

(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2008-14702

(P2008-14702A)

(43) 公開日 平成20年1月24日(2008.1.24)

(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 A	2GO16
HO 1 M 10/48 (2006.01)	HO 1 M 10/48 P	5GO03
HO 2 J 7/00 (2006.01)	HO 2 J 7/00 M	5HO30
	HO 2 J 7/00 Y	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2006-184380 (P2006-184380)
 (22) 出願日 平成18年7月4日(2006.7.4)

(71) 出願人 000005348
 富士重工業株式会社
 東京都新宿区西新宿一丁目7番2号
 (74) 代理人 100080001
 弁理士 筒井 大和
 (74) 代理人 100093023
 弁理士 小塚 善高
 (74) 代理人 100117008
 弁理士 筒井 章子
 (72) 発明者 難波 篤史
 東京都新宿区西新宿一丁目7番2号 富士
 重工業株式会社内
 (72) 発明者 小野 幹夫
 東京都新宿区西新宿一丁目7番2号 富士
 重工業株式会社内

最終頁に続く

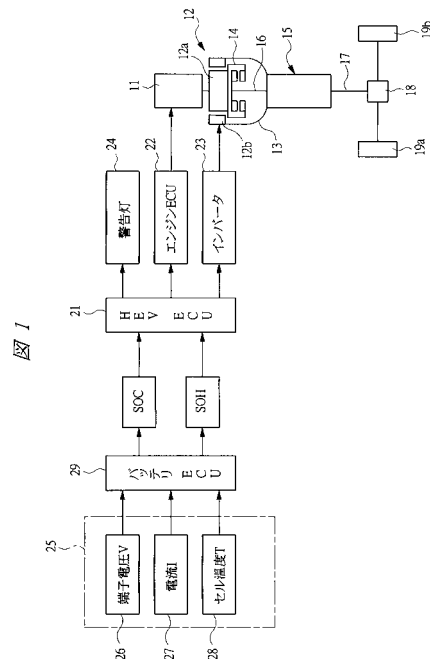
(54) 【発明の名称】 バッテリーの劣化演算装置

(57) 【要約】

【課題】 バッテリーの電流量変化率に基づいてバッテリーの劣化を高精度に検出する。

【解決手段】 バッテリー25の充放電電流Iを積算して電流積算に基づく残存容量(SOCc)を求めるとともに、端子電圧Vと充放電電流Iとバッテリーの等価回路のインピーダンスZとから推定されるバッテリーの開放電圧V0により開放電圧の推定値に基づく残存容量(SOCv)を求めて、これらの残存容量の重み付けして合成される合成残存容量(SOC)を求める。一方、電流積算に基づく残存容量の変化量(SOCc)と、合成残存容量の変化量(SOC)とにより電流量変化率を求めて、この電流量変化率が所定値以下となったときバッテリーの劣化度が設定値よりも進んだことを判定する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

バッテリーの端子電圧を検出する電圧検出手段と、
前記バッテリーの充放電電流を検出する電流検出手段と、
前記電圧検出手段により検出される前記端子電圧、前記電流検出手段により検出される充放電電流、および前記バッテリーの等価回路のインピーダンスから推定されるバッテリーの開放電圧により開放電圧に基づく残存容量を演算する第 1 の残存容量演算手段と、
前記電流検出手段により検出される充放電電流を積算して電流積算に基づく残存容量を演算する第 2 の残存容量演算手段と、
前記第 1 の残存容量と前記第 2 の残存容量とを前記バッテリーの使用状況に応じて設定されるウェイトを用いて重み付け合成して合成残存容量を演算する合成残存容量演算手段と

10

、
電流積算に基づく残存容量の変化量と、合成残存容量の変化量とにより電流容量変化率を演算する容量変化率演算手段と、

前記電流容量変化率が所定値以下となったときにバッテリーの劣化度が設定値よりも小さくなったことを判定する劣化判定手段とを有することを特徴とするバッテリーの劣化演算装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載のバッテリーの劣化演算装置において、前記充放電電流が所定の範囲内において所定時間継続したときに前記劣化度を判定することを特徴とするバッテリーの劣化演算装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載のバッテリーの劣化演算装置において、前記バッテリーの温度が所定の範囲内において所定時間継続したときに前記劣化度を判定することを特徴とするバッテリーの劣化演算装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のバッテリーの劣化演算装置において、前記合成残存容量の変化量が所定値以上となったときに前記劣化度を判定することを特徴とするバッテリーの劣化演算装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のバッテリーの劣化演算装置において、前記電流容量変化率を所定時間毎に複数回演算し、複数の前記電流容量変化率の平均値に基づいて劣化度を判定することを特徴とするバッテリーの劣化演算装置。

30

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のバッテリーの劣化演算装置において、前記電流容量変化率を加重平均し、加重平均値に基づいて劣化度を判定することを特徴とするバッテリーの劣化演算装置。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のバッテリーの劣化演算装置において、前記劣化度が予め設定されたバッテリー寿命に対応した値を下回ったときに警告表示することを特徴とするバッテリーの劣化演算装置。

