

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6868976号
(P6868976)

(45) 発行日 令和3年5月12日 (2021.5.12)

(24) 登録日 令和3年4月15日 (2021.4.15)

(51) Int.Cl.	F I				
GO 1 R 31/392 (2019.01)	GO 1 R 31/392	Z H V			
HO 1 M 10/42 (2006.01)	HO 1 M 10/42	P			
HO 1 M 10/48 (2006.01)	HO 1 M 10/48	P			
HO 2 J 7/00 (2006.01)	HO 1 M 10/48	3 O 1			
	HO 2 J 7/00	X			
請求項の数 20 (全 29 頁) 最終頁に続く					

(21) 出願番号	特願2016-131798 (P2016-131798)	(73) 特許権者	000116024
(22) 出願日	平成28年7月1日 (2016.7.1)		ローム株式会社
(65) 公開番号	特開2017-116522 (P2017-116522A)		京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地
(43) 公開日	平成29年6月29日 (2017.6.29)	(74) 代理人	100105924
審査請求日	令和1年6月21日 (2019.6.21)		弁理士 森下 賢樹
(31) 優先権主張番号	特願2015-246613 (P2015-246613)	(74) 代理人	100133215
(32) 優先日	平成27年12月17日 (2015.12.17)		弁理士 真家 大樹
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)	(72) 発明者	清水 崇弘
			京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地
			ローム株式会社内
		審査官	島田 保

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 充電式のバッテリーの劣化推定方法、劣化推定回路、およびそれを用いた電子機器、自動車

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

充電式のバッテリーの劣化状態の推定方法であって、
前記バッテリーの充放電電流を積算することによりクーロンカウント値を生成するステップと、

前記バッテリーの状態を監視するステップと、
前記クーロンカウント値に基づいて、前記バッテリーが所定電荷量、充放電されたことを検出するステップと、

前記所定電荷量の充放電が検出されるたびに、前記バッテリーの劣化を示す指標 X を、前記所定電荷量が充放電された期間において測定された前記バッテリーの状態に応じた変化量 ΔX 、変化させるステップと、

を備え、

前記バッテリーの状態は、前記バッテリーの温度を含み、
前記変化量 ΔX は、前記所定電荷量が充放電された期間にわたる平均温度、最高温度、最低温度のいずれか T に応じており、

前記変化量 ΔX は、少なくとも $T > T_r$ の範囲において、式 (1)

$$\Delta X = K \times M (T - T_r) / \Delta T \quad \dots (1)$$

ただし、K, M, T_r および ΔT はパラメータで規定されることを特徴とする推定方法。

【請求項 2】

10

20

$20 < T_r < 30$ 、 $1 < M < 3$ 、 $5^\circ < \Delta T < 20^\circ$ であることを特徴とする請求項 1 に記載の推定方法。

【請求項 3】

$T < T_r$ の範囲において、 $\Delta X = K$ であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の推定方法。

【請求項 4】

前記バッテリーの状態は、前記バッテリーの SOC (State Of Charge) を含み、
前記変化量 ΔX は、前記 SOC に依存することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の推定方法。

【請求項 5】

前記バッテリーの状態は、前記バッテリーの SOC (State Of Charge) を含み、
前記パラメータ K は、前記 SOC に依存することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の推定方法。

【請求項 6】

前記所定電荷量の充放電に要した時間 t を測定するステップをさらに備え、
前記変化量 ΔX は、前記時間 t に依存することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の推定方法。

【請求項 7】

前記所定電荷量の充放電に要した時間 t を測定するステップをさらに備え、
前記パラメータ K は、前記時間 t に依存することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の推定方法。

【請求項 8】

前記所定電荷量の充放電は、1 充放電サイクルに相当し、
前記指標 X は、充放電サイクル数を表すことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の推定方法。

【請求項 9】

前記指標 X は、バッテリーの容量を表すことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の推定方法。

【請求項 10】

充電式のバッテリーの劣化推定回路であって、
前記バッテリーの充放電電流を積算することにより得られるクーロンカウント値に基づいて、前記バッテリーが所定電荷量、充放電されたことを検出するサイクル検出部と、
前記バッテリーの状態を監視する状態監視回路と、
前記所定電荷量の充放電が検出されるたびに、前記バッテリーの劣化を示す指標 X を、前記所定電荷量が充放電された期間において測定された前記バッテリーの状態に応じた変化量 ΔX 、変化させる劣化計算部と、

を備え、

前記バッテリーの状態は、前記バッテリーの温度を含み、
前記変化量 ΔX は、前記所定電荷量が充放電された期間にわたる平均温度、最高温度、最低温度のいずれか T に応じており、

前記変化量 ΔX は、少なくとも $T > T_r$ の範囲において、式 (1)

$$\Delta X = K \times M \left(\frac{T - T_r}{\Delta T} \right) \dots (1)$$

ただし、 K 、 M 、 T_r および ΔT はパラメータで規定されることを特徴とする劣化推定回路。

【請求項 11】

$20 < T_r < 30$ 、 $1 < M < 3$ 、 $5^\circ < \Delta T < 20^\circ$ であることを特徴とする請求項 10 に記載の劣化推定回路。

【請求項 12】

$T < T_r$ の範囲において $\Delta X = K$ であることを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の劣化推定回路。

10

20

30

40

50

【請求項 13】

前記バッテリーの状態は、前記バッテリーのSOC (State Of Charge) を含み、
前記変化量 ΔX は、前記SOCに依存することを特徴とする請求項10から12のいずれかに記載の劣化推定回路。

【請求項 14】

前記バッテリーの状態は、前記バッテリーのSOC (State Of Charge) を含み、
前記パラメータKは、前記SOCに依存することを特徴とする請求項10から13のいずれかに記載の劣化推定回路。

【請求項 15】

前記所定電荷量の充放電に要したサイクル時間tを測定するサイクル時間測定部をさらに備え、
前記変化量 ΔX は、前記サイクル時間tに依存することを特徴とする請求項10から14のいずれかに記載の劣化推定回路。 10

【請求項 16】

前記所定電荷量の充放電に要したサイクル時間tを測定するサイクル時間測定部をさらに備え、
前記パラメータKは、前記サイクル時間tに依存することを特徴とする請求項10から15のいずれかに記載の劣化推定回路。

【請求項 17】

前記所定電荷量の充放電は、1充放電サイクルに相当し、
前記指標Xは、充放電サイクル数を表すことを特徴とする請求項10から16のいずれかに記載の劣化推定回路。 20

【請求項 18】

前記指標Xは、バッテリーの容量を表すことを特徴とする請求項10から17のいずれかに記載の劣化推定回路。

【請求項 19】

充電式のバッテリーと、
前記バッテリーの状態を検出する請求項10から18のいずれかに記載の劣化推定回路と、
を備えることを特徴とする電子機器。 30

【請求項 20】

充電式のバッテリーと、
前記バッテリーの状態を検出する請求項10から18のいずれかに記載の劣化推定回路と、
を備えることを特徴とする自動車。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、バッテリー管理システムに関する。

【背景技術】

【0002】

携帯電話端末、デジタルカメラ、タブレット端末、携帯音楽プレイヤー、携帯ゲーム機器、ノート型コンピュータをはじめとするさまざまな電池駆動型の電子機器は、充電式のバッテリー（2次電池）を内蔵しており、システム制御や信号処理を行うCPU（Central Processing Unit）、液晶パネル、無線通信モジュール、その他のアナログ、デジタル回路などの電子回路は、バッテリーからの電力供給を受けて動作する。

【0003】

図1は、電池駆動型の電子機器のブロック図である。電子機器900は、バッテリー902と、バッテリー902を充電する充電回路904と、を備える。充電回路904は、外部の電源アダプタやUSB（Universal Serial Bus）からの電源電圧 V_{ADP} を受け、パッ 50

テリ 902 を充電する。

【0004】

バッテリー 902 には、負荷 908 が接続される。バッテリー 902 に流れる電流 I_{BAT} は、充電回路 904 からの充電電流 I_{CHG} と負荷 908 に流れる負荷電流（放電電流） I_{LOAD} の差分となる。

【0005】

バッテリー 902 は、充放電を繰り返す毎に劣化することが知られている。バッテリー 902 の劣化は、具体的にはその容量の低下として現れる。バッテリー 902 の劣化を推定するために、電子機器 900 には劣化推定機能が設けられる。バッテリーの劣化を推定する劣化推定回路 920 は、バッテリーの残量（充電状態：SOC）を検出する残量検出回路 906 と統合される場合もある。

10

【0006】

残量検出回路 906 は、ヒューエルゲージ IC（Integrated Circuit）とも称される。残量検出回路 906 によるバッテリーの残量の検出方法としては、（１）電圧法と、（２）クーロンカウント法（電荷積算法）の２つが主流となっている。残量検出回路 906 は、充電回路 904 に内蔵される場合もある。

【0007】

電圧法では、開放状態（無負荷状態）においてバッテリーの開放電圧（OCV：Open Circuit Voltage）を測定し、OCV と SOC の対応関係から残量を推定する。OCV は、バッテリーが無負荷であり、かつ緩和状態でなければ測定することができず、したがって充放電中にそれを正確に測定することはできない。

20

【0008】

クーロンカウント法では、バッテリーに流れ込む充電電流およびバッテリーから流れ出る放電電流（以下、充放電電流と総称する）を積算し、バッテリーへの充電電荷量、放電電荷量を計算することで残量を推定する。クーロンカウント法によれば、電圧法と異なり、開放電圧が得られないバッテリーの使用期間においても、残量を推定することができる。

【0009】

図 1 の残量検出回路 906 は、クーロンカウント法によって、バッテリー 902 の残量を推定する。残量検出回路 906 は、クーロンカウンタ回路 910 と、SOC 演算部 912 と、を備える。クーロンカウンタ回路 910 は、バッテリー 902 の電流 I_{BAT} を検出し、それを積算する。クーロンカウンタ回路 910 が生成するクーロンカウント値（以下、累積クーロンカウント値 ACC：Accumulated Coulomb Count）は、以下の式で表される。

30

$$ACC = \int I_{BAT} dt$$

厳密にはバッテリー電流 I_{BAT} は時間的に離散的にサンプリングされ、以下の式で計算される。 Δt はサンプリング周期を示す。

$$ACC = \sum (\Delta t \times I_{BAT})$$

この積算（積分）は、たとえばバッテリー 902 から流れ出る方向の電流 I_{BAT} を正、バッテリー 902 に流れ込む方向の電流 I_{BAT} を負として行われる。

【0010】

SOC 演算部 912 は、ACC 値に基づいて、バッテリー 902 の SOC を演算する。SOC の演算には以下の式が用いられる。

$$SOC [\%] = (CC_{FULL} - ACC) / CC_{FULL} \times 100$$

CC_{FULL} は、満充電状態においてバッテリー 902 に蓄えられる電荷量（クーロンカウント容量値）を示し、これはバッテリー 902 の容量に相当する。

【0011】

劣化推定回路 920 の充放電サイクル検出部 922 は、クーロンカウンタ回路 910 が生成するデータに基づいて、１充放電サイクルに相当する使用を検出する。劣化計算部 924 は、充放電サイクル検出部 922 が１充放電サイクルを検出するたびに、充放電サイクル数 CYC_C をインクリメントする。充放電サイクル数 CYC_C はバッテリー 902

50

の劣化度を表す。充放電サイクル数 CYC_{CD} は、バッテリーの寿命を知らせるアラートに使用することができる。

【0012】

また充放電サイクル検出部 922、充放電サイクル数 CYC_{CD} にもとづいて、SOC 演算部 912 において使用されるクーロンカウント容量値（バッテリー容量） CC_{FULL} を補正する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献 1】米国特許第 9,035,616 B2 号明細書

