充電率と推定誤差とからバッテリーの充電率SOCを求める充電率算出手段7と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【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手段と、
前記バッテリーの端子電圧値を検出する端子電圧検出手段と、
前記充放電電流検出手段から入力された前記充放電電流を積算して得た充電率とこの前の時刻に得た充電率とから前記バッテリーの電流積算法充電率を推定するとともに、前記充放電電流検出手段の検出精度に関する情報を元に電流積算法充電率の分散を算出する電流積算充電率推定手段と、

前記充放電電流検出手段から入力された前記充放電電流値と前記端子電圧検出手段から入力された前記端子電圧値とに基づきバッテリー等価回路モデルを用いて前記バッテリーの開放電圧値を推定し、該開放電圧値から開放電圧法充電率を推定するとともに、前記充放電電流検出手段および前記端子電圧検出手段の検出精度に関する情報を元に開放電圧法充電率の分散を算出する開放電圧法充電率推定手段と、

前記開放電圧法充電率と前記電流積算法充電率との差、前記電流積算法充電率の分散、前記開放電圧法充電率の分散に基づいて前記電流積算法充電率の推定誤差を推定する誤差推定手段と、

前記電流積算法充電率と前記誤差推定手段で推定した推定誤差とから前記バッテリーの充電率を求める充電率算出手段と、

ことを特徴とするバッテリーの充電率推定装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のバッテリーの充電率推定装置において、
前記開放電圧法充電率推定手段および前記誤差推定手段は、それぞれカルマン・フィルタを用いる、

ことを特徴とするバッテリーの充電率推定装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のバッテリーの充電率推定装置において、
前記電流積算法充電率推定手段は、前記前に得た充電率に前記充電率算出手段で得た充電率を用いて前記電流積算法充電率を推定する、

ことを特徴とするバッテリーの充電率推定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気自動車等に用いるバッテリーの充電率を推定するバッテリーの充電率推定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

たとえば、電気自動車やハイブリッド電気自動車などでは、これらの車両を駆動する電気モータへ電力を供給したり、制動時のエネルギーを発電機として機能させる電気モータから、あるいは地上に設置した電源から、充電して電気エネルギーを蓄積したりするため、リチャージャブル・バッテリー（二次電池）が用いられる。

【0003】

この場合、長期にわたってバッテリーを最適な状態に保つためには、バッテリーの状態、とりわけ充電率（SOC: State of Charge）を常にモニタして、バッテリー・マネージメントを行う必要がある。

従来の充電率検出方法としては、バッテリーの電圧や電流などの出入りを時系列データですべて記録し、これらのデータを用いて電流を時間積分して現時点での電荷量を求め、バッテリーに充電された電荷の初期値と満充電容量を用いて充電率を求める電流積算法（クーロン・カウント法あるいは逐次状態記録法ともいう）や、バッテリーの入力電流値と端子電圧値を入力し、バッテリー等価回路モデルを用いてモデルの状態量である開放電圧値を逐次推定し、この開放電圧値から充電率を推定する開放電圧法が知られている。

【0004】

上記各方法には一長一短があり、前者の電流積算法は、短時間での充電率の推定においては、開放電圧値を用いて充電率を推測する後者の開放電圧法より精度が高いものの、常時観測が必要である上、時間が経つにつれ誤差が累積されて精度が悪くなっていく。これに対し、後者の開放電圧法では、常時観測は必要ないものの、充電率の変化に対する開放電圧の変動が小さいため、短時間における充電量の変動量を推定するには、前者の電流積算法に劣っている。

そこで、これらの方法で得られた充電率の推定誤差を補正していくことで、充電率の推定精度を向上させようとする装置・方法が従来から知られている。

【0005】

このような従来のバッテリーの充電率推定装置の一つとしては、適応デジタル・フィルタを用いてバッテリーの放電電流と端子電圧を基に開放電圧法を用いて推定した開放電圧推定値によりバッテリーの充電率を算出し、この充電率に基づいてバッテリーに充電されている電気量の変化量を算出する第1電気量算出検手段と、電流積算法でバッテリーの充放電電流を時間積算してこの積算値に基づいてバッテリーに充電されている電気量の変化量を算出する第2電気量算出手段と、これら両算出手段でそれぞれ求めた電荷量の変化の差分から放電電流計測器の計測値誤差であるオフセット量を推定するオフセット量推定手段と、を備え、オフセット量分を補正することにより放電電流計測器の計測値誤差を小さく抑えることで電流検出値の精度を上げるようにして、充電率等のバッテリーの内部状態の推定精度を向上させるようにしたものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