40

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載のバッテリーの劣化演算装置において、前記電流積算に基づく残存容量と前記合成残存容量とを、劣化度を判定した場合にはそれぞれを初期値として更新することを特徴とするバッテリーの劣化演算装置。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載のバッテリーの劣化演算装置において、前記バッテリーの電流値がほぼゼロの状態が所定時間継続した状態のもとでそれぞれ演算された前記電流積算に基づく残存容量と前記合成残存容量とを初期値として更新することを特徴とするバッテリーの劣化演算装置。

50

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載のバッテリーの劣化演算装置において、前記劣化度を判定するために使用した電流容量変化率を初期値として更新することを特徴とするバッテリーの劣化演算装置。

【請求項 11】

請求項 10 記載のバッテリーの劣化演算装置において、電流容量変化率をシステム終了時に初期値として更新することを特徴とするバッテリーの劣化演算装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は負荷に電力を供給するバッテリーの劣化状態を演算するバッテリーの劣化演算装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電動モータを駆動源とする電気自動車や電動モータとエンジンとを駆動源とするハイブリッド自動車等の電源として、二次電池や電気化学キャパシタ等の蓄電器つまりバッテリーが利用されている。例えば、ハイブリッド自動車のバッテリーとしては、リチウムイオン電池等の二次電池が利用されており、駆動輪にモータトルクを伝達する際には電動モータにはバッテリーから電力が供給され、バッテリーはエンジンにより駆動されるジェネレータからの電力によって充電される。

【0003】

バッテリーは充放電が繰り返されると、経時変化ないし経年変化により劣化が進み、劣化が進行するとバッテリーの内部抵抗つまりインピーダンスが高くなり、充電容量が少なくなる。したがって、劣化が進行すると満充電状態から放電することができる放電可能容量が次第に低下することになる。そこで、バッテリーの交換時期を確実に把握するために、バッテリーの劣化度つまりSOH(State of Health)を監視することが行われている。

【0004】

バッテリーの劣化が進行すると、内部抵抗が増加し逆に電流容量が減少するので、バッテリーの劣化を求めるには内部抵抗を検出するようにした抵抗劣化演算と電流容量を検出する容量劣化演算とがある。バッテリーの劣化を検出するために、従来は、抵抗劣化を演算する

【特許文献 1】特開平 8 - 214469 号公報

【特許文献 2】特開 2001 - 16787 号公報

【特許文献 3】特開 2003 - 177164 号公報

【特許文献 4】特開 2004 - 354050 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 には、バッテリーの劣化度を演算するために、スタータスイッチが操作されてスタータによるクランキング中のバッテリー電圧を検出してバッテリーの内部抵抗を検出する演算方式が記載されており、内部抵抗が設定値以上となった場合にはバッテリーの劣化と判定するようにしている。この方式では、スタータ電流を所定の固定値とみなして内部抵抗を検出するようにしており、正確なバッテリーの劣化値を算出することが困難である。特許文献 2 には、バッテリーが劣化していなければ充電側の電圧変動がバッテリーにより平滑化されるので、リップノイズによる充電側の電圧変動と放電側の電圧変動とを比較することにより、バッテリーの劣化を判定するようにした劣化検出装置が記載されている。この検出装置においては、バッテリーの内部抵抗の算出は満充電時に限定されており、電圧変動と組み合わせれば劣化判定の精度は向上するが、ハイブリッド自動車においては満充電の機会が限定されてしまうので、劣化の状況をタイムリーに把握することが難しい。

【0006】

特許文献3には、バッテリーの内部抵抗を特許文献1と同様に負荷の突入電流を用いて算出した純抵抗の劣化値成分と、バッテリーの放電電流と端子電圧より算出した分極抵抗（予め測定した値による近似式を使用）の劣化値成分を乗じてバッテリーとしての劣化値を算出しているが、バッテリー温度や特性ばらつきの負荷変動に算出精度が大きく影響される。特許文献4では、非劣化時の満充電開放電圧～放電終止開放電圧間の充放電量をベースとして、電流積算で求めた充放電量と開放電圧値から、非劣化時との充放電量の差を劣化値として算出している。しかし、開放電圧の算出精度を確保するために活物質の劣化モードや電圧ヒステリシスによる変化成分を考慮して、いずれも実測値をベースとしているため使用環境が基礎データ取得時と大きく異なった場合にはカバーしきれない。

【0007】

10

本発明の目的はバッテリーの劣化を高精度に検出し得るようにすることにある。

【0008】

本発明の他の目的はバッテリーの電流容量変化率に基づいてバッテリーの劣化を高精度に検出し得るようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のバッテリーの劣化演算装置は、バッテリーの端子電圧を検出する電圧検出手段と、前記バッテリーの充放電電流を検出する電流検出手段と、前記電圧検出手段により検出される前記端子電圧、前記電流検出手段により検出される充放電電流、および前記バッテリーの等価回路のインピーダンスから推定されるバッテリーの開放電圧により開放電圧に基づく残存容量を演算する第1の残存容量演算手段と、前記電流検出手段により検出される充放電電流を積算して電流積算に基づく残存容量を演算する第2の残存容量演算手段と、前記第1の残存容量と前記第2の残存容量とを前記バッテリーの使用状況に応じて設定されるウェイトを用いて重み付け合成して合成残存容量を演算する合成残存容量演算手段と、電流積算に基づく残存容量の変化量と、合成残存容量の変化量とにより電流容量変化率を演算する容量変化率演算手段と、前記電流容量変化率が所定値以下となったときにバッテリーの劣化度が設定値よりも大きくなったことを判定する劣化判定手段とを有することを特徴とする。