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明者は、図 1 の劣化推定回路 920 について検討した結果、以下の課題を認識するに至った。図 2 は、充放電サイクル数 CYC_{CD} とバッテリーの劣化度の関係を示す図である。劣化度は、劣化した容量 CC_{FULL} を定格容量を 100% として表したものである。図 2 に示すように、充放電サイクル数 CYC_{CD} と劣化度の関係は、バッテリーの温度などの条件によって変化する。たとえばバッテリーの温度が 45 のときは、25 のときと比べて速く劣化が進む。一方、劣化計算部 924 は、所定の条件下（所定温度など）での、充放電サイクル数 CYC_{CD} と劣化度の関係（劣化特性）を規定している。したがって所定の条件と、実際のバッテリー使用条件が乖離すると、劣化推定値の誤差が大きくなる。

20

【0015】

本発明はかかる課題に鑑みてなされたものであり、そのある態様の例示的な目的のひとつは、バッテリーの劣化状態を精度よく推定可能な方法および回路の提供にある。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明のある態様は、充電式のバッテリーの劣化状態の推定方法に関する。推定方法は、バッテリーの充放電電流を積算することによりクーロンカウント値を生成するステップと、バッテリーの状態を監視するステップと、クーロンカウント値に基づいて、バッテリーが所定電荷量、充放電されたことを検出するステップと、所定電荷量の充放電が検出されるたびに、バッテリーの劣化を示す指標 X を、所定電荷量が充放電された期間において測定されたバッテリーの状態に応じた変化量（単位劣化量） ΔX 、変化させるステップと、を備える。

30

【0017】

この態様によると、バッテリーの使用時の状態に応じて、サイクル劣化の進み具合を調節することができ、劣化状態の推定の精度を改善できる。本明細書において、「バッテリーが所定電荷量、充放電されたこと」は、(i) バッテリーが所定電荷量、充電されたこと、(ii) バッテリーが所定電荷量、放電されたこと、(iii) バッテリーが所定電荷量、充電され、かつ放電されたこと、(iv) バッテリーが所定電荷量、充電され、または、放電されたこと、などを含む。

【0018】

バッテリーの状態は、バッテリーの温度を含んでもよい。温度を考慮することで、劣化推定の精度を高めることができる。変化量 ΔX は、所定電荷量が充放電された期間にわたる平均温度、最高温度、最低温度のいずれかに応じていてもよい。平均温度、最高温度、最低温度のいずれか T を考慮することで、演算負荷の増加を抑制しつつ、精度を改善できる。

40

【0019】

変化量 ΔX は、少なくとも $T > T_r$ の範囲において、式 (1)

$$\Delta X = K \times M \left(\frac{T - T_r}{\Delta T} \right) \dots (1)$$

ただし、 K 、 M 、 T_r および ΔT はパラメータに基づいて規定されてもよい。20 T_r 30、 $1 < M < 3$ 、5° ΔT 20° であってもよい。変化量 ΔX は、アレニウスの法則（10 度 2 倍速あるいは温度二倍速と

50

もいう)に基づいて規定されてもよい。 $T < T_r$ の範囲において、 $\Delta X = K$ であってもよい。すなわち温度に依存しなくてもよい。あるいは ΔX は式(1)にしたがってもよいし、別の式にしたがってもよい。

【0020】

ある態様において、バッテリーの状態は、バッテリーのSOC(State Of Charge)を含んでもよい。変化量 ΔX は、SOCに依存してもよい。SOCを考慮することにより、より劣化状態の推定精度を改善できる。パラメータKは、SOCに依存してもよい。

【0021】

ある態様において推定方法は、所定電荷量の充放電に要した時間 t を測定するステップをさらに備えてもよい。変化量 ΔX は、時間 t に依存してもよい。この態様によれば、保存劣化を反映させることができる。ある態様においてパラメータKは、時間 t に依存してもよい。

10

【0022】

所定電荷量の充放電は、1充放電サイクルに相当してもよい。指標Xは、充放電サイクル数を表してもよい。指標Xは、バッテリーの容量を表してもよい。

【0023】

本発明の別の態様は、充電式のバッテリーの劣化推定回路に関する。バッテリー監視回路は、バッテリーの充放電電流を積算することにより得られるクーロンカウント値に基づいて、バッテリーが所定電荷量、充放電されたことを検出するサイクル検出部と、バッテリーの温度を監視する温度監視回路と、所定電荷量の充放電が検出されるたびに、バッテリーの劣化を示す指標Xを、所定電荷量が充放電された期間において測定された温度Tに応じた変化量 ΔX 、変化させる劣化計算部と、を備える。

20

【0024】

本発明の別の態様も、充電式のバッテリーの劣化推定回路に関する。劣化推定回路は、補正クーロンカウント値を生成する補正クーロンカウンタ回路と、補正クーロンカウント値に基づき、バッテリーが所定電荷量、充放電されたことを検出するサイクル検出部と、バッテリーが所定電荷量、充放電されるたびに、バッテリーの劣化を示す指標Xを所定量、変化させる劣化計算部と、を備える。補正クーロンカウンタ回路は、補正クーロンカウント値の変化量を、温度T、SOC、サイクル時間 t_{CYC} の少なくともひとつに応じて補正する。

30

【0025】

本発明の別の態様は電子機器である。電子機器は、充電式のバッテリーと、バッテリーの状態を検出する上述の劣化推定回路と、を備える。

【0026】

本発明の別の態様は自動車である。自動車は、充電式のバッテリーと、バッテリーの状態を検出する上述の劣化推定回路と、を備える。

【0027】

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせや本発明の構成要素や表現を、方法、装置、システムなどの間で相互に置換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

40

【0028】

本発明によれば、バッテリーの劣化状態の推定精度を改善できる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】電池駆動型の電子機器のブロック図である。

【図2】充放電サイクル数とバッテリーの劣化度の関係を示す図である。

【図3】第1の実施の形態に係る劣化推定回路を備えるバッテリー管理システムのブロック図である。

【図4】充放電サイクルを説明する図である。

【図5】劣化計算部の構成例を示すブロック図である。

50

【図 6】図 3 のバッテリー管理システムの動作波形図である。

【図 7】第 2 の実施の形態に係る劣化推定回路を備えるバッテリー管理システムのブロック図である。

【図 8】図 7 の劣化計算部の構成例を示すブロック図である。

【図 9】図 7 のバッテリー管理システムの動作波形図である。

【図 10】第 3 の実施の形態に係る劣化推定回路を備えるバッテリー管理システムのブロック図である。

【図 11】図 10 の劣化計算部の構成例を示すブロック図である。

【図 12】図 10 のバッテリー管理システムの動作波形図である。

【図 13】第 7 の実施の形態に係る残量検出回路を備えるバッテリー管理システムのブロック図である。 10

【図 14】図 13 の補正クーロンカウンタ回路のブロック図である。

【図 15】第 8 の実施の形態に係るバッテリー管理システムのブロック図である。

【図 16】第 8 の実施の形態に係るバッテリー管理システム 100d の動作波形図である。

【図 17】第 8 の実施の形態におけるバッテリー電圧 V_{BAT} と SOC の関係を示す図である。

【図 18】第 9 の実施の形態のバッテリー管理システムの動作波形図である。

【図 19】第 9 の実施の形態におけるバッテリー電圧 V_{BAT} と SOC の関係を示す図である。

【図 20】第 10 の実施の形態におけるバッテリー電圧 V_{BAT} と SOC の関係を示す図である。 20

【図 21】バッテリー管理システムを備える自動車を示す図である。

【図 22】バッテリー管理システムを備える電子機器を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、本発明を好適な実施の形態をもとに図面を参照しながら説明する。各図面に示される同一または同等の構成要素、部材、処理には、同一の符号を付するものとし、適宜重複した説明は省略する。また、実施の形態は、発明を限定するものではなく例示であって、実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。 30

【0031】

本明細書において、「部材 A が、部材 B と接続された状態」とは、部材 A と部材 B が物理的に直接的に接続される場合や、部材 A と部材 B が、それらの電気的な接続状態に実質的な影響を及ぼさない、あるいはそれらの結合により奏される機能や効果を損なわない、その他の部材を介して間接的に接続される場合も含む。

同様に、「部材 C が、部材 A と部材 B の間に設けられた状態」とは、部材 A と部材 C、あるいは部材 B と部材 C が直接的に接続される場合のほか、それらの電気的な接続状態に実質的な影響を及ぼさない、あるいはそれらの結合により奏される機能や効果を損なわない、その他の部材を介して間接的に接続される場合も含む。

【0032】 40

また本明細書において、電圧信号、電流信号、あるいは抵抗に付された符号は、必要に応じてそれぞれの電圧値、電流値、あるいは抵抗値を表すものとする。

【0033】

(第 1 の実施の形態)

図 3 は、第 1 の実施の形態に係る劣化推定回路 500 を備えるバッテリー管理システム 100 のブロック図である。バッテリー管理システム 100 は、バッテリー 102、充電回路 104、負荷 108 および残量検出回路 (ヒューエルゲージ IC) 200 を備える。バッテリー 102 は、ひとつ、あるいは複数のセルを含む。セルの種類は特に限定されず、リチウムイオンセル、リチウム空気セル、リチウム金属ベースのセル、ニッケル水素セル、ニッケルカドミウムセル、ニッケル亜鉛セルなどが例示される。セルの個数は、バッテリー管理 50

システム１００の用途に依存するが、ポータブルの電子機器の場合、１セル～数セル、車載バッテリーや産業機器、産業機械の用途では数十～数百セルのオーダーとなる。本発明の用途としてバッテリー１０２の構成は特に限定されない。

【００３４】

負荷１０８には、バッテリー１０２からのバッテリー電圧 V_{BAT} が供給される。負荷１０８の種類は特に限定されない。たとえばバッテリー管理システム１００が電子機器に搭載される場合、負荷１０８は、電池電圧 V_{BAT} を昇圧あるいは降圧し、電源電圧 V_{DD} を生成する電源回路や、電源電圧 V_{DD} を受けて動作する各種電子回路を含みうる。バッテリー管理システム１００が自動車や産業機械に搭載される場合、負荷１０８は、モータと、電池電圧 V_{BAT} を交流に変換してモータを駆動するインバータと、を含みうる。

10

【００３５】

充電回路１０４は、外部の電源アダプタやＵＳＢ（Universal Serial Bus）、充電ステーションなどから電源電圧 V_{EXT} を受け、バッテリー１０２を充電する。

【００３６】

残量検出回路２００は、バッテリー１０２の充電状態（SOC：State Of Charge）を検出する。なお本明細書では理解の容易化のために、SOCを、最小値が０、最大値が１００である百分率（％）として説明するが、本発明はそれには限定されない。たとえばSOCを１０ビットで表す場合、デジタル信号処理の過程においては、SOCは、０～１０２３の１０２４階調で表されることに留意されたい。

【００３７】

20

残量検出回路２００は、主として、クーロンカウンタ回路２０２、SOC演算部２０６を備える。クーロンカウンタ回路２０２は、バッテリー１０２の充放電電流（ I_{BAT} ）を積算することにより、累積クーロンカウント値（以下、ACC値とする）を生成する。ACC値は、以下の式で表される。

$$ACC = \int I_{BAT} dt$$

クーロンカウンタ回路２０２は、バッテリー電流 I_{BAT} を所定のサンプリング周期 Δt でサンプリングする。ACC値は、各サンプリング時刻 j におけるバッテリー電流 $I_{BAT}[j]$ を用いて、以下の式で計算される。

$$ACC = \sum_{j=1} (\Delta t \times I_{BAT}[j])$$

この積算（積分）は、たとえばバッテリー１０２から流れ出る方向の電流 I_{BAT} を正、バッテリー１０２に流れ込む方向の電流 I_{BAT} を負として行われる。