【0006】

また、従来の他のバッテリーの充電率推定方法としては、バッテリー情報（電流値、電圧値、温度値）を測定するバッテリー情報取得段階と、電圧値を用いて補正した補正電流値を積算して電流積算値を算出する電流補正段階と、補正電流値を積算して電流積算値を算出し、さらに電流積算値とバッテリー充放電効率が反映された電流積算容量を算出する積算容量算出段階と、バッテリー情報から算出したバッテリーの順電圧容量に基づき、電流積算容量の補正の可否を判定する補正可否判定段階と、この判定結果に応じて電流積算容量を補正あるいは補正せずにバッテリーの残存容量を求める積算補正段階と、を実行して、バッテリー情報の測定誤差を補正して充電率算出の精度を向上させるようにしたもののするものが知られている（例えば、特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2010-203854号公報

【特許文献2】得開2009-250970号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上記両従来発明にあっては、以下の問題点をそれぞれ有している。

すなわち、上記前者の従来の充電率推定装置にあっては、電流積算値法と適応デジタル・フィルタを用いた開放電圧法とを用いてそれぞれ推定した電気量の変化量を比較し、これらの差分から電流検出部の誤差値（電流測定値のオフセット量）を推定している。

しかしながら、これらの方法で求めた電気量などの推定値はそれぞれ異なった統計的特徴を有しているので、上記方法で得た電気量の変化量をそのまま比較し合っても、上記統計的特徴に起因した誤差を避けることはできず、高精度で放電電流計測器の検出誤差を推定することはできず、その結果、バッテリーの充電率の推定精度も低下してしまうといった問題がある。

【0009】

また、上記後者の従来の充電率推定方法にあっては、放電電流計測器の特性が使用時間・使用状況・使用環境などによって変化して行く上、計測器自体の個体差によるばらつき

10

20

30

40

50

を避けることができない。それにもかかわらず、この従来方法にあっては、すべての放電電流計測器が同じ特性を有するものと仮定して上記推定を行っているので、実際の特性との相違に起因した検出値の誤差には対応できず、高い精度で放電電流計測器の検出誤差を推定することはできず、その結果、この方法でもバッテリーの充電率も高精度に推定することは難しいといった問題がある。

【0010】

本発明は、上記不具合に鑑みなされたもので、その目的は充放電電流検出手段の特性の変動やばらつきにもかかわらず、高精度でバッテリーの充電率の推定ができるようにしたバッテリーの充電率推定装置を提供することにある。

【0011】

この目的のため、本発明の請求項1のバッテリーの充電率推定装置は、
バッテリーの充放電電流値を検出する充放電電流検出手段と、
バッテリーの端子電圧値を検出する端子電圧検出手段と、
充放電電流検出手段から入力された充放電電流値を積算して得た充電率とこの前の時刻に得た充電率とからバッテリーの電流積算法充電率を推定するとともに、充放電電流検出手段の検出精度に関する情報を元に電流積算法充電率の分散を算出する電流積算充電率推定手段と、

充放電電流検出手段から入力された充放電電流値と端子電圧検出手段から入力された端子電圧値とに基づきバッテリー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、この開放電圧値から開放電圧法充電率を推定するとともに、充放電電流検出手段および端子電圧検出手段の検出精度に関する情報を元に開放電圧法充電率の分散を算出する開放電圧法充電率推定手段と、

開放電圧法充電率と電流積算法充電率との差、電流積算法充電率の分散、開放電圧法充電率の分散に基づいて電流積算法充電率の推定誤差を推定する誤差推定手段と、

電流積算法充電率と誤差推定手段で推定した推定誤差とからバッテリーの充電率を求める充電率算出手段と、

を有することを特徴とする。

【0012】

本発明の請求項2に記載のバッテリーの充電率推定装置は、上記請求項1に記載の装置にあって、

開放電圧法充電率推定手段および誤差推定手段は、それぞれカルマン・フィルタを用いる、
ことを特徴とする。

【0013】

本発明の請求項3に記載のバッテリーの充電率推定装置は、上記請求項1又は2に記載の装置にあって、

電流積算法充電率推定手段は、前に得た充電率に充電率算出手段で得たバッテリーの充電率を用いて電流積算法充電率を推定する、

ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

請求項1の本発明のバッテリーの充電率推定装置にあっては、電流積算法充電率推定手段と開放電圧法充電率推定手段でそれぞれ電流積算法充電率と開放電圧法充電率を求めるとき、併せて平均値および分散をも用いて統計的な処理を施すようにしたので、充放電電流検出手段や端子電検出手段の特性の変動やばらつきがあっても、上記従来発明のものより高い精度でバッテリーBの充電率を推定できるようになる。

【0015】

請求項2の本発明のバッテリーの充電率推定装置にあっては、開放電圧法充電率推定手段および誤差推定手段に、それぞれカルマン・フィルタを用いたので、バッテリーの状態量を容易かつ高い精度で推測できるようになるとともに、カルマン・フィルタではもともと推

