

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6210552号
(P6210552)

(45) 発行日 平成29年10月11日 (2017.10.11)

(24) 登録日 平成29年9月22日 (2017.9.22)

(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 P
HO 2 J 7/00 (2006.01)	HO 2 J 7/00 Q

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-42207 (P2014-42207)	(73) 特許権者	000005290
(22) 出願日	平成26年3月4日 (2014.3.4)		古河電気工業株式会社
(65) 公開番号	特開2015-169450 (P2015-169450A)		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(43) 公開日	平成27年9月28日 (2015.9.28)	(73) 特許権者	391045897
審査請求日	平成28年12月14日 (2016.12.14)		古河 A S 株式会社
			滋賀県犬上郡甲良町尼子1000番地
		(74) 代理人	100130247
			弁理士 江村 美彦
		(74) 代理人	100167863
			弁理士 大久保 恵
		(72) 発明者	光山 泰司
			東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 二次電池状態検出装置および二次電池状態検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両に搭載される二次電池の状態を検出する二次電池状態検出装置において、
前記二次電池に流れる電流の値および前記二次電池の電圧の値を検出する検出手段と、
前記二次電池の放電前の電圧値および電流値を前記検出手段によって検出するとともに、
前記二次電池の放電中の電圧値および電流値を前記検出手段によって検出し、これらの
電圧値および電流値に基づいて、前記二次電池の反応抵抗に関する値を求出する求出手段と、

前記求出手段によって求出された前記反応抵抗に関する値と、前記二次電池の初期満充電容量とが有する相関関係に基づいて、前記初期満充電容量を推定する推定手段と、
を有することを特徴とする二次電池状態検出装置。

10

【請求項 2】

前記求出手段は、前記車両のエンジンを始動するスタータモータの回転前の電圧値および電流値を前記検出手段によって検出するとともに、前記スタータモータの回転中の前記二次電池の電圧値および電流値を前記検出手段によって検出し、これらの電圧値および電流値に基づいて、前記二次電池の反応抵抗に関する値を求出することを特徴とする請求項 1 に記載の二次電池状態検出装置。

【請求項 3】

前記求出手段は、前記二次電池の放電前の電圧値と放電中の電圧値の差分の電圧値を求めるとともに、前記二次電池の放電前の電流値と放電中の電流値の差分の電流値を求め、

20

前記差分の電圧値を前記差分の電流値で除算して得られた値を、前記反応抵抗に関する値とすることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の二次電池状態検出装置。

【請求項 4】

前記求出手段は、前記二次電池の放電前の電圧値と放電開始直後の電圧値の差分の電圧値を求めるとともに、前記二次電池の放電前の電流値と放電開始直後の電流値の差分の電流を求め、前記差分の電圧値を前記差分の電流値で除算して得られた値を第 1 抵抗値とし、前記二次電池が放電前の電圧値と放電開始直後よりも後の電圧値の差分の電圧値を求めるとともに、前記二次電池の放電前の電流値と放電開始直後よりも後の電流値の差分の電流値を求め、前記差分の電圧値を前記差分の電流値で除算して得られた値を第 2 抵抗値とし、前記第 2 抵抗値から前記第 1 抵抗値を減算して得た値を、前記反応抵抗に関する値とすることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の二次電池状態検出装置。

10

【請求項 5】

前記推定手段は、前記求出手段によって求出された前記反応抵抗に関する値と、前記二次電池の初期満充電容量値との関係を示す一次関数に基づいて前記二次電池の初期満充電容量値を推定することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の二次電池状態検出装置。

【請求項 6】

車両に搭載される二次電池の状態を検出する二次電池状態検出方法において、

前記二次電池に流れる電流の値および前記二次電池の電圧の値を検出する検出ステップと、

20

前記二次電池の放電前の電圧値および電流値を前記検出ステップにおいて検出するとともに、前記二次電池の放電中の電圧値および電流値を前記検出ステップにおいて検出し、これらの電圧値および電流値に基づいて、前記二次電池の反応抵抗に関する値を求出する検出ステップと、

前記検出ステップにおいて求出された前記反応抵抗に関する値と、前記二次電池の初期満充電容量とが有する相関関係に基づいて、前記初期満充電容量を推定する推定ステップと、

を有することを特徴とする二次電池状態検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、二次電池状態検出装置および二次電池状態検出方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、自動車のエンジン始動時における電流および電圧から二次電池の純抵抗成分および分極抵抗成分を計算し、これら純抵抗成分および分極抵抗成分の新品時との比較により、二次電池の劣化を判定する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

40

【特許文献 1】特開 2003 - 177164 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、二次電池の SOC (State of Charge) または SOH (State of Health) を精度良く求めるためには、分極電圧または分極量および成層化電圧または成層化量に基づいた補正を行う必要があり、このような補正を行うための係数は、二次電池のサイズ (初期満充電容量) によって異なる。特許文献 1 に示すような従来の技術では、予め定められたサイズの二次電池を使用することを想定し、この定められたサイズの二次電池に応じた補正係数を用いて補正を行っていた。

50

【 0 0 0 5 】

このため、予め定められたサイズとは異なる二次電池に交換された場合には、精度良く補正を行うことができないことから、二次電池の状態を正確に検出することができないという問題点がある。

【 0 0 0 6 】

本発明は、二次電池の初期満充電容量またはサイズを推定することが可能な二次電池状態検出装置および二次電池状態検出方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記課題を解決するために、本発明は、車両に搭載される二次電池の状態を検出する二次電池状態検出装置において、前記二次電池に流れる電流の値および前記二次電池の電圧の値を検出する検出手段と、前記二次電池の放電前の電圧値および電流値を前記検出手段によって検出するとともに、前記二次電池の放電中の電圧値および電流値を前記検出手段によって検出し、これらの電圧値および電流値に基づいて、前記二次電池の反応抵抗に関する値を求出する求出手段と、前記求出手段によって求出された前記反応抵抗に関する値と、前記二次電池の初期満充電容量とが有する相関関係に基づいて、前記初期満充電容量を推定する推定手段と、を有することを特徴とする。

このような構成によれば、二次電池の初期満充電容量またはサイズを推定することが可能になる。

【 0 0 0 8 】

また、本発明は、前記求出手段は、前記車両のエンジンを始動するスタータモータの回転前の電圧値および電流値を前記検出手段によって検出するとともに、前記スタータモータの回転中の前記二次電池の電圧値および電流値を前記検出手段によって検出し、これらの電圧値および電流値に基づいて、前記二次電池の反応抵抗に関する値を求出することを特徴とする。