30

【００３８】

電流 I_{BAT} の検出方法は特に限定されない。たとえば電流 I_{BAT} の経路上に、バッテリー１０２と直列にセンス抵抗 R_S を挿入し、センス抵抗 R_S の電圧降下を検出してもよい。センス抵抗 R_S は、バッテリー１０２の正極側に挿入されてもよいし、負極側に挿入されてもよい。クーロンカウンタ回路２０２は、センス抵抗 R_S の電圧降下 V_{CS} （もしくは電圧降下 V_{CS} を増幅した電圧）をサンプリングするA/Dコンバータと、A/Dコンバータの出力データを積算する積算器と、を含んでもよい。

【００３９】

SOC演算部２０６は、クーロンカウンタ回路２０２からのACC値を受ける。SOC演算部２０６は、以下の式に基づいてSOC（％）を計算する。

40

$$SOC = (CC_{FULL} - ACC) / CC_{FULL} \times 100$$

ただし、 CC_{FULL} は満充電に相当するクーロンカウント容量値

【００４０】

バッテリー管理システム１００はさらに劣化推定回路５００を備える。本実施の形態では劣化推定回路５００を残量検出回路２００の一部として説明するが、残量検出回路２００と劣化推定回路５００は別個のハードウェアであってもよいし、一部のハードウェアを共有して構成されてもよい。

【００４１】

劣化推定回路５００は、サイクル検出部５０２、温度検出回路５０４、劣化計算部５０

50

6を備える。サイクル検出部502は、クーロンカウンタ回路202が生成するクーロンカウント値に基づいて、バッテリー102が所定電荷量、充放電されたことを検出する。以下のいくつかの実施の形態では、所定電荷量は、容量値 CC_{FULL} に相当する電荷量とする。また以下のいくつかの実施の形態では、「所定電荷量、充放電された」とは、(i)バッテリーが所定電荷量、充電され、かつ、放電されたことに相当し、これを以下では「充放電サイクル」と称する。

【0042】

充放電サイクルについて詳細に説明する。1回の充放電サイクルは、放電電流(つまり正のバッテリー電流 I_{BAT})の積算値、充電電流(つまり負のバッテリー電流 I_{BAT})の積算値それぞれが1回ずつ、バッテリー102のクーロンカウンタ容量値 CC_{FULL} に達したことに相当する。放電クーロンカウント値を、 DCC (Discharge Coulomb Count)値と表記し、充電クーロンカウント値を、 CCC (Charge Coulomb Count)値と表記するものとする。

【0043】

DCC 値の変化量が CC_{FULL} に達したことを放電サイクル、 CCC 値の変化量が CC_{FULL} に達したことを充電サイクルと称する。 CC_{FULL} は定格値 CC_{FULL_RATED} を用いることもできるが、劣化を考慮した値 CC_{FULL_AGED} を用いるとよい。放電サイクルが1回発生すると、放電サイクル数が1増加する。同様に、充電サイクルが1回発生すると、充電サイクル数が1増加する。充放電サイクル数は、充放電サイクルが1回発生すると、1増加し、言い換えると、放電サイクル数と充電サイクル数がそれぞれ1増加したことに相当する。このように充放電サイクル、充電サイクル、放電サイクルを定義すると、充放電サイクル数は、充電サイクル数と放電サイクル数のうち小さい方と一致する。

【0044】

クーロンカウンタ回路202は、 ACC 値に加えて、 DCC 値、 CCC 値を生成する。サイクル検出部502は、 DCC 値、 CCC 値に基づいて、充放電サイクルを検出する。充放電サイクルの検出は、劣化計算部506に通知される。たとえばサイクル検出部502は、1回の充放電サイクルを検出するたびに(つまり、充放電サイクル数が1増加するたびに)、その出力信号(検出信号) $S1$ をアサート(たとえばハイレベル)し、劣化計算部506に通知してもよい。あるいは劣化計算部506が充放電サイクル数を格納するレジスタを監視することとし、当該レジスタの値が変化したことを、充放電サイクルの検出の通知としてもよい。

【0045】

図4は、充放電サイクルを説明する図である。ここでは、 DCC 値、 CCC 値は、 CC_{FULL} に達するとゼロにリセットされるものとするが、必ずしもリセットする必要はない。放電サイクルを CYC_D 、充電サイクルを CYC_C 、充放電サイクルを CYC_{CD} として示す。

【0046】

図3に戻る。温度検出回路(状態監視回路)504は、バッテリー102の状態のひとつとして、バッテリー102の温度 T を監視し、温度 T を示す温度情報 $S2$ を生成する。たとえば温度検出回路504は、バッテリー102に取り付けられ、あるいはその近傍に配置された熱電対やサーミスタなどの温度センサと、温度センサの出力をデジタル値に変換するA/Dコンバータとを含んでもよい。

【0047】

劣化計算部506は、バッテリー102の劣化を示す指標 X を生成する。劣化計算部506は、バッテリー102の所定電荷量の充放電が検出されるたびに(つまり充放電サイクル CYC_{CD} が検出されるたびに)、指標 X を、所定電荷量が充放電された期間において測定された温度 T に応じた変化量 ΔX 、変化させる。現在の指標を $X[i]$ 、 i 番目の充放電サイクル CYC_{CD_i} で測定された温度を $T[i]$ 、それに対応する変化量を $\Delta X[i]$ と書くとき、 i 番目の充放電サイクル CYC_{CD} の検出後の新たな指標 $X[i+1]$ は

、以下の式で表される。

$$X[i+1] = X[i] + \Delta X[i]$$

$$\Delta X[i] = f(T[i])$$

ただし、 $f()$ は、変化量 ΔX と温度 T の関係を示す関数である。

【0048】

たとえば、変化量 $\Delta X[i]$ は、所定電荷量が充放電された期間（すなわち充放電サイクル）にわたる平均温度 $T_{ave}[i]$ に応じてよい。

$$\Delta X[i] = f(T_{ave}[i])$$

【0049】

$\Delta X = 1$ に固定した場合、指標 X は、充放電サイクル数に相当する。したがって劣化計算部506が生成する指標 X は、温度等の使用条件に応じて修正された充放電サイクル数と把握することができる。指標 X を、劣化サイクル数とも称する。

【0050】

化学反応の速度は、温度が 10° 高くなると、2倍となるというアレニウスの法則（ 10 度2倍速あるいは温度2倍速ともいう）が経験的に知られている。本発明者は、バッテリーの劣化にもアレニウスの法則が適用可能であり、バッテリーのサイクル劣化の温度依存性をモデル化するのに適していることを独自に認識した。本実施の形態において、変化量 ΔX は、平均温度 T_{ave} に対して式（1）に基づいて規定される。

$$\Delta X = K \times M^{(T_{ave} - T_r) / \Delta T} \dots (1)$$

ただし、 K 、 M 、 T_r および ΔT はパラメータ

【0051】

T_r は基準となる温度（たとえば室温）であり、 $20 < T_r < 30$ としてもよい。以下、 $T_r = 25$ とする。また、 $1 < M < 3$ としてもよい。2のべき乗はハードウェアでの実装が容易であることから、 $M = 2$ としてもよい。また $5^\circ < \Delta T < 20^\circ$ としてもよい。以下、 $\Delta T = 10^\circ$ とする。また本実施の形態では $K = 1$ とする。

【0052】

なお、 K 、 M 、 T_r 、 ΔT は、バッテリー102のベンダー、種類、ロット、個体などに応じて、実際のバッテリーの劣化曲線に対して最もフィッティングするように、最適な値を定めればよい。 K 、 M 、 T_r 、 ΔT の少なくとも一つは、残量検出回路200の外部から設定可能とすることが好ましく、したがって残量検出回路200は、 K 、 M 、 T_r 、 ΔT の少なくともひとつの設定値を保持するためのレジスタと、外部から設定値を受信し、レジスタに書き込むインタフェース回路をさらに備えてもよい。

【0053】

変化量 ΔX は、少なくとも $T_{ave} > T_r$ の範囲において式（1）にしたがって変化する。また本実施の形態では、変化量 ΔX は、 $T_{ave} < T_r$ の範囲において温度に依存しない。

（1） $T_{ave} > T_r$

$$\Delta X = K \times M^{(T_{ave} - T_r) / \Delta T}$$

（2） $T_{ave} < T_r$

$$\Delta X = K$$

【0054】

さらに劣化計算部506は、指標 X に基づいて所定の関係式にしたがい、劣化したバッテリーの容量を推定する。より具体的には劣化したバッテリーの容量 CC_{FULL_AGED} は、定格バッテリー容量を CC_{FULL_RATED} とすると、式（2）にしたがって推定される。

$$CC_{FULL_AGED} = CC_{FULL_RATED} - X \times \alpha \dots (2)$$

ただし α は劣化係数を表し、その単位はクーロンである。

すなわちバッテリー容量（クーロンカウント容量値） CC_{FULL_AGED} は、指標（劣化サイクル数） X に基づいて、式（2）にしたがって減少していく。劣化係数 α は定数であってもよいが、後述の第8～第10の実施の形態で説明するように変数としてもよい

10

20

30

40

50

。SOC演算部206は、劣化を考慮したバッテリー容量（劣化バッテリー容量という） CC_{FULL_AGED} にもとづいて、SOC（%）を計算することができる。

$$SOC = (CC_{FULL_AGED} - ACC) / CC_{FULL_AGED} \times 100$$

【0055】

図5は、劣化計算部506の構成例を示すブロック図である。劣化計算部506は、平均温度検出部510、変化量計算部512、指標計算部514を含む。平均温度検出部510は、温度検出回路504からの温度情報S2に基づき、現在（i番目）の充放電サイクルの平均温度 $T_{ave}[i]$ を検出する。変化量計算部512は、式（1）に基づいて、変化量 ΔX を演算する。なお本明細書における演算は、ソフトウェアあるいはハードウェアによる演算処理の他、テーブル参照などその他の手段も含む。指標計算部514は、
10
現在の劣化サイクル数 $X[i]$ をレジスタ516に保持しておき、変化量 $\Delta X[i]$ を加算することにより、新たな劣化サイクル数 $X[i+1]$ を生成するとともに、その値を、レジスタ516に格納する。なお劣化計算部506は、ハードウェアで構成してもよいし、ソフトウェアを実行するプロセッサで構成してもよく、あるいはそれらの組み合わせであってよい。