10

20

30

40

50

定平均値と推定分散値を逐次的に推定算出していることから、これらの値を新たに別途算出する必要がなくなる。

【0016】

請求項3の本発明のバッテリーの充電率推定装置にあっては、充電流積算法充電率推定手段が、充電率算出手段で得た充電率を用いて電流積算法充電率を推定するので、高精度で電流積算法充電率を推定することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明に係る実施例1のバッテリーの充電率推定装置の構成を示すブロック図である。

【図2】実施例1のバッテリーの充電率推定装置で用いる電流積算法充電率算出部の構成を示すブロック図である。

【図3】バッテリーの充電率推定装置で用いる開放電圧法充電率推定部の構成を示すブロック図である。

【図4】実施例1のバッテリーの充電率推定装置で用いるカルマン・フィルタの構成を説明するブロック図である。

【図5】実施例1のバッテリーの充電率推定装置で得られる充電率の時間的変化の例を示す図であって、(a)は電流積算法を用いて得られた充電率の時間的変化を示す図、(b)は開放電圧法を用いて得られた充電率の時間的変化を示す図、(c)は従来発明で得られた充電率の時間的変化を示す図、(d)は実施例1の充電率推定装置で得られた充電率の時間的変化を示す図である。

【図6】実施例1の充電率推定装置で実施したシミュレーション結果を示す図であって、(a)は電流積算法充電率算出部で得られた充電率とそのときの真値と比較して示した図、(b)は開放電圧法充電率推定部で得られた充電率とそのときの真値と比較して示した図、(c)は実施例1のバッテリーの充電率推定装置で用いる充電率算出部で得られた充電率とそのときの真値と比較して示した図である。

【図7】本発明に係る実施例2のバッテリーの充電率推定装置の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の実施の形態を、図面に示す実施例に基づき詳細に説明する。

【実施例1】

【0019】

実施例1のバッテリーの充電率推定装置の構成を図1に示す。同図に示すように、バッテリーBに接続された充電率推定装置は、充放電電流検出部1と、端子電圧検出部2と、電流積算法充電率推定部3と、開放電圧法充電率推定部4と、減算器5と、誤差推定部6と、減算器7と、を有する。

【0020】

バッテリーBは、本実施例にあっては、リチャージャブル・バッテリーであり、たとえばリチウム・イオン・バッテリーを用いるが、これ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。

【0021】

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大きさ、および制動時に電気モータを発電機として機能して制動エネルギーの一部を回収したり地上の電源設備から充電したりする場合の充電電流の大きさを検出するもので、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、入力信号として電流積算法充電率推定部3と開放電圧法充電率推定部4との双方へ入力される。

なお、電流検出部1は、種々の構造・形式を有するものを適宜採用でき、本発明の充放電電流検出手段に相当する。

10

20

30

40

50

【0022】

端子電圧検出部2は、バッテリーBの端子間の電圧を検出するものであり、ここで検出した端子電圧値Vは開放電圧法充電率推定法4へ入力される。

なお、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、本発明の端子電圧検出手段に相当する。

【0023】

電流積算法充電率推定部3は、減算器7で最終的に得られるバッテリーBの充電率SOCと充放電電流検出部1で検出された充放電電流値Iとが入力されて、この充放電電流値Iを積算して電流積算値を算出することでバッテリーBに出入りした電荷量を求め、これと減算器7から入力された充電率SOCとから電流積算法充電率SOC_iを算出するとともに、あらかじめ得られている充放電電流検出部1の検出精度に関する情報q（図2参照）に基づいて電流積算法分散Q_iを求めるものである。なお、電流積算法充電率SOC_iは、真の充電率SOCに誤差n_iが重畳された値になっている。また、電流積算法充電率推定部3は、本発明の電流積算法充電率推定手段に相当する。

【0024】

図2に、この電流積算法充電率推定部3の具体的構成を示す。同図に示すように、電流積算法充電率推定部3は、係数倍器31および積分器32からなる充電率算出部3Aと、電流積算法分散算出部3Bと、を備える。積分器32は、乗算器321と、遅延器322と、加算器323と、を有する。

乗算器31は、充放電電流検出部1から演算周期T_sごとに得られた充放電電流値I（平均値）に、係数1/FCCを掛ける演算器である。ここで、FCCはバッテリーBの満充電気量であり、バッテリーBの公称値（新品時の値）でも、劣化度を考慮した値のいずれでも良い。

積分器32の乗算器321は、係数倍器31からの出力値に演算周期T_sを掛けるものであり、この出力値はそのとき（現在）の充電率となる。遅延器322は、減算器7で得た充電率SOCに1/z（zはz変換を示す）を掛けて現在より1つ前の充電率SOCを得るものである。加算器323は、乗算器321からの出力値と遅延器322からの出力値とを加算して、電流積算法充電率SOC_iを出力する。

【0025】

一方、電流積算法分散算出部3Bは、あらかじめ得られている充放電電流検出部1の検出精度に関する情報qに基づき、電流積算法分散Q_iを求めるものであって、この算出には、以下の式を用いて再帰的行列演算を行う。