このような構成によれば、ある程度の大きさの電流が、ある程度の時間流れるスタータモータ回転時を用いることで二次電池の初期満充電容量を安定して推定することが可能になる。

【 0 0 0 9 】

また、本発明は、前記求出手段は、前記二次電池の放電前の電圧値と放電中の電圧値の差分の電圧値を求めるとともに、前記二次電池の放電前の電流値と放電中の電流値の差分の電流値を求め、前記差分の電圧値を前記差分の電流値で除算して得られた値を、前記反応抵抗に関する値とすることを特徴とする。

このような構成によれば、二次電池の放電前後の電圧値および電流値に基づいて、初期満充電容量を精度良く求めることができる。

【 0 0 1 0 】

また、本発明は、前記求出手段は、前記二次電池の放電前の電圧値と放電開始直後の電圧値の差分の電圧値を求めるとともに、前記二次電池の放電前の電流値と放電開始直後の電流値の差分の電流値を求め、前記差分の電圧値を前記差分の電流値で除算して得られた値を第1抵抗値とし、前記二次電池が放電前の電圧値と放電開始直後よりも後の電圧値の差分の電圧値を求めるとともに、前記二次電池の放電前の電流値と放電開始直後よりも後の電流値の差分の電流値を求め、前記差分の電圧値を前記差分の電流値で除算して得られた値を第2抵抗値とし、前記第2抵抗値から前記第1抵抗値を減算して得た値を、前記反応抵抗に関する値とすることを特徴とする。

このような構成によれば、導体抵抗の影響を低減することで、初期満充電容量をさらに精度良く求めることができる。

【 0 0 1 1 】

また、本発明は、前記推定手段は、前記求出手段によって求出された前記反応抵抗に関する値と、前記二次電池の初期満充電容量値との関係を示す一次関数に基づいて前記二次電池の初期満充電容量値を推定することを特徴とする。

このような構成によれば、一次関数を用いることにより、簡易な計算で精度良く初期満充電容量を求めることができる。

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、車両に搭載される二次電池の状態を検出する二次電池状態検出方法において、前記二次電池に流れる電流の値および前記二次電池の電圧の値を検出する検出ステップと、前記二次電池の放電前の電圧値および電流値を前記検出ステップにおいて検出するとともに、前記二次電池の放電中の電圧値および電流値を前記検出ステップにおいて検出し、これらの電圧値および電流値に基づいて、前記二次電池の反応抵抗に関する値を求出する求出ステップと、前記求出ステップにおいて求出された前記反応抵抗に関する値と、前記二次電池の初期満充電容量とが有する相関関係に基づいて、前記初期満充電容量を推定する推定ステップと、を有することを特徴とする。

10

このような方法によれば、二次電池の初期満充電容量またはサイズを推定することが可能になる。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、二次電池の初期満充電容量またはサイズを検出することが可能な二次電池状態検出装置および二次電池状態検出方法を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る二次電池状態検出装置の構成例を示す図である。

20

【図 2】図 1 の制御部の詳細な構成例を示すブロック図である。

【図 3】二次電池を放電した場合の抵抗の時間的变化を示す図である。

【図 4】スタータモータを回転させたときの電流の時間的变化を示す図である。

【図 5】反応抵抗と初期満充電容量の関係を示す図である。

【図 6】第 1 実施形態による S O H の推定値と、実測値の関係を示す図である。

【図 7】第 1 実施形態において実行される処理の一例を説明するためのフローチャートである。

【図 8】二次電池を放電した場合の抵抗の時間的变化を示す図である。

【図 9】第 2 実施形態において実行される処理の一例を説明するためのフローチャートである。

30

【図 1 0】反応抵抗と初期満充電容量の関係を示す図である。

【図 1 1】変形実施形態において実行される処理の一例を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

次に、本発明の実施形態について説明する。

【 0 0 1 6 】

(A) 第 1 実施形態の構成の説明

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る二次電池状態検出装置を有する車両の電源系統を示す図である。この図において、二次電池状態検出装置 1 は、制御部 1 0、電圧センサ 1 1、電流センサ 1 2、温度センサ 1 3、および、放電回路 1 5 を主要な構成要素としており、二次電池 1 4 の状態を検出する。ここで、制御部 1 0 は、電圧センサ 1 1、電流センサ 1 2、および、温度センサ 1 3 からの出力を参照し、二次電池 1 4 の状態を検出する。電圧センサ 1 1 は、二次電池 1 4 の端子電圧を検出し、制御部 1 0 に通知する。電流センサ 1 2 は、二次電池 1 4 に流れる電流を検出し、制御部 1 0 に通知する。温度センサ 1 3 は、二次電池 1 4 自体または周囲の環境温度を検出し、制御部 1 0 に通知する。放電回路 1 5 は、例えば、直列接続された半導体スイッチと抵抗素子等によって構成され、制御部 1 0 によって半導体スイッチがオン / オフ制御されることにより二次電池 1 4 を間欠的に放電させる。

40

【 0 0 1 7 】

50

二次電池１４は、例えば、鉛蓄電池、ニッケルカドミウム電池、ニッケル水素電池、または、リチウムイオン電池等によって構成され、オルタネータ１６によって充電され、スタータモータ１８を駆動してエンジンを始動するとともに、負荷１９に電力を供給する。オルタネータ１６は、エンジン１７によって駆動され、交流電力を発生して整流回路によって直流電力に変換し、二次電池１４を充電する。

【００１８】

エンジン１７は、例えば、ガソリンエンジンおよびディーゼルエンジン等のレシプロエンジンまたはロータリーエンジン等によって構成され、スタータモータ１８によって始動され、トランスミッションを介して駆動輪を駆動し車両に推進力を与えるとともに、オルタネータ１６を駆動して電力を発生させる。スタータモータ１８は、例えば、直流電動機によって構成され、二次電池１４から供給される電力によって回転力を発生し、エンジン１７を始動する。負荷１９は、例えば、電動ステアリングモータ、デフォッガ、イグニッションコイル、カーオーディオ、および、カーナビゲーション等によって構成され、二次電池１４からの電力によって動作する。なお、エンジン１７の代わりに電動モータを使用するようにしてもよい。