【0056】

以上が第1の実施の形態に係るバッテリー管理システム100の構成である。続いてその動作を説明する。図6は、図3のバッテリー管理システム100の動作波形図である。図6には上から順にSOC、充放電サイクル数 $CYC_C D$ 、温度T、指標（劣化サイクル数）Xが示される。ここでは理解の容易化のため、充放電サイクル数 $CYC_C D$ が1からスタートしている。時刻 t_1 に、1サイクル目のカウントが完了する。時刻 $t_0 \sim t_1$ の温度Tの平均値は T_{ave_1} である。たとえば、 $T_r = 25$ 、 $T_{ave_1} = 45$ 、 $\Delta T = 10^\circ$ 、 $K = 1$ とすると、変化量 $\Delta X[1]$ は、
20

$$\Delta X[1] = 1 \times 2 (45 - 25) / 10 = 4$$

となり、劣化サイクル数 $X[2]$ は

$$X[2] = X[1] + 4 = X_{INIT} + 4$$

となる。すなわち1回目の充放電サイクルでは、バッテリー102は4サイクル分、劣化したものと推定される。

【0057】

時刻 t_2 に、2サイクル目のカウントが完了する。時刻 $t_1 \sim t_2$ の温度Tの平均値は
30
 T_{ave_2} である。たとえば $T_{ave_2} = 35$ とすると、変化量 $\Delta X[2]$ は、

$$\Delta X[2] = 1 \times 2 (35 - 25) / 10 = 2$$

となり、劣化サイクル数 $X[3]$ は

$$X[3] = X[2] + 2 = X_{INIT} + 6$$

となる。すなわち2回目の充放電サイクルでは、バッテリー102は2サイクル分、劣化したものと推定される。

【0058】

時刻 t_3 に、3サイクル目のカウントが完了する。時刻 $t_2 \sim t_3$ の温度Tの平均値は
40
 T_{ave_3} である。たとえば $T_{ave_3} = 20$ とすると、 $T_{ave_3} < T_r$ であるから、変化量 $\Delta X[2]$ は、

$$\Delta X[2] = 1$$

となり、劣化サイクル数 $X[4]$ は

$$X[4] = X[3] + 1 = X_{INIT} + 7$$

となる。すなわち3回目の充放電サイクルでは、バッテリー102は1サイクル分、劣化したものと推定される。

【0059】

以上が図3のバッテリー管理システム100の動作である。このバッテリー管理システム100によれば、バッテリー102の使用時の温度Tに応じて、サイクル劣化の進み具合（すなわち変化量 ΔX ）を調節することができ、劣化状態の推定の精度を改善できる。特に、平均時間 T_{ave} を考慮することで、演算負荷の増加を抑制しつつ、精度を改善できる。
50

【 0 0 6 0 】

(第 2 の実施の形態)

図 7 は、第 2 の実施の形態に係る劣化推定回路 5 0 0 a を備えるバッテリー管理システム 1 0 0 a のブロック図である。この劣化推定回路 5 0 0 a では、劣化計算部 5 0 6 a に S O C 演算部 2 0 6 が生成した S O C が入力される。そして劣化サイクル数 X の変化量 ΔX に、バッテリーの S O C が反映される。一般的には、S O C が大きな領域では、S O C が小さな領域よりも劣化が速く進むという知見が得られている。そこで S O C に応じて変化量 ΔX を調節することにより、より劣化状態の推定精度を改善できる。

【 0 0 6 1 】

ΔX を式 (1) で記述する場合、パラメータ K に S O C を反映させてもよい。たとえば
バッテリー 1 0 2 の S O C は、複数の範囲に区画されている。ここでは理解の容易化、説明
の簡潔化のため、2 つの範囲、すなわち所定のしきい値 S O C _{T H} (ここでは 5 0 % とす
る) より高い上側範囲 (すなわち 5 0 ~ 1 0 0 %) 、しきい値 S O C _{T H} より低い下側範
囲 (0 ~ 5 0 %) に区画されるものとする。なおしきい値 S O C _{T H} の値や、範囲の個数
は特に限定されない。そして式 (1) のパラメータ K は、S O C の範囲ごとに異なる値を
有する。

すなわち、

$$K = \beta_1 \quad \text{for } 50\% \leq \text{SOC} \leq 100\%$$

$$K = \beta_2 \quad \text{for } 0\% \leq \text{SOC} < 50\%$$

なお $\beta_1 + \beta_2 = 1$ を満たすように β_1, β_2 を定めてもよい。

【 0 0 6 2 】

まとめると、以下のように変化量 ΔX を生成してもよい。

(1) T a v e > T r

$$\Delta X = \beta_1 \times M (T a v e - T r) / \Delta T \quad \text{for } 50\% \leq \text{SOC} \leq 100\%$$

$$\Delta X = \beta_2 \times M (T a v e - T r) / \Delta T \quad \text{for } 0\% \leq \text{SOC} < 50\%$$

(2) T a v e < T r

$$\Delta X = \beta_1 \quad \text{for } 50\% \leq \text{SOC} \leq 100\%$$

$$\Delta X = \beta_2 \quad \text{for } 0\% \leq \text{SOC} < 50\%$$

【 0 0 6 3 】

たとえば劣化計算部 5 0 6 は、S O C の範囲ごとに、平均温度 T a v e を検出する。上
側範囲 5 0 % ≤ S O C ≤ 1 0 0 % における平均温度を T a v e H とし、下側範囲 0 % ≤
S O C < 5 0 % における平均温度を T a v e L とする。

【 0 0 6 4 】

1 充放電サイクル内で、S O C がひとつの範囲内 (たとえば上側範囲のみ) で変化する
場合、変化量 ΔX は、平均温度 T a v e H に基づいて、以下のように計算すればよい。

$$\Delta X = \Delta X_H = \beta_1 \times M (T a v e H - T r) / \Delta T \quad \text{for } T a v e > T r$$

$$\Delta X = \Delta X_H = \beta_1 \quad \text{for } T a v e < T r$$

【 0 0 6 5 】

同様に 1 充放電サイクル内で、S O C が別のひとつの範囲内 (たとえば下側範囲のみ)
で変化する場合、変化量 ΔX は、平均温度 T a v e L に基づいて、以下のように計算すれ
ばよい。

$$\Delta X = \Delta X_L = \beta_2 \times M (T a v e L - T r) / \Delta T \quad \text{for } T a v e > T r$$

$$\Delta X = \Delta X_L = \beta_2 \quad \text{for } T a v e < T r$$

【 0 0 6 6 】

もし、1 充放電サイクル内で、S O C が複数の範囲を跨いで変化する場合、変化量 ΔX
は、複数の範囲それぞれについて計算される変化量 $\Delta X_H, \Delta X_L$ の平均値としてもよい
。

$$\Delta X = (\Delta X_H + \Delta X_L) / 2 \quad \dots (3)$$

この場合、劣化サイクル数 X は、式 (4) となる。

$$X [i + 1] = X [i] + \Delta X$$

10

20

30

40

50

$$= X[i] + (\Delta X_H + \Delta X_L) / 2 \quad \dots (4)$$

【0067】

あるいは、SOCの範囲ごとに劣化サイクル X_H 、 X_L を個別に計算し、それらの平均を、1充放電サイクルの劣化サイクル数 X としてもよい。

$$X_H[i+1] = X[i] + \Delta X_H[i]$$

$$X_L[i+1] = X[i] + \Delta X_L[i]$$

$$X[i+1] = (X_H[i+1] + X_L[i+1]) / 2$$

$$= X[i] + (\Delta X_H + \Delta X_L) / 2 \quad \dots (5)$$

なお式(5)は式(4)と一致する。

【0068】

10

図8は、図7の劣化計算部506aの構成例を示すブロック図である。範囲判定部524は、現在のSOCが、複数の範囲のいずれに含まれるか判定する。上側範囲に含まれる期間、第1平均温度検出部520が有効となり、平均温度 T_{aveH} が更新される。反対に下側範囲に含まれる期間、第2平均温度検出部522が有効となり、平均温度 T_{aveL} が更新される。第1変化量計算部526は平均温度 T_{aveH} に基づいて上側範囲における変化量 ΔX_H を計算し、第2変化量計算部528は平均温度 T_{aveL} に基づいて下側範囲における変化量 ΔX_L を計算する。指標計算部530は、変化量 ΔX_H 、 ΔX_L に基づいて劣化サイクル数 $X[i+1]$ を計算する。

【0069】

以上が第2の実施の形態に係るバッテリー管理システム100aの構成である。続いてその動作を説明する。図9は、図7のバッテリー管理システム100aの動作波形図である。時刻 t_1 に、1サイクル目のカウントが完了する。時刻 $t_0 \sim t_1$ において、 $SOC > 50\%$ であるから、上側範囲と判定され、したがって温度 T の平均値として T_{aveH} が計算される。 $T_{aveH} > T_r$ であるから、変化量 $\Delta X[1]$ は以下の通りである。

$$\Delta X[1] = \beta_1 \times M(T_{aveH} - T_r) / \Delta T$$

【0070】

時刻 t_3 に、2サイクル目のカウントが完了する。時刻 $t_1 \sim t_3$ のうち、前半部分 $t_1 \sim t_2$ において、 $SOC > 50\%$ であるから上側範囲と判定され、平均温度 T_{aveH} が計算される。後半部分 $t_2 \sim t_3$ では、 $SOC < 50\%$ であるから下側範囲と判定され、平均温度 T_{aveL} が計算される。

30

$T_{aveH} > T_r$ であるから、

$$\Delta X_H[2] = \beta_1 \times M(T_{aveH} - T_r) / \Delta T$$

となり、 $T_{aveL} < T_r$ であるから、

$$\Delta X_L[2] = \beta_2$$

となる。したがって2サイクル目の変化量 $\Delta X[2]$ は、 $(\Delta X_H[2] + \Delta X_L[2]) / 2$ となる。以上が図7のバッテリー管理システム100aの動作である。

【0071】

第2の実施の形態によれば、劣化サイクル数 X の変化量 ΔX に、温度 T に加えて、SOCを反映させることにより、第1の実施の形態よりも一層、劣化状態の推定精度を改善できる。

40

【0072】

(第3の実施の形態)

図10は、第3の実施の形態に係る劣化推定回路500bを備えるバッテリー管理システム100bのブロック図である。劣化推定回路500bは、各充放電サイクルに要したサイクル時間 t_{CYC} を測定するサイクル時間測定部508をさらに備える。変化量 ΔX は、サイクル時間 t_{CYC} の長さに依存する。

【0073】

たとえばサイクル時間 t_{CYC} は、複数の範囲に区画されている。ここでは理解の容易化、説明の簡潔化のため、2つの範囲、すなわち所定のしきい値 t_{TH} より長い第1範囲($t_{CYC} > t_{TH}$)、しきい値 t_{TH} より短い第2範囲($t_{CYC} < t_{TH}$)に区画さ

50

れるものとするが、しきい値 t_{TH} の値、範囲の個数は特に限定されない。そして式 (1) のパラメータ K は、サイクル時間 t_{CYC} の範囲ごとに異なる値を有する。

$$K = \gamma_1 \quad \text{for } t_{TH} < t_{CYC}$$

$$K = \gamma_2 \quad \text{for } t_{CYC} < t_{TH}$$

たとえば、 t_{TH} は、第 1 範囲が、いわゆる保存劣化の領域とみなせるような値に設定することが好ましい。

【0074】

まとめると、以下のように変化量 ΔX を生成してもよい。

(1) $T_{ave} > T_r$

$$\Delta X = \gamma_1 \times M (T_{ave} - T_r) / \Delta T \quad \text{for } t_{TH} < t_{CYC} \quad 10$$

$$\Delta X = \gamma_2 \times M (T_{ave} - T_r) / \Delta T \quad \text{for } t_{CYC} < t_{TH}$$

(2) $T_{ave} < T_r$

$$\Delta X = \gamma_1 \quad \text{for } t_{TH} < t_{CYC}$$

$$\Delta X = \gamma_2 \quad \text{for } t_{CYC} < t_{TH}$$

【0075】

図 11 は、図 10 の劣化計算部 506b の構成例を示すブロック図である。平均温度検出部 540 は、平均温度 T_{ave} を取得する。範囲判定部 542 は、サイクル時間 t_{CYC} が、複数の範囲のいずれに含まれるか判定する。変化量計算部 544 は、サイクル時間 t_{CYC} の長さに応じたパラメータ (γ_1, γ_2) を選択し、平均温度 T_{ave} に応じた変化量 ΔX を算出する。指標計算部 546 は劣化サイクル数 X を変化量 ΔX 変化させる。 20