20

【0010】

本発明のバッテリーの劣化演算装置においては、前記充放電電流が所定の範囲内において所定時間継続したときに前記劣化度を判定することを特徴とする。

30

【0011】

本発明のバッテリーの劣化演算装置においては、前記バッテリーの温度が所定の範囲内において所定時間継続したときに前記劣化度を判定することを特徴とする。

【0012】

本発明のバッテリーの劣化演算装置においては、前記合成残存容量の変化量が所定値以上となったときに前記劣化度を判定することを特徴とする。

【0013】

本発明のバッテリーの劣化演算装置においては、前記電流容量変化率を所定時間毎に複数回演算し、複数の前記電流容量変化率の平均値に基づいて劣化度を判定することを特徴とする。

40

【0014】

本発明のバッテリーの劣化演算装置においては、前記電流容量変化率を加重平均し、加重平均値に基づいて劣化度を判定することを特徴とする。

【0015】

本発明のバッテリーの劣化演算装置においては、前記劣化度が予め設定されたバッテリー寿命に対応した値を下回ったときに警告表示することを特徴とする。

【0016】

本発明のバッテリーの劣化演算装置においては、前記電流積算に基づく残存容量と前記合成残存容量とを、劣化度を判定した場合にはそれぞれを初期値として更新することを特徴

50

とする。

【0017】

本発明のバッテリーの劣化演算装置においては、前記バッテリーの電流値がほぼゼロの状態が所定時間継続した状態のもとでそれぞれ演算された前記電流積算に基づく残存容量と前記合成残存容量とを初期値として更新することを特徴とする。

【0018】

本発明のバッテリーの劣化演算装置においては、前記劣化度を判定するために使用した電流容量変化率を初期値として更新することを特徴とする。

【0019】

本発明のバッテリーの劣化演算装置においては、電流容量変化率をシステム終了時に初期値として更新することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、電流積算に基づく残存容量の変化量はバッテリーの劣化により変化するが、パラメータが限定されており電圧変化に依存しないので、電流積算に基づく残存容量の変化量により劣化を判定することによって、バッテリーの負荷変動が発生しても劣化度の判定には影響を与えることなく、高精度でバッテリーの劣化度を求めることができる。

【0021】

電流積算に基づく残存容量と開放電圧の推定による残存容量とを重み付けした合成残存容量の変化量を用いてバッテリーの劣化を算出するようにしたので、高精度でバッテリーの劣化度を求めることができる。

20

【0022】

劣化算出条件を設定することにより、劣化判定精度を高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、本発明の実施の形態を図面に基いて詳細に説明する。図1はハイブリッド自動車の駆動制御システムを示す概略図であり、このハイブリッド自動車(HEV)は駆動源としてのエンジン11とジェネレータモータ12とを有し、ジェネレータモータ12は車両駆動源としてのモータの機能と、発電機つまりジェネレータとしての機能とを具備している。ジェネレータモータ12はエンジン11のクランク軸に連結されるロータ12aと、ロータ12aの外側に配置されてケース13に固定されるステータ12bとを有している。ロータ12aはトルクコンバータ14を介して変速機15の入力軸16に連結されており、エンジントルクとモータトルクは変速機の入力軸16に伝達され、発電時にはエンジントルクはロータ12aに伝達される。変速機15の出力軸17はデファレンシャル機構18を介して左右の駆動輪19a, 19bに連結されている。

30

【0024】

図1に示すハイブリッド自動車は、エンジン11とジェネレータモータ12の一方または双方の駆動トルクを駆動輪に伝達することができ、エンジン11によりジェネレータモータ12を駆動してバッテリーに充電することもでき、充電しながらエンジン11により車両を駆動することができる。例えば、車両走行時には主要な動力源としてエンジン11を駆動し、発進時や加速時にはジェネレータモータ12のアシストトルクを補助的に車両に付加することができる。ジェネレータモータ12は制動時には発電機として機能し、回生エネルギーを回収してバッテリーを充電することができる。

40

【0025】

駆動制御システムは、図1に示すように、マイクロプロセッサ等を有するハイブリッド制御ユニット(HEVCU)21を有している。このハイブリッド制御ユニット21からはエンジン11に駆動信号を送るエンジン制御ユニット(エンジンECU)22と、ジェネレータモータ12に駆動信号を送るインバータ23と、警告灯24とに制御信号が送られるとともに、自動変速機などの各種機器にも制御信号が送られる。バッテリー25は、リチウムイオン二次電池であり、複数のセルが封止された電池パックを複数個直列に接続