【００１９】

図２は、図１に示す制御部１０の詳細な構成例を示す図である。この図に示すように、制御部１０は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）１０ａ、ＲＯＭ（Read Only Memory）１０ｂ、ＲＡＭ（Random Access Memory）１０ｃ、通信部１０ｄ、Ｉ／Ｆ（Interface）１０ｅを有している。ここで、ＣＰＵ１０ａは、ＲＯＭ１０ｂに格納されているプログラム１０ｂａに基づいて各部を制御する。ＲＯＭ１０ｂは、半導体メモリ等によって構成され、プログラム１０ｂａ等を格納している。ＲＡＭ１０ｃは、半導体メモリ等によって構成され、プログラム１０ｂａを実行する際に生成されるデータや、後述するテーブルまたは数式等のパラメータ１０ｃａを格納する。通信部１０ｄは、上位の装置であるＥＣＵ（Electronic Control Unit）等との間で通信を行い、検出した情報を上位装置に通知する。Ｉ／Ｆ１０ｅは、電圧センサ１１、電流センサ１２、および、温度センサ１３から供給される信号をデジタル信号に変換して取り込むとともに、放電回路１５に駆動電流を供給してこれを制御する。

【００２０】

（Ｂ）第１実施形態の動作原理の説明

つぎに、図を参照して、本発明の第１実施形態の動作原理について説明する。図３は二次電池１４を放電させた場合における二次電池１４の抵抗値の時間的な変化を示す図である。この図３において、横軸は時間（ｓ）を示し、縦軸は抵抗（Ω）を示す。また、実線の曲線は二次電池の抵抗値の時間的な変化を示す。タイミングｔ０において放電が開始されると、この図３に示すように、二次電池１４の抵抗値は時間の経過とともに増加し、所定の時間が経過すると一定となる。ここで、二次電池１４の放電中の抵抗は、化学反応に起因する抵抗成分である反応抵抗を有しており、この反応抵抗は二次電池のサイズ（初期満充電容量）との間に高い相関性を有することが、本願発明者の実験によって明らかになった。そこで、本実施形態では、二次電池１４の放電時における抵抗値（図３に示すＺ）を求め、求めた抵抗値から二次電池１４のサイズを推定する。そして、推定されたサイズを参照して、最適な補正係数を選択することで、二次電池１４の状態（例えば、ＳＯＣまたはＳＯＨ）をより精度良く推定することができる。なお、第１実施形態では、「反応抵抗に関する値」とは、二次電池１４の放電時における抵抗値を示すものとする。

【００２１】

つぎに、本発明の実施形態のより詳細な動作について説明する。例えば、二次電池１４がユーザ等によって新品に交換された場合には、制御部１０のＣＰＵ１０ａは、放電回路１５を制御し、二次電池１４を所定の周期でパルス放電させ、そのときの電圧、電流、および、温度を電圧センサ１１、電流センサ１２、および、温度センサ１３によって検出し、これらの検出値に基づいて二次電池１４のＳＯＣを算出する。

【００２２】

そして、CPU 10aは、算出したSOCを参照し、二次電池14が満充電（SOC = 100%）の状態である場合には、以下の処理を実行し、それ以外の場合には、二次電池14が満充電の状態になるまで待機する。なお、満充電の状態まで待機するのは、SOCが同じとなる条件で測定する方が、測定精度が高くなるためである。もちろん、所定のSOC（例えば、90%）を基準として測定を実行するようにしてもよい。

【0023】

二次電池14が満充電の状態になった場合には、二次電池14が放電状態になるまで待機する。例えば、スタータモータ18が回転されるまで待機し、ユーザがイグニッションをオンの状態にした場合には、スタータモータ18がその後に回転されると判定し、制御部10は、放電前に二次電池14に流れる電流Ibと、二次電池14の電圧Vbを検出する。

10

【0024】

図4は、スタータモータ18によるクランキングが実行された場合の二次電池14に流れる電流の時間的な変化を示す図である。この図4では、-0.5(s)付近でイグニッションがオンの状態にされて、微弱な電流（例えば、1A未満の電流）が二次電池14からイグニッションコイル等に供給される。そして、0(s)においてスタータモータ18への電力の供給が開始されると、突入電流が流れ、スタータモータ18が回転を開始し、エンジン17がクランキングされる。スタータモータ18が回転を開始すると、エンジン17の図示しないピストンが上死点に達するタイミングで小さなピーク電流が流れ、エンジン17の回転数が上昇するとともに放電電流の値が減少し、エンジン17が完爆状態になるとスタータモータ18への電力の供給が停止される。本実施形態では、スタータモータ18が回転される直前における二次電池14の電圧および電流を測定し、これらを電圧Vbおよび電流Ibとする。そして、放電開始から所定の時間が経過し、図3に示す抵抗値が一定の値になるタイミング（例えば、t1以降のタイミング）において、再度、二次電池14の電圧および電流を所定のサンプリング周期で測定し、これらをV(tn)およびI(tn)とする。なお、tnはエンジン17への電力の供給開始からの経過時間を示す変数である。

20

【0025】

制御部10は、サンプリングを実行する毎に、以下の式(1)に基づいて、Z(tn)を計算するとともに、count__tnの値を1ずつインクリメントする（count__tn = count__tn + 1とする）。ここで、式(1)では、放電前の電圧Vbから放電中の電圧V(tn)を減算して得た値を、放電前の電流Ibから放電中の電流I(tn)を減算して得た値で除算することにより、Z(tn)を得る。なお、count__tnは、後述する式(2)で用いる。

30

【0026】

【数1】

$$Z(tn) = \frac{Vb - V(tn)}{Ib - I(tn)}$$

40

・・・(1)

【0027】

また、制御部10は、以下の式(2)に基づいて、サンプリング毎に前述した式(1)によって得られるZ(tn)の平均値であるZ(tn__ave)を求める。

【0028】

【数 2】

$$Z(tn_ave) = \frac{Z(tn)+Z(tn+1)+Z(tn+2)+\cdots+Z(tn+m)}{count_tn}$$

・・・(2)

【0029】

そして、制御部 10 は、以下の式 (3) に基づいて初期満充電容量 SOH0 を求める。
 なお、 $f(Z(tn_ave))$ は所定の関数を示し、例えば、 $f(Z(tn_ave)) = Z(tn_ave)$ とすることができる。また、 α 、 β はパラメータであり、予め実測によって求めることができる。