【0076】

以上が第 3 の実施の形態に係るバッテリー管理システム 100b の構成である。続いてその動作を説明する。図 12 は、図 10 のバッテリー管理システム 100b の動作波形図である。時刻 t_1, t_2, t_3, t_4 それぞれにおいて、1, 2, 3, 4 サイクル目のカウントが完了する。サイクル時間 $t_{CYC1}, t_{CYC3}, t_{CYC4}$ は、しきい値 t_{TH} より短く、サイクル時間 t_{CYC2} はしきい値 t_{TH} より長い。また平均温度 T_{ave1}, T_{ave4} はしきい値 T_r より高く、平均温度 T_{ave2}, T_{ave3} はしきい値 T_r より低い。

【0077】

各サイクルにおける変化量 $\Delta X[1] \sim X[4]$ は以下の通りである。 30

$$\Delta X[1] = \gamma_2 \times M (T_{ave1} - T_r) / \Delta T$$

$$\Delta X[2] = \gamma_1$$

$$\Delta X[3] = \gamma_2$$

$$\Delta X[4] = \gamma_2 \times M (T_{ave4} - T_r) / \Delta T$$

【0078】

以上が図 10 のバッテリー管理システム 100b の動作である。このバッテリー管理システム 100b によれば、 $t_{CYC} < t_{TH}$ であり、すなわち通常の使用による劣化と推定される場合と、 $t_{CYC} > t_{TH}$ であり、すなわち保存劣化と推定される場合とで、異なる値のパラメータ K を用いることにより、劣化サイクル数 X に保存劣化を反映させることができる。 40

【0079】

(第 4 の実施の形態)

第 4 の実施の形態は、第 2 の実施の形態と第 3 の実施の形態の組み合わせである。すなわち、指標 (劣化サイクル数) X に、SOC とサイクル時間 t_{CYC} が反映される。

この場合、変化量 ΔX を以下のように計算してもよい。

(1) $T_{aveH}, T_{aveL} > T_r$

(1a) $t > t_{CYC}$

$$\Delta X_H = \gamma_1 \times \beta_1 \times M (T_{aveH} - T_r) / \Delta T$$

$$\Delta X_L = \gamma_1 \times \beta_2 \times M (T_{aveL} - T_r) / \Delta T$$

$$\Delta X = (\Delta X_H + \Delta X_L) / 2 \quad 50$$

$$\begin{aligned}
 (1b) \quad & t < t_{CYC} \\
 \Delta X_H &= y_2 \times \beta_1 \times M(T_{aveH} - T_r) / \Delta T \\
 \Delta X_L &= y_2 \times \beta_2 \times M(T_{aveL} - T_r) / \Delta T \\
 \Delta X &= (\Delta X_H + \Delta X_L) / 2
 \end{aligned}$$

(2) $T_{aveH}, T_{aveL} < T_r$

$$\begin{aligned}
 (2a) \quad & t > t_{CYC} \\
 \Delta X_H &= y_1 \times \beta_1 \\
 \Delta X_L &= y_1 \times \beta_2 \\
 \Delta X &= (\Delta X_H + \Delta X_L) / 2 \\
 (2b) \quad & t < t_{CYC} \\
 \Delta X_H &= y_2 \times \beta_1 \\
 \Delta X_L &= y_2 \times \beta_2 \\
 \Delta X &= (\Delta X_H + \Delta X_L) / 2
 \end{aligned}$$

10

【0080】

(3) $T_{aveH} > T_r, T_{aveL} < T_r$

$$\begin{aligned}
 (3a) \quad & t > t_{CYC} \\
 \Delta X_H &= y_1 \times \beta_1 \times M(T_{aveH} - T_r) / \Delta T \\
 \Delta X_L &= y_1 \times \beta_2 \\
 \Delta X &= (\Delta X_H + \Delta X_L) / 2 \\
 (3b) \quad & t < t_{CYC} \\
 \Delta X_H &= y_2 \times \beta_1 \times M(T_{aveH} - T_r) / \Delta T \\
 \Delta X_L &= y_2 \times \beta_2 \\
 \Delta X &= (\Delta X_H + \Delta X_L) / 2
 \end{aligned}$$

20

【0081】

(4) $T_{aveH} < T_r, T_{aveL} > T_r$

$$\begin{aligned}
 (4a) \quad & t > t_{CYC} \\
 \Delta X_H &= y_1 \times \beta_1 \\
 \Delta X_L &= y_1 \times \beta_2 \times M(T_{aveL} - T_r) / \Delta T \\
 \Delta X &= (\Delta X_H + \Delta X_L) / 2 \\
 (4b) \quad & t < t_{CYC} \\
 \Delta X_H &= y_2 \times \beta_1 \\
 \Delta X_L &= y_2 \times \beta_2 \times M(T_{aveL} - T_r) / \Delta T \\
 \Delta X &= (\Delta X_H + \Delta X_L) / 2
 \end{aligned}$$

30

【0082】

(第5の実施の形態)

第5の実施の形態では、変化量 ΔX に温度 T は反映されず、SOCおよびサイクル時間 t_{CYC} が考慮される。したがって第5の実施の形態に係る劣化推定回路500c(不図示)は、図10のブロック図から温度検出回路504を省略した構成と把握できる。第5の実施の形態では、変化量 ΔX は、以下のように決めることができる。

$$\Delta X[i] = g(SOC[i], t_{CYC}[i])$$

40

ただし、 $g()$ は、変化量 ΔX とSOCおよび t_{CYC} の関係を示す関数である。

【0083】

たとえば $\Delta X[i]$ は以下のように規定してもよい。

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & t > t_{CYC} \\
 \Delta X_H &= y_1 \times \beta_1 \\
 \Delta X_L &= y_1 \times \beta_2 \\
 \Delta X &= (\Delta X_H + \Delta X_L) / 2 \\
 (2) \quad & t < t_{CYC} \\
 \Delta X_H &= y_2 \times \beta_1 \\
 \Delta X_L &= y_2 \times \beta_2
 \end{aligned}$$

50

$$\Delta X = (\Delta X_H + \Delta X_L) / 2$$

【0084】

(第6の実施の形態)

あるいは、変化量 ΔX にSOCのみを反映させてもよい。

$$\Delta X[i] = h1(SOC[i])$$

ただし、 $h1()$ は、変化量 ΔX とSOCの関係を示す関数である。

【0085】

あるいは、変化量 ΔX にサイクル時間 t_{CYC} のみを反映させてもよい。

$$\Delta X[i] = h2(t_{CYC}[i])$$

ただし、 $h2()$ は、変化量 ΔX とサイクル時間 t_{CYC} の関係を示す関数である。

10

【0086】

(第7の実施の形態)

図13は、第7の実施の形態に係る残量検出回路200cを備えるバッテリー管理システム100cのブロック図である。残量検出回路200cは、クーロンカウンタ回路202、SOC演算部206および劣化推定回路600を備える。

【0087】

劣化推定回路600は、主として補正クーロンカウンタ回路602、サイクル検出部604、劣化計算部606を備える。補正クーロンカウンタ回路602は、補正クーロンカウント値 $DC C'$ 、 $CC C'$ を生成する。サイクル検出部604は、補正クーロンカウント値 $DC C'$ 、 $CC C'$ に基づき、バッテリー102が所定電荷量、充放電されたこと(すなわち充放電サイクル)を検出する。劣化計算部606は、バッテリー102が所定電荷量、充放電されるたびに、バッテリー102の劣化を示す指標 X を所定量、変化させる。たとえば指標 X が劣化サイクル数の場合、充放電サイクルが検出されるたびに、劣化サイクル数が1、インクリメントする。また、劣化サイクル数 X に応じて、バッテリーの容量、すなわちSOC演算部206の CC_{FULL} の値が更新される。

20

【0088】

補正クーロンカウンタ回路602は、補正クーロンカウント値 $DC C'$ 、 $CC C'$ の変化量を、温度 T 、SOC、サイクル時間 t_{CYC} の少なくともひとつに応じて補正する。温度検出回路608、サイクル時間測定部610は必要に応じて設けられる。

【0089】

一般的なクーロンカウンタ(202)の場合、あるサンプリング j に対する充放電電荷量が $I_{BAT}[j]$ であるとき、

$$CC[j+1] = CC[j] + \Delta t \times I_{BAT}[j]$$

で表される。説明の簡潔化のために $\Delta t = 1$ に正規化すると、

$$CC[j+1] = CC[j] + I_{BAT}[j]$$

となる。

【0090】

これに対して補正クーロンカウンタ回路602においては、

$$CC'[j+1] = \varepsilon[j] \times CC'[j] + I_{BAT}[j]$$

によって修正クーロンカウント値 CC' が計算される。ここで ε は、温度 T 、SOC、サイクル時間 t_{CYC} の少なくともひとつに応じた補正係数である。上述の Δt は、 ε に含まれるものと解釈してもよい。この補正係数 ε は、第1～第4の実施の形態で説明した変化量 ΔX に相当する。

40

【0091】

1. 温度依存性

補正係数 ε を温度 T の関数とした場合、第1の実施の形態とのアナロジーで考えればよく、 ΔX を ε と読み替えればよい。したがって ε は、 $T > T_r$ の範囲において式(1a)で表すことができる。

$$\varepsilon = K \times M^{(T - T_r) / \Delta T} \dots (1a)$$

本実施の形態では、充放電サイクルの周期よりも短い時間スケールで、つまり、クーロ

50

ンカウンタのカウンタ周期の時間スケールで、温度 T を反映させることができる。

【 0 0 9 2 】

2 . SOC 依存性

さらに SOC を反映させる場合、第 2 の実施の形態とのアナロジーで考えればよい。なお本実施の形態では、SOC の範囲ごとに、平均温度 T_{ave} を演算する必要はない。たとえば以下のように補正係数 ε を計算してもよい。

(1) $T > T_r$

$$(1a) \quad SOC > SOC_{TH} \\ \varepsilon = \beta_1 \times M^{(T - T_r) / \Delta T}$$

$$(1b) \quad SOC < SOC_{TH} \\ \varepsilon = \beta_2 \times M^{(T - T_r) / \Delta T}$$

10

【 0 0 9 3 】

(2) $T < T_r$

$$(2a) \quad SOC > SOC_{TH} \\ \varepsilon = \beta_1$$

$$(2b) \quad SOC < SOC_{TH} \\ \varepsilon = \beta_2$$

【 0 0 9 4 】

3 . サイクル時間依存性

またサイクル時間 t_{CYC} を反映させる場合、第 3 の実施の形態とのアナロジーで考えればよい。

20

(1) $T > T_r$

$$(1a) \quad t_{CYC} > t_{TH}, SOC > SOC_{TH} \\ \varepsilon = \gamma_1 \times \beta_1 \times M^{(T - T_r) / \Delta T}$$

$$(1b) \quad t_{CYC} > t_{TH}, SOC < SOC_{TH} \\ \varepsilon = \gamma_1 \times \beta_2 \times M^{(T - T_r) / \Delta T}$$

$$(1c) \quad t_{CYC} < t_{TH}, SOC > SOC_{TH} \\ \varepsilon = \gamma_2 \times \beta_1 \times M^{(T - T_r) / \Delta T}$$

$$(1b) \quad t_{CYC} < t_{TH}, SOC < SOC_{TH} \\ \varepsilon = \gamma_2 \times \beta_2 \times M^{(T - T_r) / \Delta T}$$

30

【 0 0 9 5 】

(2) $T < T_r$

$$(2a) \quad t_{CYC} > t_{TH}, SOC > SOC_{TH} \\ \varepsilon = \gamma_1 \times \beta_1$$

$$(2b) \quad t_{CYC} > t_{TH}, SOC < SOC_{TH} \\ \varepsilon = \gamma_1 \times \beta_2$$

$$(2c) \quad t_{CYC} < t_{TH}, SOC > SOC_{TH} \\ \varepsilon = \gamma_2 \times \beta_1$$

$$(2b) \quad t_{CYC} < t_{TH}, SOC < SOC_{TH} \\ \varepsilon = \gamma_2 \times \beta_2$$