50

して構成されている。バッテリー 25 の端子電圧 V を測定する電圧センサ 26 と、バッテリー 25 の充放電電流 I を測定する電流センサ 27 と、バッテリー 25 の温度つまりセル温度 T を測定する温度センサ 28 がそれぞれ電源制御ユニット（バッテリー ECU）29 に接続されている。

【0026】

電源制御ユニット 29 は、ハイブリッド制御ユニット 21 と同様に、制御信号を演算するマイクロプロセッサ CPU と、制御プログラム、演算式およびマップデータ等が格納される ROM と、一時的にデータを格納する RAM 等を有しており、第 1 および第 2 の残存容量演算手段、容量変化率演算手段、および劣化判定手段を構成している。電源制御ユニット 29 は、それぞれのセンサ 26 ~ 28 の信号に基づいて所定時間毎にバッテリー 25 の残存容量 SOC とバッテリー 25 の劣化度 SOH を演算してハイブリッド制御ユニット 21 に信号を送る。

10

【0027】

図 2 はバッテリー残存容量 SOC の演算方式のアルゴリズムを示すブロック図であり、特開 2005 - 201743 号公報に記載されるように、電流センサ 27 からの信号により電流積算に基づいて残存容量 SOC_c を所定時間 t 毎に算出するとともに、電圧センサ 26 からの信号によりバッテリー開放電圧の推定値により開放電圧に基づいて残存容量 SOC_v を算出し、それぞれを重み付けして合成した合成残存容量 SOC をバッテリー 25 の残存容量として出力する。

【0028】

合成残存容量 SOC を求めるための電流積算に基づく残存容量 SOC_c は、以下の式 (1) により算出される。

20

$$SOC_c = SOC(t-1) - (I \times dt) / (Ah \times 3600) \times 100 \dots (1)$$

【0029】

ただし、 $SOC(t-1)$ は 1 演算周期前に求められた合成残存容量 SOC の値であり、電流積算のベース値となっており、図 2 においては遅延演算子 Z^{-1} として示されている。また、式 (1) において、 η はバッテリーの効率であり、 Ah はバッテリーの電流容量である。

【0030】

図 3 はバッテリーの電流容量低下率とバッテリーの温度 T との関係を示す特性線図であり、温度 25 における電流容量 Ah を 1 とした場合における電流容量の比を示している。この特性線図に対応する電流容量低下率のテーブルが ROM に格納されており、格納された電流容量低下率のテーブルを参照することによって、温度センサ 28 により検出された温度 T に基づいて電流容量 Ah が求められる。

30

【0031】

一方、開放電圧 V_0 が求められれば、開放電圧 V_0 と電流容量 Ah とには一定の関係があるので、マップデータや演算式により開放電圧 V_0 に基づく残存容量を求めることができる。しかし、バッテリーに電流が流れているときには端子電圧 V を測定しても、それは開放電圧 V_0 を検出したことにはならない。そこで、電圧センサ 26 が測定したバッテリー 25 の端子電圧 V により開放電圧 V_0 を推定し、その推定値によって開放電圧に基づく残存容量 SOC_v を演算する。

40

【0032】

図 4 は、開放電圧 V_0 の推定値に基づいてバッテリーの残存容量 SOC_v を求めるためのバッテリーの等価回路モデル図である。この等価回路は、抵抗分 $R_1 \sim R_3$ 、容量分 C_1 , CPE_1 , CPE_2 (但し、 CPE_1 , CPE_2 は二重層容量分) の各パラメータを、直列及び並列に組み合わせた等価回路モデルであり、交流インピーダンス法における周知の Cole-Cole プロットをカーブフィッティングすることにより各パラメータを決定する。

【0033】

これらの各パラメータから求められるインピーダンス Z は、バッテリーの温度や電気化学的な反応速度、充放電電流の周波数成分によって大きく変化する。したがって、インピーダンス Z を決定するパラメータとして、単位時間当たりの電流 I の移動平均値を周波数成

50

分の置き換えとして採用し、電流 I の移動平均値と温度 T とを条件とするインピーダンス測定を行ってデータを蓄積した後、温度 T と単位時間当たりの電流 I の移動平均値とに基づいてインピーダンス Z のテーブルを作成し、ROMに格納する。そして、このインピーダンステーブルを利用してインピーダンス Z を求め、このインピーダンス Z と、実測した端子電圧 V と電流 I とから、以下の式(2)を用いて開放電圧 V_0 の推定値を求める。

$$V = V_0 - I \cdot Z \cdots (2)$$

【0034】

電流 I の積算により式(1)により求められる残存容量 SOC_c と、端子電圧 V に基づいて式(2)により求められる開放電圧 V_0 の推定による残存容量 SOC_v とにはそれぞれ一長一短がある。電流積算による残存容量 SOC_c は、誤差が累積し易く、特に高負荷継続時の誤差が大きい反面、突入電流等の負荷変動に強い。これ対し、開放電圧推定による残存容量 SOC_v は、通常の使用時においてはほぼ正確な値を求めることが可能であるが、負荷が短時間で大きく変動したときに値が急激に変化する可能性がある。