10

【0030】

【数 3】

$$SOH0 = \alpha f(Z(tn_ave)) + \beta$$

・・・(3)

【0031】

20

図 5 は、83 個の新品の二次電池 14 の抵抗値 ($Z(tn_ave)$) と、初期満充電容量 SOH0 との関係を示す図である。この図 5 に示すように、放電中の抵抗値が小さいほど、初期満充電容量 SOH0 が大きくなる傾向にあり、抵抗値の初期満充電容量 SOH0 に対する寄与率 R^2 は、0.8953 であり、これらの間には強い相関があることがわかる。

【0032】

図 6 は、前述した方法によって推定した初期満充電容量 SOH0 と、実測した初期満充電容量 SOH0 との関係を示す図である。この図 6 に示すように、推定した初期満充電容量 SOH0 と、実測した初期満充電容量 SOH0 とは、破線で示す傾きが “1” の直線上の上またはその近傍に配置され、推測が正確であることが示されている。また、推定した初期満充電容量 SOH0 と、実測した初期満充電容量 SOH0 との間の寄与率 R^2 は、0.91 であり、これらの間には強い相関があることがわかる。

30

【0033】

以上に説明したように、本発明の第 1 実施形態によれば、二次電池 14 の放電前後の電圧値および電流値から抵抗値を求め、この抵抗値から二次電池 14 の初期満充電容量を求めるようにしたので、抵抗値と初期満充電容量との高い相関に基づいて、二次電池 14 の初期満充電容量を精度良く求めることができる。また、このようにして求めた初期満充電容量を参照して、各種の補正係数を選択することにより、二次電池 14 の状態をより精度良く検出することが可能になる。

【0034】

40

つぎに、図 7 を参照して、制御部 10 において実行される詳細な処理の一例について説明する。図 7 は制御部 10 において実行される処理の一例を説明するフローチャートである。なお、この処理は、車両に新たな二次電池 14 が搭載されるとともに、二次電池 14 が満充電 (SOC = 100%) になった場合であって、スタータモータ 18 が回転されたときに一定間隔 (例えば、数 ms ~ 数百 ms 間隔) で繰り返し実行される。図 7 に示すフローチャートが開始されると以下のステップが実行される。

【0035】

ステップ S10 では、CPU 10a は、スタータモータ 18 への電力の供給開始からの経過時間 tn が所定の範囲内 ($t_a \leq tn \leq t_b$) に入ったか否かを判定し、所定の範囲内に入ったと判定した場合 (ステップ S10: Yes) にはステップ S11 に進み、それ

50

以外の場合（ステップS10：No）には処理を終了する。図4の例では、例えば、0.4[s]から0.6[s]の間を所定の範囲内（ $t_a \sim t_b$ ）として用いることができる。なお、このように、スタータモータ18が回転を開始してから一定時間経過後の電圧および電流を測定するのは、図3に示すように、抵抗値が一定になる範囲を測定するためである。

【0036】

ステップS11では、CPU10aは、前述した式（1）に基づいて $Z(t_n)$ を計算する。なお、 V_b および I_b は、二次電池14が放電を開始する前の電圧および電流である。より詳細には、例えば、図4に示す0.4[s]から0[s]の間の電圧および電流を用いることができる。

10

【0037】

ステップS12では、CPU10aは、変数count $_t n$ の値を“1”だけインクリメントする。この結果、変数count $_t n$ の値は、処理の回数に応じて1ずつインクリメントされることになる。

【0038】

ステップS13では、CPU10aは、前述した式（2）に基づいて、 $Z(t_n_ave)$ を算出する。より詳細には、 $Z(t_n)$ は、1回目の測定によって得られた抵抗値であり、 $Z(t_n + m)$ は、 $(m + 1)$ 回目の測定によって得られた抵抗値である。したがって、式（2）により、第1回目から第 $(m + 1)$ 回目の測定によって得られた抵抗の平均値が算出される。

20

【0039】

ステップS14では、CPU10aは、 $t_n \sim t_b$ であり、かつ、SOH0CE_flg = 0を満たすか否かを判定し、これらを共に満たす場合（ステップS14：Yes）にはステップS15に進み、それ以外の場合（ステップS14：No）には処理を終了する。なお、SOH0CE_flgは、初期値が“0”であり、ステップS15に示す計算を実行した場合にその値が“1”に変更されるフラグである。このため、 $t_a \sim t_b$ の範囲では、 $t_n \sim t_b$ の条件を満たさないので、Noと判定されて処理を終了し、 $t_n = t_b$ になった場合には、Yesと判定されてステップS15に進み、SOH0CEが計算され、ステップS16でSOH0CE_flgが“1”にされるので、それ以降（ $t_n > t_b$ ）の処理におけるステップS14ではNoと判定されて処理を終了する。すなわち、 $t_n = t_b$ になった場合に1回だけステップS15およびステップS16の処理が実行される。

30

【0040】

ステップS15では、CPU10aは、前述した式（3）に基づいて、初期満充電容量SOH0を計算する。なお、 α および β としては、実測等によって予め求めた値をROM10bに格納しておき、この値を読み出して用いることができる。

【0041】

ステップS16では、CPU10aは、SOH0CE_flgを“1”に設定し、処理を終了する。

【0042】

40

以上の処理によれば、スタータモータ18によってエンジン17が始動される際には、スタータモータ18に電力が供給開始される直前に二次電池14の電圧 V_b および電流 I_b が測定され、スタータモータ18への電力供給が開始された場合には、一定時間が経過した後に電圧 $V(t_n)$ および電流 $I(t_n)$ が計測され、式（1）に基づいて $Z(t_n)$ が計算される。このようにして求めた $Z(t_n)$ から平均値 $Z(t_n_ave)$ が求められ、この $Z(t_n_ave)$ を式（3）に代入することで、初期満充電容量SOH0を得ることができる。

【0043】

このようにして求めたSOH0を用いることで、例えば、分極電圧または分極量および成層化電圧または成層化量に応じた正確な補正を行うことができるため、二次電池14の

50

状態をより正確に推定することが可能になる。例えば、 SOH_0 が $40Ah$ である場合には、 $40Ah$ に対応する補正係数を選択し、この補正係数に基づいて分極電圧または分極量および成層化電圧または成層化量を補正することができる。