40

【 0 0 9 6 】

図 1 4 は、図 1 3 の補正クーロンカウンタ回路 6 0 2 のブロック図である。図 1 4 には、ACC 値を計算する構成が示される。上述したようにバッテリー電流（充放電電流） I_{BAT} の経路上にはセンス抵抗 R_S が挿入されており、センス抵抗 R_S には、バッテリー電流 I_{BAT} に比例した電圧降下 V_{CS} が発生する。 I_{BAT} は、充電時に正、放電時に負となる。電流検出回路 6 2 0 は、A/D コンバータを含み、電圧降下 V_S をデジタル値 $I_{BAT}[j]$ に変換する。 j はサンプリング時刻を表す。電流検出回路 6 2 0 は、電圧降下 V_S を増幅するアンプをさらに含んでもよい。

【 0 0 9 7 】

補正係数演算部 6 2 2 は、温度 T 、SOC、 t_{CYC} の少なくともひとつに応じた補正

50

係数 $\varepsilon[j]$ を演算する。乗算器 624 は、 $I_{BAT}[j]$ に $\varepsilon[j]$ を乗算して $\Delta C C'[j]$ を生成する。この $\Delta C C'[j]$ は、クーロンカウント値の変化量に相当する。

【0098】

レジスタ 626 は、現在の $D C C'[j]$ を保持する。加算器 628 は、 $\Delta C C'[j]$ が負であるとき（つまり放電時）に、その値（もしくはその絶対値）レジスタ 626 の $D C C'[j]$ に加算し、新たな $D C C'[j+1]$ を生成する。新たな $D C C'[j+1]$ によってレジスタ 626 の値が更新される。

【0099】

レジスタ 630 は、現在の $C C C'[j]$ を保持する。加算器 632 は、 $\Delta C C'[j]$ が正であるとき（つまり充電時）に、その値をレジスタ 630 の $C C C'[j]$ に加算し、新たな $C C C'[j+1]$ を生成する。新たな $C C C'[j+1]$ によってレジスタ 630 の値が更新される。

【0100】

（第 8 の実施の形態）

図 15 は、第 8 の実施の形態に係るバッテリー管理システム 100d のブロック図である。残量検出回路 200d は、クーロンカウンタ回路 202、SOC 演算部 206 および劣化推定回路 700 を備える。クーロンカウンタ回路 202、SOC 演算部 206 の機能、動作は既に説明した。

【0101】

劣化推定回路 700 は、主としてサイクル検出部 702、劣化計算部 704 を備える。サイクル検出部 702 は、充放電サイクルを検出すると、検出信号 S1 をアサートする。

【0102】

劣化計算部 704 は、検出信号 S1 がアサートされるたびに、充放電サイクル数 $C Y C_{CD}$ を 1、インクリメントする。

【0103】

また劣化計算部 704 は、クーロンカウンタ回路 202 からの ACC 値を受け、バッテリー容量の劣化、すなわちバッテリー容量 $C C_{FULL_AGED}$ を計算する。この実施の形態では、劣化したバッテリー容量 $C C_{FULL_AGED}$ を計算する際の式 (2) の劣化係数 α を変数として扱い、充放電サイクルごとに更新してもよい。

【0104】

劣化計算部 704 は、推定用の劣化バッテリー容量 $C C_{FULL_AGED_EST1}$ を計算する。本実施の形態では、 $C C_{FULL_AGED_EST1}$ は、式 (2) の $C C_{FULL_AGED}$ と同じである。

$$C C_{FULL_AGED_EST1} = C C_{FULL_RATED} - C Y C_{CD} \times \alpha$$

... (2a)

【0105】

また劣化計算部 704 はバッテリー劣化を考慮しない現在の残クーロンカウント値 $C C_{NOW}$ を計算する。 $C C_{NOW}$ は、バッテリーの残りの電荷量を表す。

$$C C_{NOW} = C C_{FULL_RATED} - A C C \quad \dots (7a)$$

【0106】

さらに劣化計算部 704 は、バッテリー劣化を考慮した現在の残クーロンカウント値 $C C_{NOW_EST1}$ を計算する。

$$\begin{aligned} C C_{NOW_EST1} &= C C_{NOW} - (C C_{FULL_RATED} - C C_{FULL_AGED_EST1}) \\ &= C C_{FULL_AGED_EST1} - A C C \quad \dots (7b) \end{aligned}$$

【0107】

劣化を考慮した残クーロンカウント値 $C C_{NOW_EST1}$ がゼロとなったときに、バッテリー電圧 V_{BAT} が、残量ゼロに相当する電圧（システムの最低動作電圧） V_{BAT_MIN} に達していない場合、そのときの $C C_{NOW}$ の値を $E R R_{CC}$ とする。

【0108】

10

20

30

40

50

劣化計算部 704 は、以下の式 (8) により SOC_EST1 を計算し、 SOC_EST1 の値がゼロになったときの $CCNOW$ の値を、 ERR_CC としてもよい。この SOC_EST1 は、 SOC 演算部 206 において計算される SOC に他ならないため、劣化計算部 704 は、 SOC 演算部 206 の出力を監視してもよい。

$$SOC_EST1 = CCNOW_EST1 / CC_FULL_AGED_EST1 \times 100$$

$$= (CC_FULL_AGED_EST1 - ACC) / CC_FULL_AGED_EST1 \times 100 \quad \dots (8)$$

【0109】

劣化計算部 704 は、 ERR_CC を用いて劣化係数 α を補正し、以降のサイクルにおいて、式 (2) の劣化係数 α として使用する。たとえば補正後の劣化係数 α' は、式 (9) にしたがって計算してもよい。

$$\alpha' = (\alpha + ERR_CC) / CYC_CD \quad \dots (9)$$

【0110】

なお、補正式はこれに限定されず、 ERR_CC に、 α' が α より大きくなるように、かつ ERR_CC に対して単調増加するように定義すればよい。任意の関数 f を用いて一般化すると、

$$\alpha' = f(ERR_CC, \alpha) \quad \dots (10)$$

ただし関数 f は、

$$ERR_CC1 > ERR_CC2 \text{ のとき、}$$

$$f(ERR_CC1, \alpha) > f(ERR_CC2, \alpha)$$

を満たす。

【0111】

以上が残量検出回路 200d の構成である。続いてその動作を説明する。図 16 は、図 15 のバッテリー管理システム 100d の動作波形図である。バッテリー 102 が負荷電流 I_{LOAD} によって放電されると、 $CCNOW$ 値および $CCNOW_EST1$ 値は時間とともに低下していく。 $CCNOW_EST1$ の初期値 $CC_FULL_AGED_EST1$ は、過去の充放電サイクル数から式 (2a) にもとづいて推定された値である。また $CCNOW_TRUE$ は、正しい電荷量を示す。

【0112】

またバッテリー電圧 V_{BAT} は、満充電電圧 V_{BAT_FULL} から、時間とともに低下していく。バッテリー電圧 V_{BAT} は、正しい電荷量 $CCNOW_TRUE$ がゼロになる時刻 t_1 に、最低動作電圧 V_{BAT_MIN} となる。初期値 (バッテリー容量) $CC_FULL_AGED_EST1$ が正しい値 CC_FULL_TRUE より小さいと、 $CCNOW_EST1$ は、バッテリーが空となる時刻 t_1 より前の時刻 t_0 にゼロとなる。

【0113】

劣化計算部 704 は、時刻 t_0 における $CCNOW$ の値 ERR_CC を取得し、劣化係数 α を補正する。そして、補正された劣化係数 α を利用して、式 (2a) にしたがって、劣化バッテリー容量 CC_FULL_AGED が計算される。また推定用の劣化バッテリー容量 $CC_FULL_AGED_EST1$ が計算される。

【0114】

図 17 は、バッテリー電圧 V_{BAT} と SOC の関係を示す図である。なお V_{BAT} と SOC は実際には非直線であるが、ここでは説明の簡潔化のために直線としている。実線は、正しい SOC_TRUE を示す。劣化バッテリー容量の推定値 CC_FULL_AGED が、本当の値 CC_FULL_TRUE より小さいと、一点鎖線で示すように、電荷が残っているにもかかわらず、すなわちバッテリー電圧 V_{BAT} が最低動作電圧 V_{BAT_MIN} に到達していないにもかかわらず、 SOC_EST1 がゼロとなる。

【0115】

図 15 のバッテリー管理システム 100d では、この状態を検出すると、劣化係数 α を、式 (8) あるいは別の関数 f にしたがって補正する。これにより劣化バッテリー容量 CC_F

10

20

30

40

50

U_{LL_AGED} が大きくなる方向に補正され、それ以降の SOC_EST1 は、図 17 に破線で示すように正しい $SOC (SOC_TRUE)$ に近づくように補正することができる。

【0116】

以上が残量検出回路 200d の動作である。劣化係数 α を補正することにより、バッテリーの劣化の推定精度を高めることができる。

【0117】

(第9の実施の形態)

第8の実施の形態では、劣化バッテリー容量 CC_{FULL_AGED} が正しい値より小さく見積もられている場合に、その値を補正することができるが、正しい値より大きく見積もられている場合に、補正することができない。第9の実施の形態は、そのような場合にも有効な技術が提供される。

【0118】

第9の実施の形態に係るバッテリー管理システムのブロック図は、図 15 と同様であり、劣化計算部 704 の処理が異なっている。劣化計算部 704 は、式 (2a) に代えて、式 (2b) にもとづいて、劣化バッテリー容量 $CC_{FULL_AGED_EST2}$ を計算する。この $CC_{FULL_AGED_EST2}$ は、SOC 演算部 206 において使用される CC_{FULL_AGED} ではなく、劣化係数 α を補正するために参照される。

$$CC_{FULL_AGED_EST2} = CC_{FULL_RATED} - CYC_{CD} \times \alpha \times N \quad \dots (2b)$$

N は、 $N > 1$ である定数である。

【0119】

また、バッテリー劣化を考慮した現在の残クーロンカウント値 $CCNOW_EST2$ を、式 (7b) にもとづいて計算する。

$$\begin{aligned} CCNOW_EST2 &= CCNOW - (CC_{FULL_RATED} - CC_{FULL_AGED_EST2}) \\ &= CC_{FULL_AGED_EST2} - ACC \quad \dots (7b) \end{aligned}$$

【0120】

また劣化計算部 704 は、式 (8) に代えて式 (8b) にしたがって、 SOC_EST2 を計算する。第9の実施の形態において SOC_EST2 は、SOC 演算部 206 が計算する SOC とは異なることに留意されたい。

$$\begin{aligned} SOC_EST2 &= CCNOW_EST2 / CC_{FULL_AGED_EST2} \times 100 \\ &= (CC_{FULL_AGED_EST2} - ACC) / CC_{FULL_AGED_EST2} \times 100 \quad \dots (8b) \end{aligned}$$

【0121】

劣化計算部 704 は、式 (8b) で計算される SOC_EST2 がゼロになったとき、すなわち $CCNOW_EST2$ がゼロのときの $CCNOW$ の値を、 ERR_CC とする。劣化計算部 704 は、 ERR_CC を用いて劣化係数 α を補正する。補正には、式 (9) あるいは別の関数 f を用いることができる。

【0122】

続いて第9の実施の形態の動作を説明する。

図 18 は、第9の実施の形態のバッテリー管理システムの動作波形図である。図 19 は、バッテリー電圧 V_{BAT} と SOC の関係を示す図である。実線は正しい SOC を示す。