10

【0035】

そこで、電流 I を積算して求めた残存容量 SOC_c と、バッテリー開放電圧の推定値から求めた残存容量 SOC_v とを、バッテリーの使用状況に応じて随時変化させるウェイト(重み係数) w により重み付けして合成することにより、双方の残存容量の欠点を打ち消して互いの利点を最大限に引き出すことができる。合成後の残存容量 SOC は、以下の式(3)で求められる。

$$SOC = w \cdot SOC_c + (1 - w) \cdot SOC_v \cdots (3)$$

20

【0036】

ウェイト w は、 $w = 0 \sim 1$ の間の値であり、現在のバッテリーの使用状況を的確に表すことのできるパラメータを用いて決定される。そのパラメータとしては、単位時間当たりの電流の変化率 I や残存容量 SOC_c , SOC_v の間の偏差等を用いることが可能である。

【0037】

単位時間当たりの電流の変化率は、バッテリーの負荷変動を直接的に反映しているが、単なる電流変化率では瞬間的に発生する電流の急激な変化の影響を受けてしまう。そこで、瞬間的に発生する電流の変化の影響を防止するために所定のサンプリング数の単純平均、移動平均、加重平均等の処理を施した電流変化率が用いられる。特に、電流の遅れを考慮すると、バッテリーの充放電状態の変化に対して、過去の履歴が過剰となることなく適切に反映することのできる移動平均を用いてウェイト w を決定することが好ましい。

30

【0038】

図5はウェイトテーブルの一例を示す説明図であり、ウェイト w は図5に示す場合には、電流 I の移動平均値を温度補正した補正後電流変化率 $K = I / t$ をパラメータとしている。図5に示すように、補正後電流変化率 $K = I / t$ が小さくなる程、すなわちバッテリーの負荷変動が小さい程ウェイト w の値を小さくして電流積算による残存容量 SOC_c の重みを小さくする傾向となっている。

【0039】

一方、前述したインピーダンステーブルは、補正後電流変化率 $K = I / t$ と温度 T とをパラメータとして等価インピーダンス Z の値を格納したテーブルであり、補正後電流変化率 $K = I / t$ が同じ場合には、温度 T が低くなる程インピーダンス Z が増加し、同じ温度では、補正後電流変化率 $K = I / t$ が小さくなる程、インピーダンス Z が増加する傾向となっている。

40

【0040】

このように、電流 I の移動平均値は、ウェイト w とインピーダンス Z を決定するパラメータとしても用いられ、ウェイト w 、インピーダンス Z の演算を容易としているが、低温になる程バッテリーの内部インピーダンスが増加して電流変化率が小さくなるため、ウェイト w 、インピーダンス Z は、直接的には、上述のように電流 I の移動平均値を温度補正した補正後電流変化率 $K = I / t$ を用いて決定される。

50

【0041】

電流 I の移動平均値に基づいてウェイト w を決定することにより、電流 I の移動平均値が大きいときには、電流積算のウェイトを高くして開放電圧推定のウェイトを下げ、負荷変動の影響を電流積算によって正確に反映するとともに、開放電圧推定時の振動を防止することができる。逆に、電流 I の移動平均値が小さいときには、電流積算のウェイトを下げ、開放電圧推定のウェイトを高くすることにより、電流積算時の誤差の累積による影響を回避し、開放電圧の推定により正確な残存容量を算出することができる。

【0042】

電流 I の移動平均は、電流の高周波成分に対するローパスフィルタとなり、この移動平均のフィルタリングにより、遅れ成分を助長することなく、走行中の負荷変動で発生する電流のスパイク成分を除去できる。これにより、バッテリー状態をよりの確に把握することができ、残存容量 $SOCC$ 、 $SOCV$ 双方の欠点を打ち消して互いの利点を最大限に引き出し、残存容量の推定精度を大幅に向上させることができる。

10

【0043】

本発明においては、電流積算に基づく残存容量 $SOCC$ の所定時間内における変化量 ($\Delta SOCC$) と、この所定時間と同一の時間内における合成残存容量 SOC の変化量 (ΔSOC) とを演算し、これらの変化量から電流容量変化率 ($\Delta SOCC / \Delta SOC$) を求める。

【0044】

所定時間内における残存容量 $SOCC$ の変化量を求めるには、以下の式 (1a) により所定時間経過前後の残存容量 $SOCC$ が算出される。

20

$$SOCC = SOCC(0) - \left(\int I \times dt \right) / (Ah \times 3600) \times 100 \dots (1a)$$

【0045】

式 (1a) における初期値 $SOCC(0)$ は、式 (1) におけるベース値 $SOC(t-1)$ と相違し、合成残存容量をベース値とすることなく、電流積算により演算された残存容量の値が初期値とされる。初期値 $SOCC(0)$ は、システム起動時つまり車両のスタータキーをオンしたときの開放電圧 V_0 により求められる。システム起動時には、電流 I がゼロであり、端子電圧 V は開放電圧に一致しており、開放電圧からテーブルにより求められる残存容量を初期値 $SOCC(0)$ として電流積算に基づく残存容量 $SOCC$ が算出される。