【0044】

(C) 第2実施形態の構成の説明

つぎに、本発明の第2実施形態について説明する。なお、本発明の第2実施形態の構成は図1および図2と同じであるが、制御部10において実行される処理が第1実施形態とは異なっている。そこで、第2実施形態の構成についての説明は省略し、第2実施形態の動作について説明する。

【0045】

(D) 第2実施形態の動作の説明

つぎに、本発明の第2実施形態の動作について説明する。図8は、第2実施形態の動作原理を説明するための図である。第1実施形態では、図3に示すように二次電池14の放電中の抵抗値に基づいて初期満充電容量を求めるようにした。しかしながら、図8に示すように、二次電池14の放電中の抵抗成分としては、反応抵抗 Z_{ct} と導体抵抗 Z_{cn} が存在する。ここで、導体抵抗 Z_{cn} は、例えば、電極の形状や大きさ等によって異なる値を有する。より詳細には、同じサイズの二次電池でもアイドリング時にエンジンを停止して燃費向上を図るための技術である「アイドリングストップ」に用いるための二次電池は、通常の二次電池に比較して導体抵抗が小さくなるように設計される。一方、反応抵抗 Z_{ct} は、化学反応による電荷の移動に応じた抵抗であり、二次電池のサイズ（初期満充電容量）との間に高い相関性を有する抵抗成分である。そこで、第2実施形態では、求めた抵抗成分から導体抵抗 Z_{cn} を除算することで、反応抵抗 Z_{ct} 成分を抽出し、この成分に基づいて二次電池14の初期満充電容量を推定する。なお、第2実施形態では、「反応抵抗に関する値」とは、二次電池14の放電時における反応抵抗 Z_{ct} の値を示すものとする。

【0046】

つぎに、図9を参照して、第2実施形態の詳細な動作について説明する。図9は、第2実施形態において実行される処理の一例を説明するためのフローチャートである。図9に示すフローチャートは、スタータモータ18の回転が開始された場合に一定間隔（例えば、数ms～数百ms間隔）で繰り返し実行される。このフローチャートが開始されると、以下のステップが実行される。

【0047】

ステップS30では、CPU10aは、スタータモータ18への電力の供給開始からの経過時間を示す変数 t_n の値が、 $t_n = t_0$ であるか否かを判定し、 $t_n = t_0$ である場合（ステップS30：Yes）にはステップS31に進み、それ以外の場合（ステップS30：No）にはステップS32に進む。例えば、ステップS30の処理が実行された時点がスタータモータ18への電力供給を開始したタイミング（図8に示す t_0 または図4に示す時間“0”）である場合にはYesと判定されてステップS31に進み、それ以外の場合にはNoと判定されてステップS32に進む。

【0048】

ステップS31では、CPU10aは、以下の式（4）に基づいて $Z(t_0)$ を算出する。なお、 $Z(t_0)$ は、 t_0 における二次電池14の抵抗を示す。

【0049】

【数4】

$$Z(t_0) = \frac{V_b - V(t_0)}{I_b - I(t_0)}$$

10

20

30

40

50

・・・(4)

【0050】

ステップS32では、CPU10aは、スタータモータ18への電力の供給を開始してからの経過時間 t_n が所定の範囲内($t_a \leq t_n \leq t_b$)に入ったか否かを判定し、所定の範囲内に入ったと判定した場合(ステップS32: Yes)にはステップS33に進み、それ以外の場合(ステップS32: No)にはステップS38に進む。図4の例では、例えば、0.4[s]から0.6[s]の範囲を用いることができる。なお、このように、スタータモータ18が回転を開始してから一定時間経過後の電圧および電流を測定するのは、前述のように二次電池14の抵抗値が一定になる範囲を測定するためである。

【0051】

ステップS33では、CPU10aは、前述した式(1)に基づいて $Z(t_n)$ を計算する。なお、 V_b および I_b は、二次電池14が放電を開始する前の電圧および電流である。より詳細には、図4に示す0.4[s]から0[s]の範囲(イグニッションコイルに1A前後の電流が流れている範囲)の電圧および電流を用いることができる。

【0052】

ステップS34では、CPU10aは、処理の回数をカウントする変数 $count_tn$ の値を“1”だけインクリメントする。この結果、変数 $count_tn$ の値は、処理の回数に応じて1ずつインクリメントされることになる。

【0053】

ステップS35では、CPU10aは、ステップS33で求めた $Z(t_n)$ からステップS31で求めた $Z(t_0)$ を減算し、得られた値を $Z_{ct}(t_n)$ とする。ここで、 $Z(t_0)$ は、図8に示す t_0 における抵抗値であるので、 Z_{cn} に対応する値である。また、 $Z(t_n)$ は図8に示す $Z_{ct} + Z_{cn}$ に対応する値である。このため、 $Z_{ct}(t_n) = Z(t_n) - Z(t_0)$ により、図8に示す反応抵抗 Z_{ct} に対応する値を得ることができる。

【0054】

ステップS36では、CPU10aは、前述した式(2)に基づいて、 $Z(tn_ave)$ を算出する。前述したように、 $Z(t_n)$ は、第1回目の測定によって得られた抵抗の値であり、 $Z(t_{n+m})$ は、第($m+1$)回目の測定によって得られた抵抗の値である。したがって、式(2)では、第1回目から第($m+1$)回目の測定によって得られた抵抗の平均値が算出される。

【0055】

ステップS37では、CPU10aは、以下の式(5)に基づいて、 $Z_{ct}(tn_ave)$ を算出する。ここで、 $Z_{ct}(t_n)$ は、第1回目の測定によって得られた反応抵抗の値であり、 $Z_{ct}(t_{n+m})$ は、第($m+1$)回目の測定によって得られた反応抵抗の値である。したがって、式(5)では、第1回目から第($m+1$)回目の測定によって得られた反応抵抗の平均値が算出される。

【0056】

【数5】

$$Z_{ct}(tn_ave) = \frac{Z_{ct}(tn) + Z_{ct}(tn+1) + Z_{ct}(tn+2) + \dots + Z_{ct}(tn+m)}{count_tn}$$

・・・(5)