【0123】

劣化バッテリー容量 CC_{FULL_AGED} が正しい値より小さい場合、第8の実施の形態で計算される SOC_EST1 (もしくは $CCNOW_EST1$) がゼロとなる時刻 $t2$ より前の時刻 $t1$ に、バッテリー電圧 V_{BAT} が最低動作電圧 V_{BAT_MIN} まで低下する。

【0124】

第 9 の実施の形態において計算される SOC_EST2 は、意図的に SOC_EST1 よりも劣化が大きく見積もられている。この SOC_EST2 は、時刻 $t1$ より前の時刻 $t0$ にゼロとなり、そのときの $CCNOW$ の値を ERR_CC として得ることができる。

【0125】

このように第 9 の実施の形態によれば、劣化バッテリー容量 CC_FULL_AGED が正しい値より小さく見積もられた場合においても、その値を正しい値に近づけることができる。

【0126】

(第 10 の実施の形態)

第 10 の実施の形態は、第 9 の実施の形態を修正したものである。

10

劣化計算部 704 は、式 (2b) に代えて、式 (2c) にもとづいて、劣化バッテリー容量 $CC_FULL_AGED_EST3$ を計算する。

$$CC_FULL_AGED_EST3 = CC_FULL_RATED \times M - CYC_CD \times \alpha \times N \quad \dots (2c)$$

$N > 1$, $0 < M < 1$ である。

【0127】

また劣化計算部 704 は、式 (7c)、(8c) にしたがって、 $CCNOW_EST3$, SOC_EST3 を計算する。

$$\begin{aligned} CCNOW_EST3 &= CCNOW - (CC_FULL_RATED - CC_FULL_AGED_EST3) \\ &= CC_FULL_AGED_EST3 - ACC \quad \dots (7c) \end{aligned}$$

20

【0128】

$$\begin{aligned} SOC_EST3 &= CCNOW_EST3 / CC_FULL_AGED_EST3 \times 100 \\ &= (CC_FULL_AGED_EST3 - ACC) / CC_FULL_AGED_EST3 \times 100 \quad \dots (8c) \end{aligned}$$

【0129】

劣化計算部 704 は、式 (8c) で計算される SOC_EST3 がゼロになったとき、すなわち $CCNOW_EST3$ がゼロのときの $CCNOW$ の値を、 ERR_CC とする。劣化計算部 704 は、 ERR_CC を用いて劣化係数 α を補正する。補正には、式 (9) あるいは別の関数 f を用いることができる。

30

【0130】

続いて第 10 の実施の形態の動作を説明する。

$M = (100 - Y) / 100$ と表すと、式 (2c) は、バッテリー容量の $Y\%$ を 0% とみなしたことに相当する。図 20 は、第 10 の実施の形態におけるバッテリー電圧 V_{BAT} と SOC の関係を示す図である。実線は正しい SOC を示す。Z は、 SOC が $Y\%$ となったときのバッテリー電圧 V_{BAT} である。Z は、事前に測定しておいてもよい。あるいは、 $SOC - OCV$ テーブルから、 SOC が 0% のときの OCV 電圧と V_{BAT_MIN} の差 ΔV を求め、 SOC が $Y\%$ であるときの開放電圧 $OCV[Y\%]$ から引いてもよい。

$$Z = OCV[Y\%] - \Delta V$$

40

【0131】

第 10 の実施の形態によれば、劣化バッテリー容量 CC_FULL_AGED をより正しく推定することができる。

【0132】

以上、本発明について、いくつかの実施の形態をもとに説明した。これらの実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組み合わせにいろいろな変形例が可能で、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。以下、こうした変形例について説明する。

【0133】

(変形例 1)

50

第１～第３の実施の形態において、各サイクルにわたる平均温度 T_{ave} を用いることとしたが、最低温度 T_{min} 、あるいは最高温度 T_{max} を、変化量 ΔX （あるいは補正係数 ε ）に反映させてもよい。

【０１３４】

（変形例２）

実施の形態では、劣化サイクル数 X を計算し、劣化サイクル数 X に基づいてバッテリーの容量 C_{FULL} を式（２）にしたがって計算することとしたが、劣化サイクル数 X を計算せずに、劣化を表す指標としてバッテリー容量 C を直接的に、式（１２）にしたがって計算してもよい。

$$C_{FULL}[i+1] = C_{FULL}[i] - \Delta C[i] \quad \dots (12)$$

10

$$\Delta C[i] = X[i] \times \alpha$$

つまり変化量 ΔC に、温度、SOC、サイクル時間 t_{CYC} の少なくともひとつを反映してもよい。

【０１３５】

（変形例３）

$T_{ave} < T_r$ において、 ΔX （あるいは ΔC ）に温度依存性がないものとしたが、本発明はそれに限定されない。たとえば温度 T_{ave} を複数の温度範囲に区分し、温度範囲ごとに、 M 、 T_r 、 ΔT の少なくともひとつを異なる値としてもよい。一例として T_r を境界として２つの温度範囲に分割し、

$$T > T_r \text{ のとき、} M = M_1, \Delta T = \Delta T_1$$

20

$$T < T_r \text{ のとき、} M = M_2, \Delta T = \Delta T_2$$

としてもよい。

【０１３６】

あるいは、複数の温度範囲ごとに、異なる演算式を用いてもよい。

【０１３７】

（変形例４）

第１～第４の実施の形態において、平均温度 T_{ave} は、充電サイクルと放電サイクルごとに分けて計算してもよい。

【０１３８】

（変形例５）

30

実施の形態では、「バッテリーが所定電荷量、充放電されたこと」の例として充放電サイクルを例示したが本発明はそれに限定されない。たとえば「バッテリーが所定電荷量、充放電されたこと」は、充電サイクル（放電サイクル）であってもよく、したがって充電サイクル（放電サイクル）が検出されるたびに指標 X （たとえば劣化サイクル数、バッテリーの容量）が更新されてもよい。あるいは「バッテリーが所定電荷量、充放電されたこと」は、充電サイクルまたは放電サイクルであってもよく、したがって充電サイクル、放電サイクルのいずれかが検出されるたびに指標 X が更新されてもよい。

【０１３９】

この場合、充電サイクル、放電サイクルそれぞれについて平均温度 T_{ave} （最高温度、最低温度など）を計算し、またSOCの範囲を判定してもよい。また充電サイクルの時間と放電サイクルの時間を個別に測定して、変化量 ΔX に反映させてもよい。

40

【０１４０】

また、所定電荷量を、バッテリーの容量に相当する電荷としたが、それにも限定されない。バッテリー容量の $1/2$ を所定電荷量としてもよいし、その決め方は任意である。

【０１４１】

（用途）

最後に、バッテリー管理システム１００の用途を説明する。図２１は、バッテリー管理システム１００を備える自動車３００を示す図である。自動車３００は、電気自動車（EV）、プラグインハイブリッド自動車（PHV）、ハイブリッド自動車（HV）、などである。インバータ３０２は、バッテリー管理システム１００からの電圧 V_{BAT} を受け、交流に

50

変換してモータ304に供給し、モータ304を回転させる。またブレーキが踏まれた場合などの減速時には、インバータ302は回生動作を行い、モータ304が発生する電流をバッテリー管理システム100のバッテリー102に回収する。PHVやEVでは、そのほかにバッテリー管理システム100のバッテリー102を充電する充電回路を備える。

【0142】

図22は、バッテリー管理システム100を備える電子機器400を示す図である。電子機器400は、バッテリー管理システム100に加えて、PMIC(パワーマネージメントIC)402、プロセッサ404、その他図示しない電子回路を含む。PMIC402は統合された複数の電源回路であり、プロセッサ404やその他の電子回路に、適切な電源電圧を供給する。

10

【0143】

そのほか、バッテリー管理システム100は、産業機器、産業機械、家庭用/工場用の蓄電システム、エレベータシステムの電源などに用いることができる。

【0144】

実施の形態に基づき、具体的な用語を用いて本発明を説明したが、実施の形態は、本発明の原理、応用を示しているにすぎず、実施の形態には、請求の範囲に規定された本発明の思想を逸脱しない範囲において、多くの変形例や配置の変更が認められる。

【符号の説明】

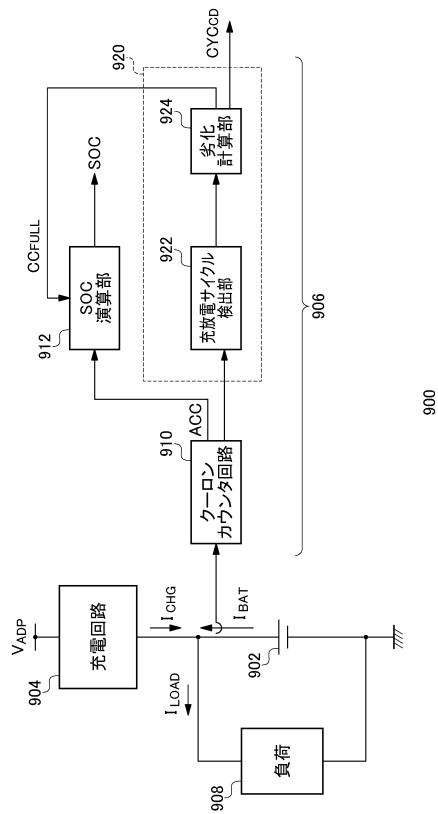
【0145】

100...バッテリー管理システム、102...バッテリー、104...充電回路、108...負荷、
200...残量検出回路、202...クーロンカウンタ回路、206...SOC演算部、500
...劣化推定回路、502...サイクル検出部、504...温度検出回路、506...劣化計算部
、508...サイクル時間測定部、510...平均温度検出部、512...変化量計算部、51
4...指標計算部、520...第1平均温度検出部、522...第2平均温度検出部、524...
範囲判定部、526...第1変化量計算部、528...第2変化量計算部、530...指標計算
部、540...平均温度検出部、542...範囲判定部、544...変化量計算部、546...指
標計算部、600...劣化推定回路、602...補正クーロンカウンタ回路、604...サイク
ル検出部、606...劣化計算部、608...温度検出回路、610...サイクル時間測定部、
620...電流検出回路、622...補正係数演算部、624...乗算器、626...レジスタ、
628...加算器、300...自動車、302...インバータ、304...モータ、400...電子
機器、402...PMIC、404...プロセッサ。