【0046】

一方、合成残存容量 SOC の変化量を求めるには、上述した式 (1) により 1 演算周期前の合成残存容量 SOC の値をベース値として所定時間経過前後の合成残存容量 SOC が算出される。

30

【0047】

図 6 は電流容量変化率 $\Delta SOCC / \Delta SOC$ とインピーダンス変化量 ΔZ との関係を示す特性線図であり、これらは次元の関係となっており、電流容量変化率 $\Delta SOCC / \Delta SOC$ が所定値 s 以下となったときにはバッテリーの劣化度 SOH が所定値以上に進んだと判定することができる。

【0048】

図 7 および図 8 は、バッテリーの劣化演算手順のアルゴリズムを示すフローチャートであり、約 0.1 秒の周期で実行される。図 1 に示す電圧センサ 26 と、電流センサ 27 と温度センサ 28 からの測定値をステップ S1 において読み込む。ステップ S2 においては、図 3 に示すようにバッテリーの温度 T と電流容量 Ah との関係を示す特性線図に対応した電流容量テーブルを読み出して温度 T の値に基づいて電流容量 Ah が演算される。この電流容量 Ah と電流 I の値に基づいて、ステップ S3 において上記式 (1) によって電流積算に基づく残存容量 $SOCC$ が算出される。この演算においては、1 周期前の合成残存容量をベース値 $SOC(t-1)$ とする必要があるため、メモリに格納されたベース値が用いられる。ただし、システム起動時には、開放電圧 V_0 により求められる残存容量の値をベース値とすることができる。

40

【0049】

ステップ S4 においては、上述した補正後電流変化率 $K = \Delta I / \Delta t$ が演算され、上述し

50

たインピーダンステーブルから $K \cdot I / t$ と温度 T とによりインピーダンス Z がステップ $S5$ において演算される。これにより、インピーダンス Z と電流 I と端子電圧 V とにより開放電圧 $V0$ の推定値が求められ、ステップ $S6$ において開放電圧の推定による残存容量 SOC_v が演算される。ステップ $S7$ においては、図 5 に示すウェイトテーブルによりウェイト w が演算され、ステップ $S8$ においては、前述した式 (3) により合成残存容量 SOC が演算され、演算された合成残存容量 SOC はメモリに格納される。

【0050】

次いで、バッテリーの劣化度 SOH を算出する際には、まず、劣化度 SOH の算出条件 (1) が成立しているか否かをステップ $S9$ において判定する。

【0051】

その算出条件 (1) は、電流 I がゼロ付近の $-I_a \leq I \leq I_b$ の範囲であり、かつバッテリーの温度 T が所定の範囲 ($T_a \leq T \leq T_b$) 内の状態が、所定時間 t_a 時間継続しているか否かが条件となる。この算出条件が成立した場合における残存容量 SOC_c が上記式 (1a) に基づいてステップ $S10$ において演算されて第 1 の残存容量 $SOC_c(1)$ とされる。さらに、算出条件 (1) が成立している条件のもとでステップ $S8$ で演算された合成残存容量 SOC が第 1 の合成残存容量 $SOC(1)$ とされる。これらの第 1 の算出値 $SOC_c(1)$ 、 $SOC(1)$ はメモリに格納される。なお、例えば、 $-I_a$ を $-3A$ 、 I_b を $3A$ 、 T_a を 20 、 T_b を 60 、時間 t_a を数秒とすることができる。このように、所定の算出条件が成立したときにそれぞれの残存容量 $SOC_c(1)$ 、 $SOC_c(2)$ 、 $SOC(1)$ および $SOC(2)$ を算出するようにしたので、劣化度の算出を高精度で行うことができる。

【0052】

次に、ステップ $S11$ において劣化度 SOH の算出条件 (2) が成立しているか否かを判定する。

【0053】

その算出条件 (2) は、第 1 の算出値 ($SOC_c(1)$ と $SOC(1)$) が算出された状態から所定時間 t_b が経過し、かつ経過時間 t_b の間におけるバッテリーの温度 T が所定の範囲 ($T_a \leq T \leq T_b$) 内であって、しかも電流 I がゼロ付近の $-I_a \leq I \leq I_b$ の状態が所定時間 t_c 以上継続していることが条件である。この算出条件 (2) が成立した場合における残存容量 SOC_c が上記式 (1a) に基づいてステップ $S12$ において演算されて第 2 の残存容量 $SOC_c(2)$ とされる。さらに、算出条件 (2) が成立している条件のもとでステップ $S8$ で演算された合成残存容量 SOC が第 2 の合成残存容量 $SOC(2)$ とされる。これらの第 2 の算出値 $SOC_c(2)$ 、 $SOC(2)$ はメモリに格納される。なお、例えば、 t_b は数 10 秒程度に設定され、 t_c は数秒程度に設定される。