【0057】

ステップS38では、CPU10aは、 $t_n \leq t_b$ であり、かつ、 $SOH0CE_flag = 0$ を満たすか否かを判定し、これらを共に満たす場合(ステップS38: Yes)にはステップS39に進み、それ以外の場合(ステップS38: No)には、処理を終了する。なお、 $SOH0CE_flag$ は、初期値が“0”であり、ステップS39に示す計算を実行した後にその値が“1”にされるフラグである。このため、 $t_a \leq t_n < t_b$ の範囲では、 $t_n \leq t_b$ の条件を満たさないので、Noと判定されて処理を終了し、 $t_n = t$

10

20

30

40

50

bになった場合には、Y e sと判定されてステップS 3 9に進み、S O H 0が算出され、ステップS 4 0でS O H 0 C E _ f l a gが“ 1 ”にされるので、それ以降(t n > t b)の処理ではステップS 3 8ではN oと判定されて処理を終了する。すなわち、t n = t bになった場合に1回だけステップS 3 9およびステップS 4 0の処理が実行される。

【 0 0 5 8 】

ステップS 3 9では、C P U 1 0 aは、以下の式(6)に基づいて、初期満充電容量S O H 0を計算する。なお、 α 、 β 、 γ としては、実測によって予め求めた値をR O M 1 0 bに格納しておき、この値を読み出して用いることができる。

【 0 0 5 9 】

【 数 6 】

10

$$SOH0 = \alpha f(Z(tn_ave)) + \beta f(Zct(tn_ave)) + \gamma$$

・ ・ ・ (6)

【 0 0 6 0 】

ステップS 4 0では、C P U 1 0 aは、S O H 0 C E _ f l a gを“ 1 ”に設定し、処理を終了する。

【 0 0 6 1 】

図10は、図9の処理によって測定した83個の新品の二次電池のZ c t (t n _ a v e)の値と、初期満充電容量S O H 0との関係を示す図である。この図10に示すように、Z c t (t n _ a v e)の値が小さいほど、初期満充電容量S O H 0が大きくなる傾向にあり、Z c t (t n _ a v e)の初期満充電容量S O H 0に対する寄与率R²は、0.8445であり、これらの間には強い相関があることがわかる。

20

【 0 0 6 2 】

以上の処理によれば、エンジン17を始動する際の電圧および電流の変化に基づいて、二次電池14の初期満充電容量を正確に推定することができる。このようにして求めたS O H 0を用いることで、例えば、分極電圧または分極量および成層化電圧または成層化量に応じた正確な補正を行うことができるため、二次電池14の状態をより正確に推定することが可能になる。

30

【 0 0 6 3 】

(D) 変形実施形態の説明

以上の実施形態は一例であって、本発明が上述したような場合のみに限定されるものではないことはいうまでもない。例えば、以上の各実施形態では、初期満充電容量S O H 0を算出することを目的としたが、例えば、図11に示すように、算出した初期満充電容量S O H 0に基づいて、二次電池14の大きさを判定するようにしてもよい。この図11では、図7と比較すると、ステップS 5 0 ~ S 5 4の処理が追加されている。それ以外は、図7と同様であるので、以下では、ステップS 5 0 ~ S 5 4について説明する。ステップS 1 5の処理によりS O H 0が計算され、ステップS 1 6の処理によりS O H 0 C E _ f l a gが“ 1 ”にされた後、ステップS 5 0に進む。ステップS 5 0では、ステップS 1 5で算出したS O H 0がS O H _ s m a l l S O H 0 S O H _ l a r g eの条件を満たすか否かを判定し、満たす場合(ステップS 5 0 : Y e s)にはステップS 5 1に進み、B a t t e r y _ s i z e = m i d d l eと判定して処理を終了し、それ以外の場合(ステップS 5 0 : N o)にはステップS 5 2に進む。ステップS 5 2では、S O H 0 < S O H _ s m a l lを満たすか否かを判定し、満たす場合(ステップS 5 2 : Y e s)にはステップS 5 3に進み、B a t t e r y _ s i z e = s m a l lと判定して処理を終了し、それ以外の場合(ステップS 5 2 : N o)にはステップS 5 4に進み、B a t t e r y _ s i z e = l a g eと判定して処理を終了する。以上の処理によれば、判別閾値であるS O H _ s m a l l , S O H _ m i d d l e , S O H _ l a r g eを適宜設定することにより、推定された初期満充電容量S O H 0に基づいて、二次電池14のサイズをs m a l l ,

40

50

middle, largeに分類することができる。なお、図11では、3つのサイズに分類するようにしたが、2つまたは4つ以上に分類するようにしてもよい。

【0064】

また、以上の各実施形態では、スタータモータ18を回転させる前の電圧 V_b および電流 I_b については、1回だけ測定するようにしたが、例えば、複数回測定してその平均値を用いるようにしてもよい。また、スタータモータ18が回転中においては、電圧 $V(t_n)$ および電流 $I(t_n)$ を複数回測定し、複数回の測定結果に基づいて平均値である $Z(t_n_ave)$ または $Z_{ct}(t_n_ave)$ を計算するようにしたが、例えば、1回の測定結果を用いてこれらを計算するようにしてもよい。すなわち、電圧 V_b および電流 I_b ならびに電圧 $V(t_n)$ および電流 $I(t_n)$ については、それぞれ1回または複数回のいずれを選択するようにしてもよい。

10

【0065】

また、以上の各実施形態では、 $t_a \sim t_b$ の期間中に測定した電圧および電流は全て使用するようにした。しかしながら、実測結果によれば、図4に示す電流変化の変曲点（エンジン17のピストンが上死点または下死点に達する点）の電圧および電流を用いない方が、推定精度が高いことが判明したので、変曲点近傍の電圧および電流については測定対象または計算対象から除外するようにしてもよい。具体的には、サンプリングによって得られた電流を時間的に微分し、得られた値が“0”に近い場合には、変曲点であるとし、変曲点前後のデータについては計算対象から除外することができる。

20

【0066】

また、以上の各実施形態では、スタータモータ18に電流が流れる場合を測定対象として説明したが、二次電池14にある程度の大きさの電流が所定時間流れる場合であれば、測定対象とすることができる。例えば、停車時においてステアリングが操作される場合（いわゆる「据え切り」をした場合）にはステアリングモータにある程度の大きさの電流（例えば、百アンペア程度）が一定時間以上流れるので、その場合も測定対象とすることができる。