なお、以下の式において、Pは共分散行列、Fは状態遷移行列、Qはノイズ行列、T_sは演算周期であり、添え字kは時刻、上付き添え字Tは転置を表す記号である。ここで、Q_iは共分散行列P中のP₁₁として求まる。

【数1】

$$P_{k+1} = F P_k F^T + Q$$

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} 1 & T_s/FCC \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Q = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & q \end{bmatrix}$$

$$Q_i = P_{11}$$

【0026】

開放電圧法充電率推定部4は、充放電電流検出部1から演算周期T_sごとに得られた

充放電電流値 I と、端子電圧検出部 2 から演算周期 T_s ごとに入力された端子電圧値 V と、に基づき、バッテリー B のバッテリー等価回路モデルを用いて推定した開放電圧値 V_{OCV} から開放電圧法充電率 SOC_V を求めるとともに、充放電電流検出部 1 および端子電圧検出部 2 のあらかじめ与えられた検出精度の情報を元に開放電圧値 V_{OCV} の分散 P_{OCV} や開放電圧法充電率 SOC_V の分散 $P_{SOCV} (= Q_V)$ を算出するものである。本実施例では、開放電圧法充電率推定部 4 には、カルマン・フィルタを用いる。カルマン・フィルタについては後で説明する。なお、開放電圧法充電率推定部 4 は、本発明の開放電圧法充電率推定手段に相当する。

【0027】

図 3 に、開放電圧法充電率推定部 4 の具体的構成を示す。開放電圧法充電率推定部 4 は、同図に示すように、開放電圧推定部 4 A と、充電率算出部 4 B と、遅延器 4 C と、開放電圧部コンデンサ容量算出部 4 D と、を有する。

【0028】

開放電圧推定部 4 A は、充放電電流検出部 1 から演算周期 T_s ごとに得られた充放電電流値 I と、端子電圧検出部 2 から演算周期 T_s ごとに得られた端子電圧値 V と、開放電圧部コンデンサ容量算出部 4 D から入力された開放電圧部コンデンサ容量値 C_{OCV} と、が入力され、カルマン・フィルタを用いてバッテリー B の開放電圧値 V_{OCV} を推定するとともに、あらかじめ得られている充放電電流検出部 1 と端子電圧検出部 2 の検出精度に関する情報から、開放電圧の分散 P_{OCV} を算出するものである。

【0029】

充電率算出部 4 B は、開放電圧推定部 4 A で推定した開放電圧値 V_{OCV} に基づき、あらかじめ計測して記憶している、開放電圧値と開放電圧法充電率との関係のデータを用いて開放電圧法充電率 SOC_V を算出するとともに、開放電圧推定部 4 A で算出した開放電圧の分散 P_{OCV} に基づき、開放電圧法充電率 SOC_V の分散 P_{SOCV} を算出するものである。なお、充電率算出部 4 B で推定した開放電圧法充電率 SOC_V は、図 1 に示すように、真の充電率 SOC に推定誤差 n_V が重畳した値となっている。

【0030】

遅延器 4 C は、開放電圧推定部 4 A で推定した開放電圧値 V_{OCV} が入力されて $1/z$ が掛けられて現在の 1 つ前の開放電圧値を算出するものである。

開放電圧部コンデンサ容量算出部 4 D は、遅延器 4 C で算出された開放電圧値に基づき、バッテリー B の開放電圧コンデンサ容量値 C_{OCV} を算出して開放電圧推定部 4 A へ出力するものである。

なお、開放電圧コンデンサ容量値 C_{OCV} は、 $COCV = FCC / \{ 100 \times (1 \text{ つ前のサンプリング時に得られた開放電圧値のときの開放電圧法充電率 } SOC_V \text{ に対する開放電圧の傾き}) \}$ の式を用いて得られる。

【0031】

減算器 5 は、開放電圧法充電率推定部 4 で得た開放電圧法充電率 SOC_V から電流積算法充電率推定部 3 で得た電流積算法充電率 SOC_i を減算して得た減算値 y を誤差推定部 6 へ出力するものである。

【0032】

誤差推定部 6 は、電流積算法充電率推定部 3 で得た電流積算法分散 Q_i と、減算器 5 で得た充電率の減算値 y と、開放電圧法充電率推定部 4 で得た開放電圧法分散 Q_V と、に基づき、カルマン・フィルタを用いて、電流積算法充電率 SOC_i の推定誤差 n_i を推定するものである。なお、誤差推定部 6 では、開放電圧法充電率 SOC_V の推定誤差 n_V も推定される。誤差推定部 6 は、本発明の誤差推定手段に相当する。