【0054】

次いで、ステップ $S13$ においては、それぞれ積算電量に基づく第 1 の残存容量 $SOC_c(1)$ と第 2 の残存容量 $SOC_c(2)$ との差である残存容量の変化量 (ΔSOC_c) が算出される。ステップ $S14$ においては、第 1 の合成残存容量 $SOC(1)$ と第 2 の合成残存容量 $SOC(2)$ との差である合成残存容量の変化量 (ΔSOC) が算出される。それぞれの合成残存容量は、式 (3) により合成残存容量 SOC の値をベース値として求められた電流積算の残存容量と、開放電圧の推定による残存容量とに重み付けして求められる。

【0055】

ステップ $S15$ においては、両方の変化量の比 ($\Delta SOC_c / \Delta SOC$) により電流容量変化率 α が求められる。さらにステップ $S16$ においては、電流容量変化率 α の加重平均値 av が算出される。加重平均値 av は以下の式により求められる。

【0056】

$$av = (1 - a) \times av0 + a \times \alpha$$

ただし、 $0 < a < 1$ (例えば $a = 1/4$) であり、 $av0$ は前回算出した av であり、 $av0$ の初期値は 1 である。

【0057】

電流容量変化率 α の加重平均値を求めて劣化度を判定することにより、劣化判定精度を

10

20

30

40

50

高めることができる。劣化判定精度を高めるために、電流容量変化率 を所定時間毎に複数回演算し、複数の電流容量変化率の値の平均値によって劣化判定を行うようにしても判定精度を高めることができる。

【0058】

ステップS17においては、SOCc(2)をSOCc(1)としてメモリに格納し、SOC(2)をSOC(1)としてメモリに格納し、ステップS18において電流容量変化率の加重平均値 avをメモリに格納する。メモリに格納された加重平均値 avを初期値として次の演算に使用することにより、劣化判定精度を高めることができる。ただし、初期値として格納するタイミングとしては、システム終了時における加重平均値を更新するようにしても良い。

10

【0059】

次いで、ステップS19においては、電流変化率 avが所定値 s以下となっているか否か、つまりバッテリーの劣化度SOHが所定値よりも大きくなっているか否かが判定される。ステップS19で電流変化率 avが所定値 s以下となっていると判定されたときには、図1に示す警告灯24が点灯される。一方、ステップS19でNOと判定された場合には、ステップS21において既に警告灯24が点灯されたか否かが判定され、既に警告灯24が点灯されていれば、一時的に電流変化率 avが所定値 s以上となっても警告灯24を点灯させる。

【0060】

なお、式(1a)を算出するための初期値として、劣化度を判定した場合における残存容量SOCcの値を使用するように、メモリに更新するようにしても良い。

20

【0061】

本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。たとえば、実施の形態はハイブリッド車両の電源として車両に搭載されるバッテリーの劣化を求めるために本発明を適用した場合であるが、電気自動車の電源に用いるバッテリーの劣化を求めるためにも本発明を適用することができるとともに、二次電池や電気化学キャパシタ等の種々のバッテリーの劣化を求めるために本発明を適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0062】

30

【図1】ハイブリッド自動車の駆動制御システムを示す概略図である。

【図2】バッテリー残存容量の演算方式のアルゴリズムを示すブロック図である。

【図3】バッテリーの電流容量低下率とバッテリーの温度との関係を示す特性線図である。

【図4】開放電圧の推定値に基づいてバッテリーの残存容量を求めるためのバッテリーの等価回路モデル図である。

【図5】ウェイトテーブルの一例を示す説明図である。

【図6】電流容量変化率とインピーダンス変化量との関係を示す特性線図である。

【図7】バッテリーの劣化演算手順のアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図8】バッテリーの劣化演算手順のアルゴリズムを示すフローチャートである。