【0067】

また、以上の各実施形態では、SOHを求める式としては、式(3)および式(6)を用いるようにしたが、これらは一例であって、これら以外の式を用いることができる。例えば、前述の説明では、 $f(Z(t_n))$ および $f(Z_{ct}(t_n))$ については、 $f(Z(t_n)) = Z(t_n)$ および $f(Z_{ct}(t_n)) = Z_{ct}(t_n)$ として説明したが、例えば、2次以上の高次式もしくは指数関数、または、多項式を用いるようにしてもよい。

30

【0068】

また、図11に示す実施形態では、二次電池14の大きさを、大、中、小の3つに分類するようにしたが、例えば、2つに分類したり、4つ以上に分類したりするようにしてもよい。また、サイズを分類するのではなく、初期満充電容量の単位であるAhを推定して表示するようにしてもよい。

【0069】

また、以上の各実施形態では、満充電状態になった後に、二次電池14の測定を実行するようにしたが、例えば、満充電状態でない場合に実行するようにしてもよい。なお、その場合には、二次電池14のSOC毎に式(3)および式(6)のパラメータ α , β , γ をSOCに応じて準備しておき、SOCの値に応じたパラメータを読み出してSOHを算出するようにしてもよい。

40

【符号の説明】

【0070】

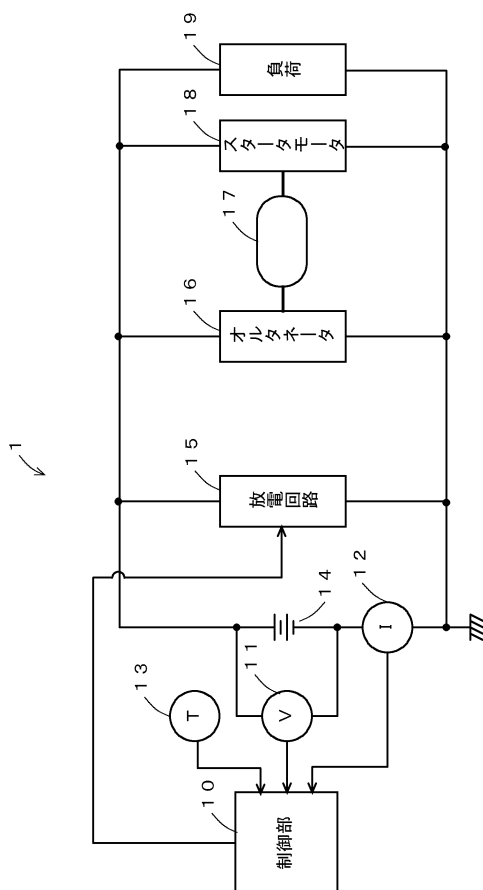
- 1 二次電池状態検出装置
- 10 制御部（求出手段、推定手段）
- 10a CPU
- 10b ROM

50

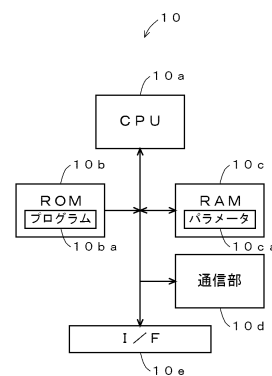
- 10c RAM
- 10d 表示部
- 10e I/F
- 11 電圧センサ（検出手段）
- 12 電流センサ（検出手段）
- 13 温度センサ
- 14 二次電池
- 15 放電回路
- 16 オルタネータ
- 17 エンジン
- 18 スタータモータ
- 19 負荷