【0033】

ここで、上記開放電圧法充電率推定部 4 や誤差推定部 6 で用いるカルマン・フィルタにつき、説明する。

開放電圧法充電率推定部 4 でのカルマン・フィルタでは、バッテリー B のバッテリー等価回路モデルに、実際のバッテリー B と同じ入力（充放電電流、端子電流、バッテリー温度など）

10

20

30

40

50

を入力し、これらの出力（端子電圧）を比較し、両者に差があれば、この差にカルマン・ゲインを掛けてフィードバックし、誤差が最小になるようにバッテリー等価回路モデルを修正していく。これを逐次繰り返して、真の内部状態量である開放電圧値などを推定する。

誤差推定部 6 でのカルマン・フィルタでは、誤差モデルで推定した誤差の差を減算器 5 で得た充電率の減算値と比較し、両者に差があれば、この差にカルマン・ゲインを掛けてフィードバックし、誤差が最小になるように推定誤差を修正していく。これを逐次繰り返して、真の充電率推定誤差を推定する。

【 0 0 3 4 】

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。

10

【数 2】

$$\begin{cases} x_{k+1} = Fx_k + v_k \\ y_k = Hx_k + w_k \end{cases}$$

ただし、添え字 k は時刻を表わしている。また、上記式で

20

【数 3】

状態変数	$x = [n_i \ n_v]^T$
観測値	$y = SOC_v - SOC_i$
状態変数	$F = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
出力行列	$H = [-1 \ 1]$
プロセスノイズ	$v \sim N(0, Q)$
検出部ノイズ	$w \sim N(0, R)$

30

である。

【 0 0 3 5 】

ここで、プロセスノイズと検出部ノイズは、平均値 0、分散 Q 、 R の正規性白色ノイズであって、電流積算法充電率推定部 3 と開放電圧法充電率推定部 4 とでそれぞれ求めた充電率の分散 Q_i 、 Q_v を用いて、以下の式で表される。

40

【数 4】

$$Q = [Q_i \ 0 \ 0 \ Q_v]$$

本実施例では、電流積算法充電率推定部 3 と開放電圧法充電率推定部 4 とで算出された分散の値を用いるので、上記値は可変値となる。

50

したがって、誤差推定部 6 の上流側にある電流積算法充電率推定部 3 と開放電圧法充電率推定部 4 との逐次的な推定精度（分散の値）を考慮した誤差推定が可能となり、より高精度での充電率 SOC の推定が可能となる。

【0036】

カルマン・フィルタは、以下の式を用いたアルゴリズムを利用する。

【数 5】

$$K_k = P_{k-1} H^T (H P_{k-1} H^T + R)^{-1} \quad (\text{式 1})$$

10

$$x_k = F(x_{k-1} + K_k(y_k - H^T x_{k-1})) \quad (\text{式 2})$$

$$P_k = F(P_{k-1} - K_k H^T P_{k-1}) F^T + Q \quad (\text{式 3})$$

ここで、 K_k はカルマン・ゲイン、 x_k は推定平均値、 P_k は推定分散値である。

【0037】

図 4 に示すように、カルマン・フィルタは、分散値算出部 8 と、カルマン・ゲイン算出部 9 と、平均値算出部 10 と、を備えている。

20

分散値算出部 8 は、共分散行列 P と、ノイズ行列 Q と、分散値算出部 8 からの出力値である分散値と、カルマン・ゲイン算出部 9 からのカルマン・ゲイン K が入力され、上記式 3 を用いて推定分散値 P_k を算出するものである。

カルマン・ゲイン算出部 9 は、分散値算出部 8 から入力された推定分散値 P_k と正規白色ノイズ R とが入力され、上記式 1 を用いてカルマン・ゲイン K を算出するものである。

【0038】

平均値算出部 10 は、減算器 11 と、乗算器 12 と、加算器 13 と、遅延器 14 と、乗算器 15 と、乗算器 16 と、を有し、減算器 5 から入力された観測値 y ($=SOC_V - SOC_i$) とカルマン・ゲイン算出部 9 で得られたカルマン・ゲイン K とに基づき、上記式 2 を用いて、状態変数 x を演算するものである。

30

【0039】

平均値算出部 11 の減算器 11 は、入力された観測値 y から乗算器 16 の出力値を減算するものである。

乗算器 12 は、カルマン・ゲイン算出部 9 で得たカルマン・ゲイン K に減算器 11 の出力値を掛けるものである。

加算器 13 は、乗算器 12 の出力値と乗算器 15 の出力値とを加算して得た加算値を遅延器 14 へ出力するものである。

遅延器 14 は、加算器 13 の加算値に $1/z$ をかけて現在の 1 つ前の加算値を得てこの値を状態変数 x とするものである。

乗算器 15 は、状態行列 F に遅延器 14 から入力された状態変数 x を掛けて得た値を加算器 13 と乗算器 16 へ出力するものである。

40

乗算器 16 は、出力行列 H に乗算器 15 の出力値を掛けて得た値を減算器 11 へ出力するものである。

【0040】

なお、カルマン・フィルタでは、もともとバッテリー B の状態量を推定するに際し、その推定の平均値と分散値を逐次的に推定算出しているので、これらの値を新たに別途算出する必要はない。