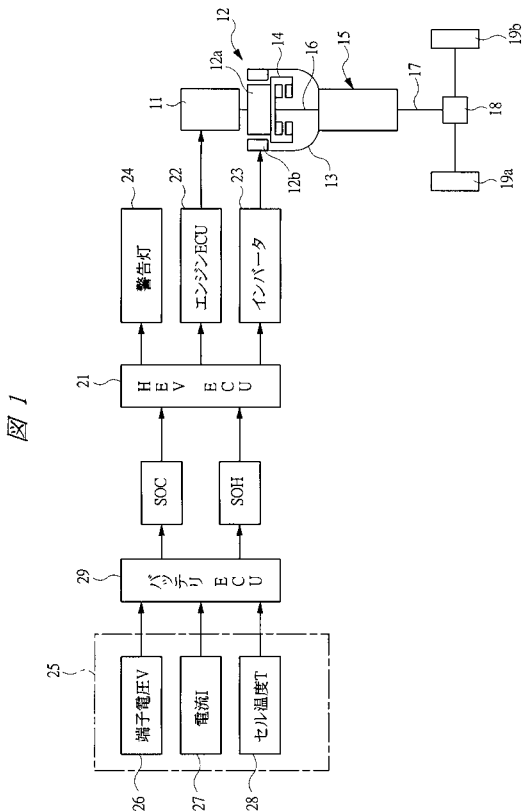
【符号の説明】

40

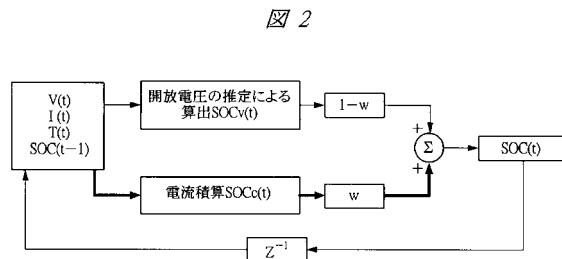
【0063】

- 25 バッテリー
- 26 電圧センサ(電圧検出手段)
- 27 電流センサ(電流検出手段)
- 28 温度センサ(温度検出手段)
- 29 電源制御ユニット

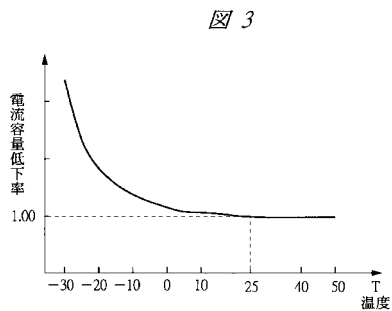
【図1】



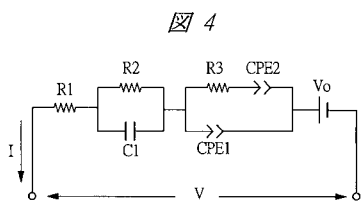
【図2】



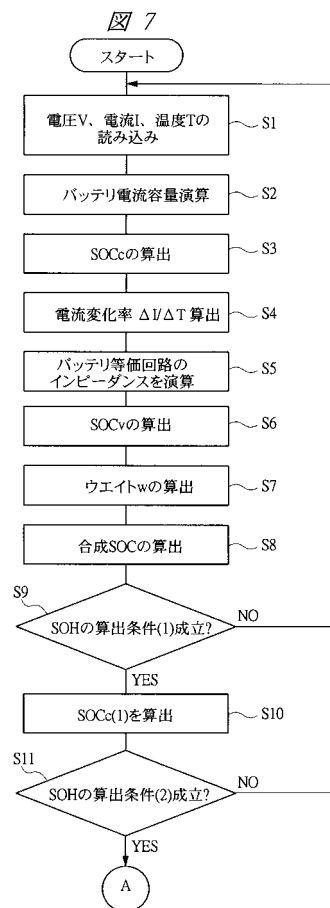
【図3】



【図4】



【図7】

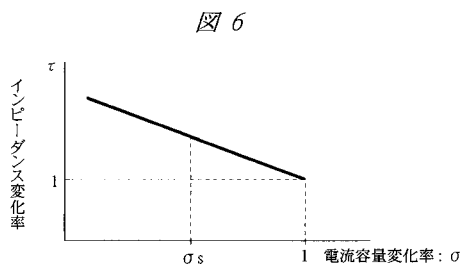


【図5】

図5

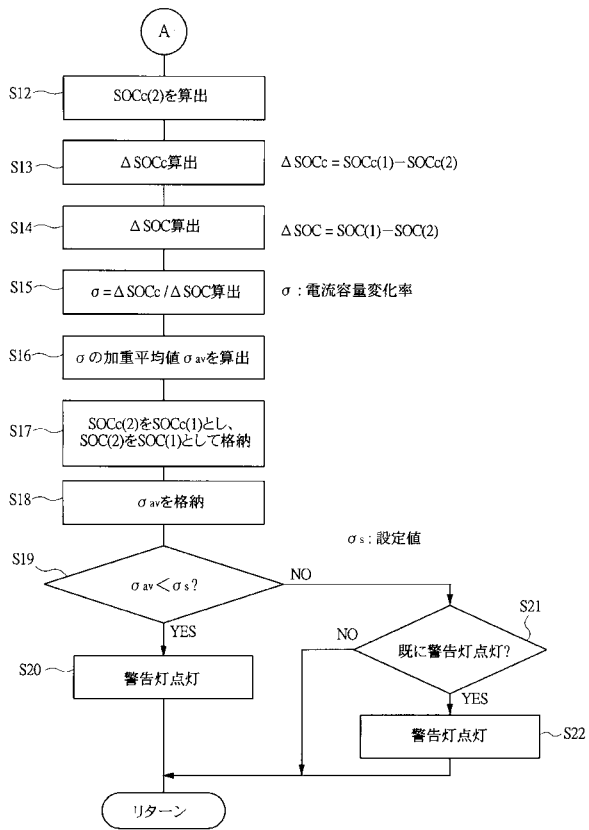
$k\Delta I / \Delta t$	0	3	10	20	50
w	0.999	0.9995	0.9998	1	1

【図6】



【 図 8 】

図 8



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G016 CA03 CB06 CB21 CB22 CB31 CB32 CC01 CC04 CC07 CC13
CC27
5G003 BA01 EA05 EA08
5H030 AA01 AS08 FF22 FF42 FF44