10

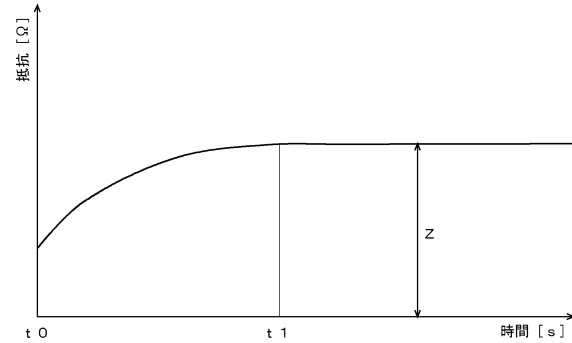
【図1】



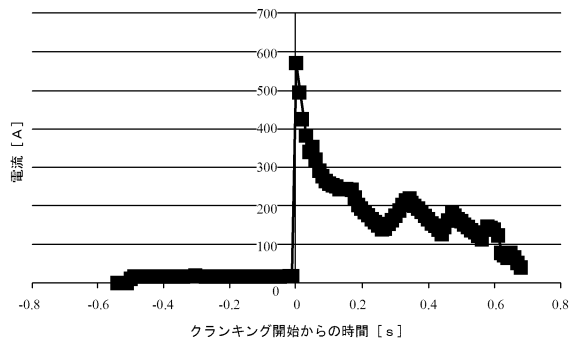
【図2】



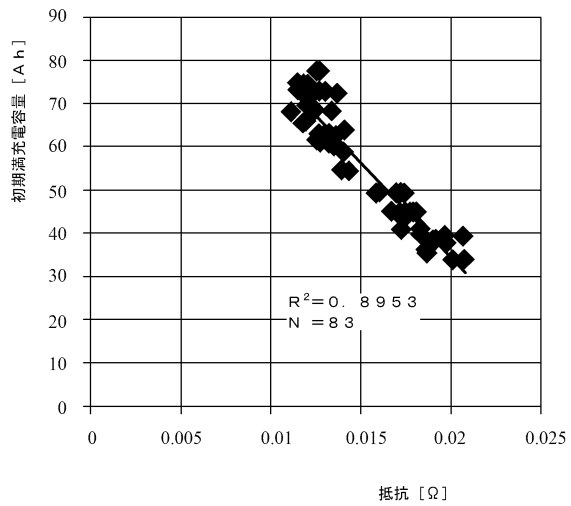
【図3】



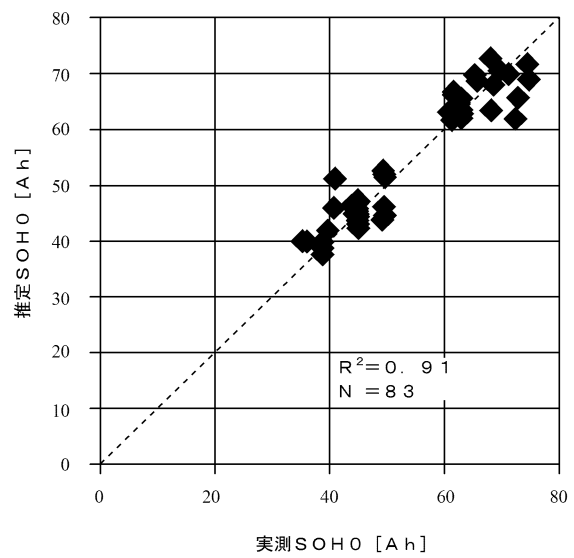
【図 4】



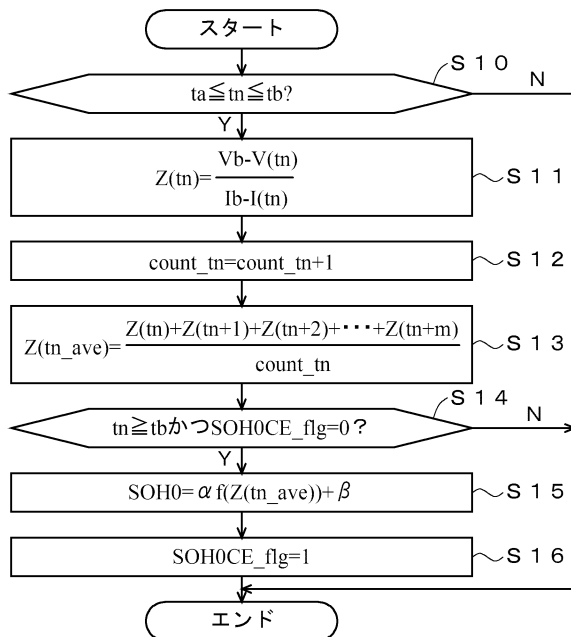
【図 5】



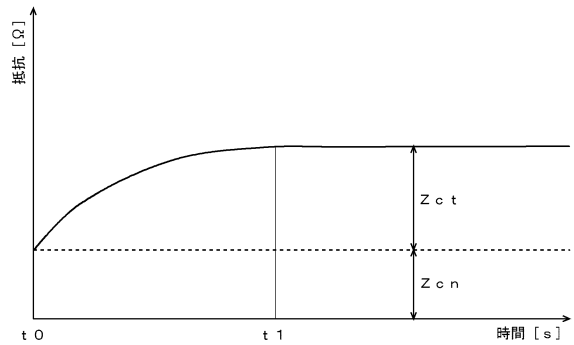
【図 6】



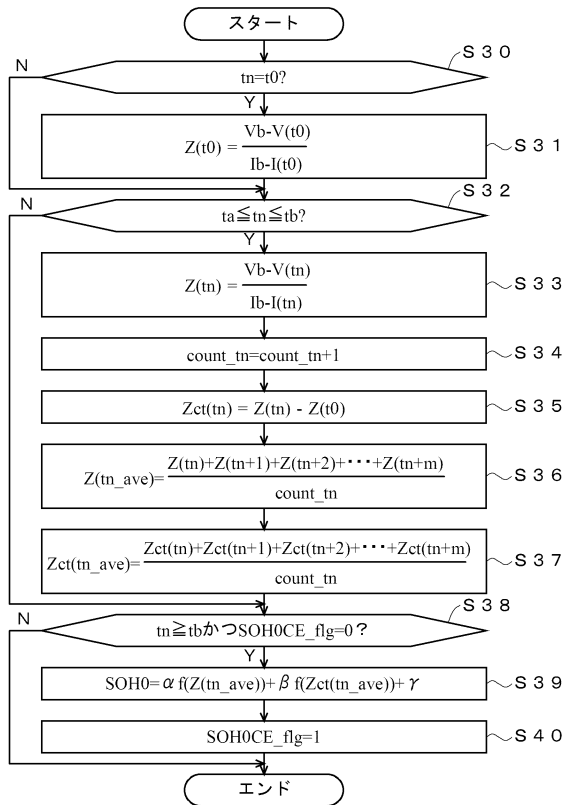
【図 7】



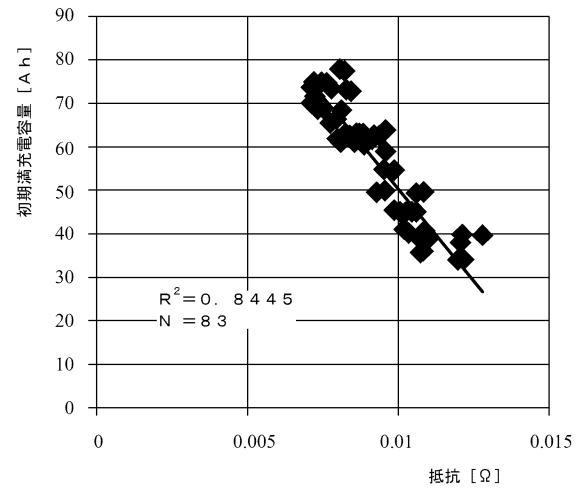
【図 8】



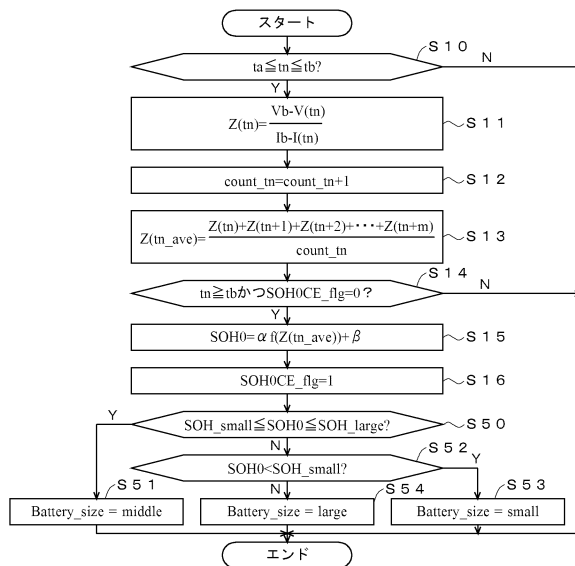
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 岩根 典靖
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内
- (72)発明者 高嶋 直也
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内

審査官 名取 乾治

- (56)参考文献 特開2013-88156(JP,A)
特開2008-89417(JP,A)
特開2003-68368(JP,A)
特開平8-62309(JP,A)
特開2012-32267(JP,A)
特開2003-177164(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| G01R | 31/36 |
| H01M | 10/48 |
| H02J | 7/00 |