【0041】

減算器 7 は、電流積算法充電率推定部 3 で推定した電流積算法充電率 SOC_i から、誤差推定部 6 で得た推定誤差 n_i を減算して、バッテリー B の充電率 SOC を得るものである。減算

50

器 7 は、本発明の充電率算出手段に相当する。

【0042】

上記実施例 1 の充電率算出装置は、以下のように作用する。

バッテリー B の充放電電流値 I と端子電圧値 V とは、充放電電流検出部 1 と端子電圧検出部 2 とにより充電率算出装置の起動中、逐次検出される。なお、これらの検出値は検出したアナログ値がデジタル値に変換されて、それらの後のデジタル演算に利用される。

【0043】

電流積算法充電率推定部 3 では、充放電電流値と、充放電電流検出部 1 のあらかじめ与えておいた情報（分散と）、減算器 7 で得た充電率 SOC と、に基づき、電流積算法充電率 SOC_i とこの分散 Q_i とを得る。

10

一方、開放電圧法充電率推定部 4 では、充放電電流値 I と、端子電圧値 V と、充放電電流検出部 1 および端子電圧検出部 2 のあらかじめ与えておいた情報（分散）と、に基づき、カルマン・フィルタを利用して、開放電圧法充電率 SOC_v とこの分散 Q_v とを得る。

【0044】

電流積算法充電率推定部 3、開放電圧法充電率推定部 4 でそれぞれ得られた充電率の分散 Q_i 、 Q_v と、減算器 5 で得られた観測値 y ($=SOC_v - SOC_i$) とは、誤差推定部 6 に入力されて、ここでカルマン・フィルタを利用して電流積算法充電率 SOC_i の推定誤差 n_i を推定する。

減算器 7 では、電流積算法充電率推定部 3 で得た電流積算法充電率 SOC_i からこのノイズとしての推定誤差 n_i を減算して、バッテリー B の充電率 SOC を得る。

20

【0045】

ここで、推定された充電率の時間的変化の結果につき、実施例 1 の充電率算出装置と従来発明(特許文献 1 に記載のもの)に記載のものとの比較した結果のイメージを図 5 に示す。

なお、同図において、(a) は電流積算法を用いて得られた充電率の時間的変化を示す図、(b) は開放電圧法を用いて得られた充電率の時間的変化を示す図、(c) は従来発明で得られた充電率の時間的変化を示す図、(d) は実施例 1 の充電率推定装置で得られた充電率の時間的変化を示す図である。

【0046】

図 5 (a) に示すように、電流積算法による充電率の推定値は、時間が経過するにしたがって、誤差も積算されて行き、充電率真値から大きくずれて行くことが分かる。

30

また、図 5 (b) に示すように、開放電圧法による充電率の推定値と充電率真値との誤差は、時間が経つにつれ大きくなっていくということはないが、絶えず短い時間で充電率真値に対し、大きくなったり小さくなったりして、大きくずれていることが分かる。

また、図 5 (c) に示すように、従来発明のもので得られた充電率は、補正されているため、この充電率の誤差は、上記電流積算法や開放電圧法に比べると小さくなっている。しかしながら、この補正は電圧値を元に電流値を補正しているため、電圧値の影響から逃れることができない。この結果、電流検出部のばらつきを十分に補正しきれず、時間が経つにつれて誤差が大きくなっていくことが分かる。

一方、図 5 (d) に示すように、実施例 1 の充電率推定装置では、電圧の変動や充放電電流検出部 1 のばらつきをよく吸収して誤差を従来発明の場合より小さく抑え、かつ時間が経っても誤差が増大していかないことが分かる。

40

【0047】

次に、シミュレーションを行って得た、実施例 1 の充電率算出装置で推定した充電率 SOC と充電率真値との比較結果を、図 6 に示す。

電流積算法充電率推定部 3 で推定した電流積算法充電率 SOC_i は、図 6 (a) に示すように、時間が経つにしたがって大きくずれて行くことが分かる。

また、開放電圧法充電率推定部 4 で推定した、開放電圧法充電率 SOC_v は、図 6 (b) に示すように、時間が経つにしたがって大きくずれて行くことはないものの、絶えず短時間で大きく変動し、たびたび大きな誤差が生じることが分かる。

50

しかしながら、実施例 1 の充電率推定装置では、図 6 (c) に示すように、電流積算法充電率推定部 3 と開放電圧法充電率推定部 4 で平均値、分散を考慮して誤差推定部 6 や減算器 7 で得た充電率 SOC は、真値からのずれ、すなわち誤差は小さく、また時間が経つにしたがって大きくずれて行くこともないことが分かる。すなわち、実施例 1 の充電率推定装置は、高精度で充電率を推定できることが分かる。

【0048】

以上のように、実施例 1 のバッテリーの充電率推定装置にあっては、以下の効果を得ることができる。

実施例 1 のバッテリーの充電率推定装置にあっては、電流積算法充電率推定部 3、開放電圧法充電率推定部 4 で電流積算法充電率 SOC_i と開放電圧法充電率 SOC_V を求めるとき、併せて平均値および分散をも用いて統計的な処理を施し、これらから推定誤差を求めて充電率を算出するようにしたので、充放電電流検出部 1 や端子電圧検出部 2 の特性の変動やばらつきがあっても、従来発明のものよりも高い精度でバッテリー B の充電率 SOC を推定できるようになる。

【0049】

また、開放電圧法充電率推定部 4 および誤差推定部 6 には、それぞれカルマン・フィルタを用いたので、バッテリー B の状態量を容易かつ高い精度で推測できるようになるとともに、カルマン・フィルタではもともと推定平均値と推定分散値を逐次的に推定算出していることから、これらの値を新たに別途算出する必要がなくなる。

【0050】

また、電流積算法充電率推定部 3 では、減算器 7 で得た充電率を用いて電流積算法充電率 SOC_i を推定するので、高精度で電流積算法充電率 SOC_i を推定することが可能となる。

【0051】

次に、本発明に係る実施例 2 のバッテリーの充電率推定装置につき、図 7 に基づいて説明する。なお、実施例 2 にあっては、実施例 1 と同様の構成部分には実施例 1 のものと同じ番号を付し、それらの説明は省略する。

実施例 2 の充電率推定装置では、図 1 の実施例 1 において、電流積算法充電率推定部 3 の遅延器 3 2 に減算器 7 の出力値である充電率 SOC を入力しているが、実施例 2 では減算器 7 の充電率 SOC の代わりに、電流積算法充電率推定部 3 の出力値である電流積算法充電率 SOC_i を用いて、これを遅延器 3 2 へ入力するようにしている。

その他の構成は、実施例 1 と同じである。

【0052】

このように、電流積算法充電率推定部 3 の遅延器 3 2 に電流積算法充電率推定部 3 から出力された電流積算法充電率 SOC_i を入力しても、実施例 1 の場合より若干誤差が大きくなるものの、従来発明のものより充電率の誤差を小さくすることができる。

【0053】

以上、本発明を上記各実施例に基づき説明してきたが、本発明はこれらの実施例に限られず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で設計変更等があった場合でも、本発明に含まれる。

【0054】

たとえば、本発明にあっては、実施例 1、2 ではノイズ行列 Q を可変値としたが、通常のカルマン・フィルタのように固定値を用いることも可能である。この場合、可変値を用いた場合より若干推定精度は低下するものの、従来発明で得た推定精度より高い精度を得ることができることは言うまでもない。

【符号の説明】

【0055】

- 1 充放電電流検出部（充放電電流検出手段）
- 2 端子電圧検出部（端子電圧検出手段）
- 3 電流積算法充電率推定部（電流積算法充電率推定手段）
- 3 A 充電率算出部

10

20

30

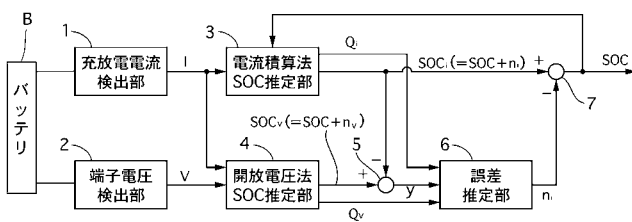
40

50

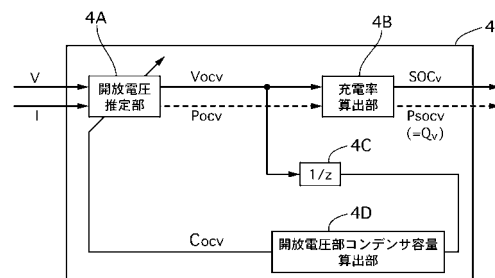
- | | |
|-----|-------------------------|
| 3 B | 電流積算法分散算出部 |
| 4 | 開放電圧法推定部（開放線圧法法充電率推定手段） |
| 4 A | 開放電圧推定部 |
| 4 B | 充電率算出部 |
| 4 C | 遅延器 |
| 4 D | 開放電圧部コンデンサ容量算出部 |
| 5 | 減算器 |
| 6 | 誤差推定部（誤差推定手段） |
| 7 | 減算器（充電率算出手段） |
| 8 | 分散値算出部 |
| 9 | カルマン・ゲイン算出部 |
| 10 | 平均値算出部 |
| B | バッテリ |

10

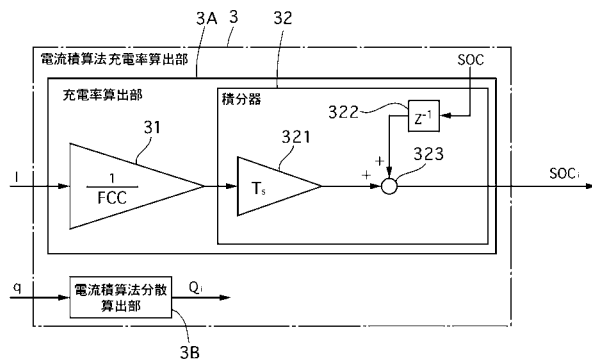
【 図 1 】



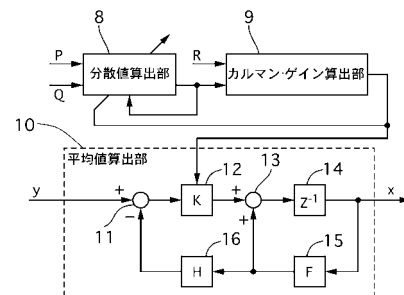
【図 3】



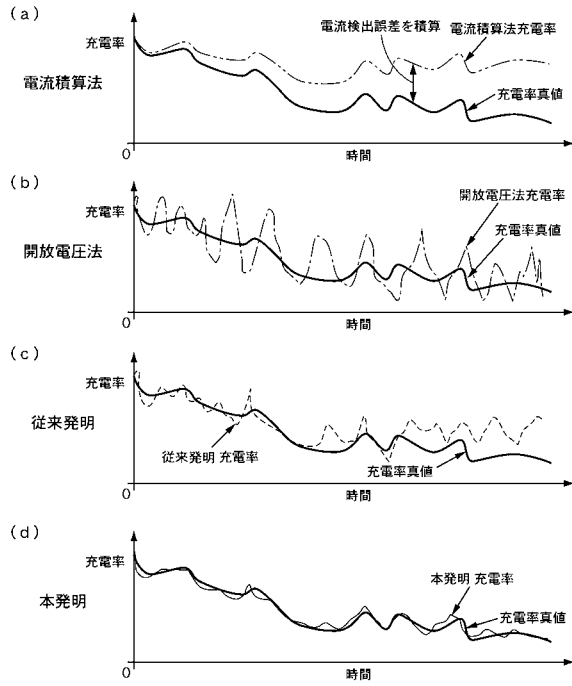
【図 2】



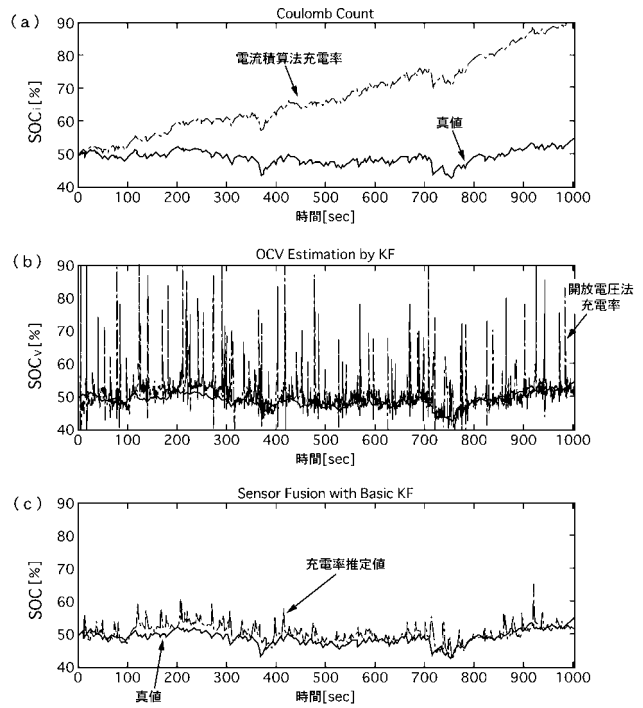
【図 4】



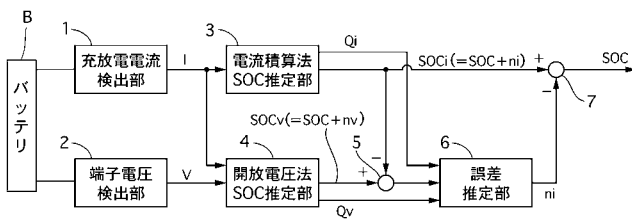
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 足立 修一

神奈川県横浜市港北区日吉 3 丁目 1 4 番 1 号 慶應義塾大学 理工学部内

Fターム(参考) 2G016 CA03 CB00 CB11 CB21 CB22 CB31 CB32 CC01 CC04 CC23

CC24 CD02 CD18 CF07

5G503 EA05

5H030 AA03 AA04 AS08 FF42 FF44