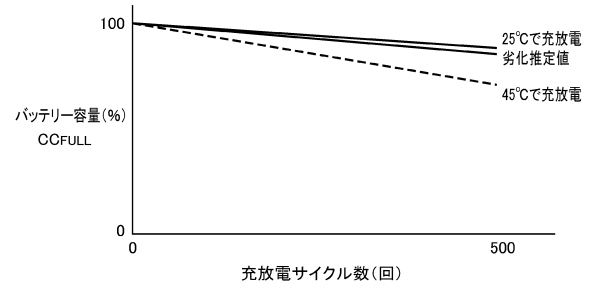
20

30

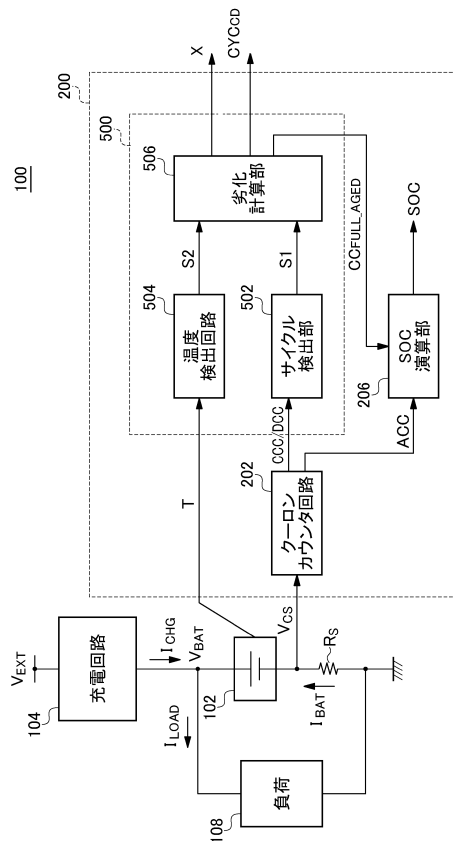
【図 1】



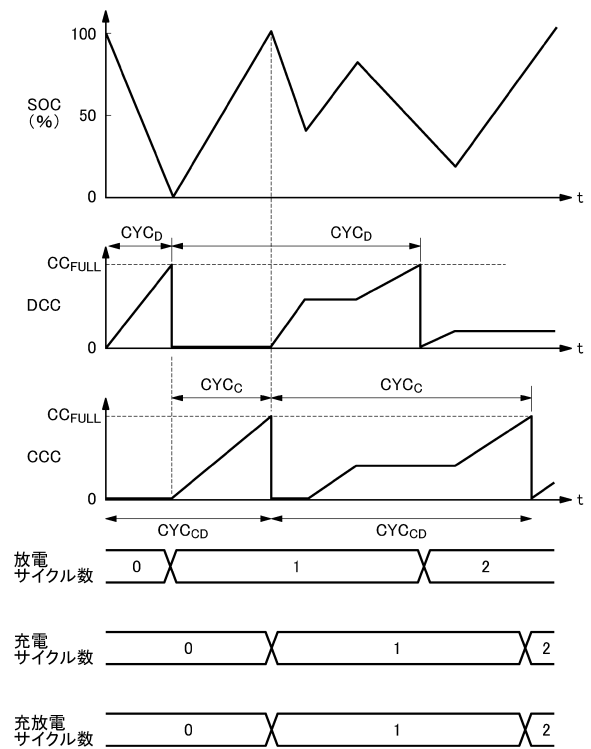
【図 2】



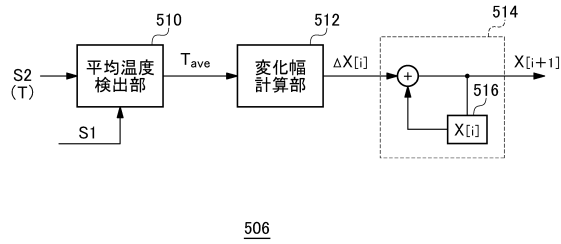
【図 3】



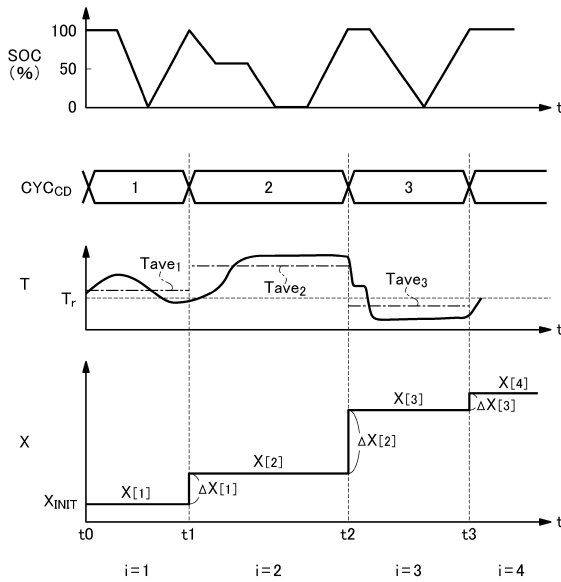
【図 4】



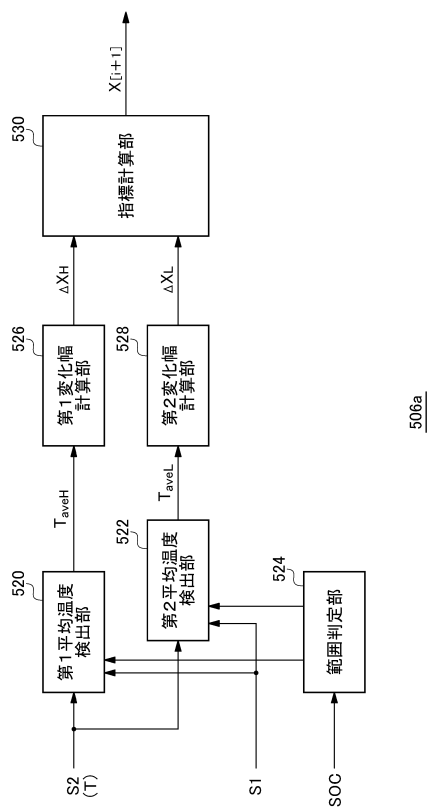
【図5】



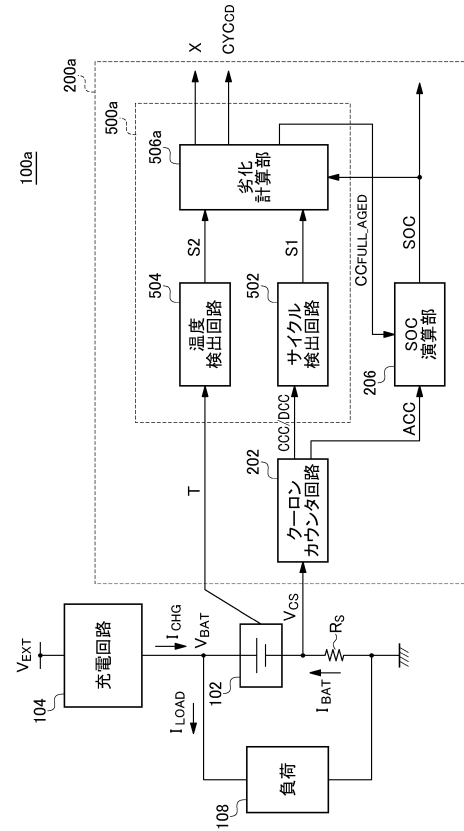
【図6】



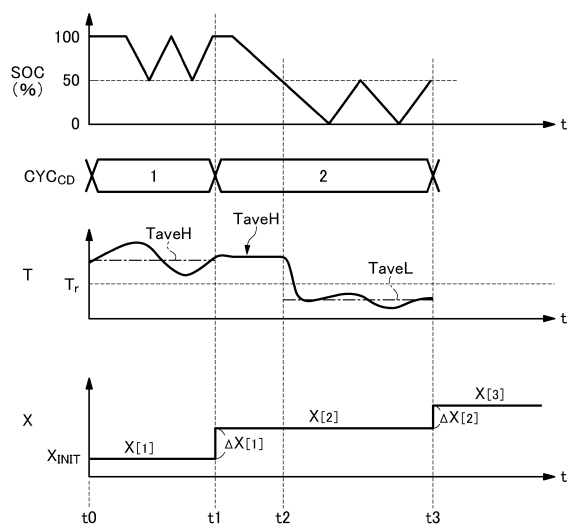
【図8】



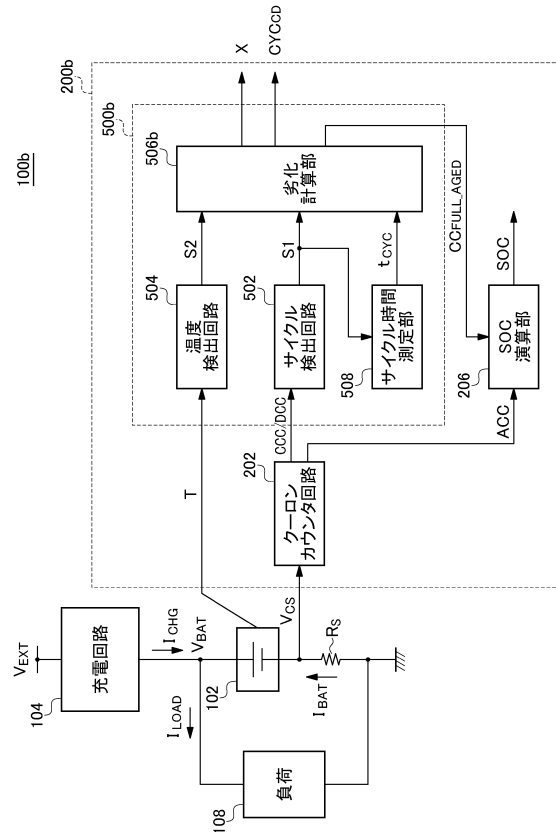
【図7】



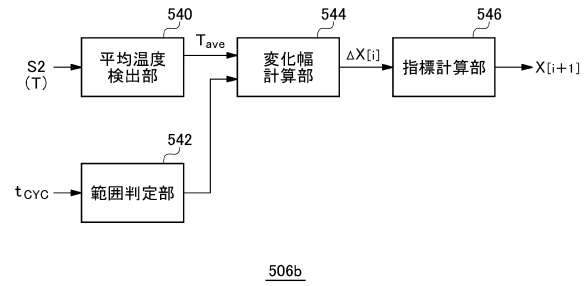
【図9】



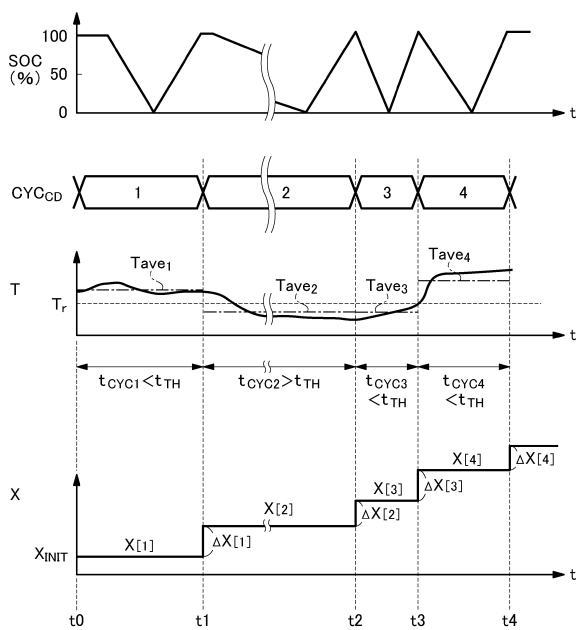
【図 10】



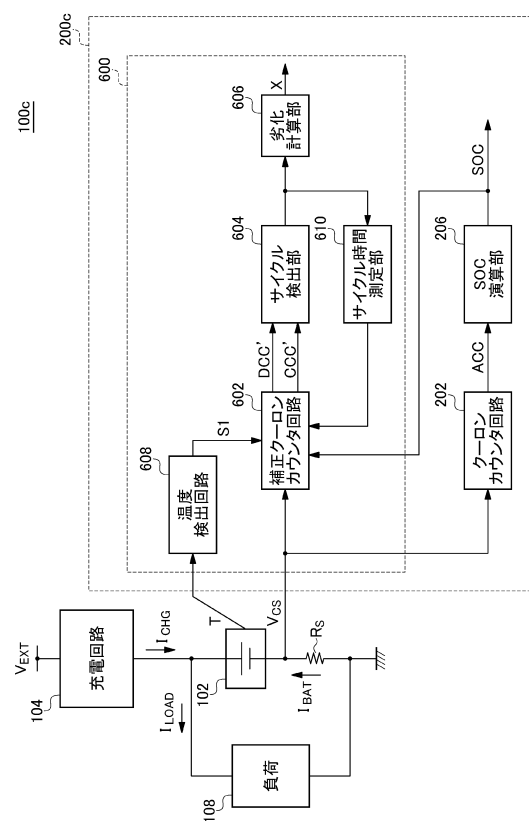
【図 11】



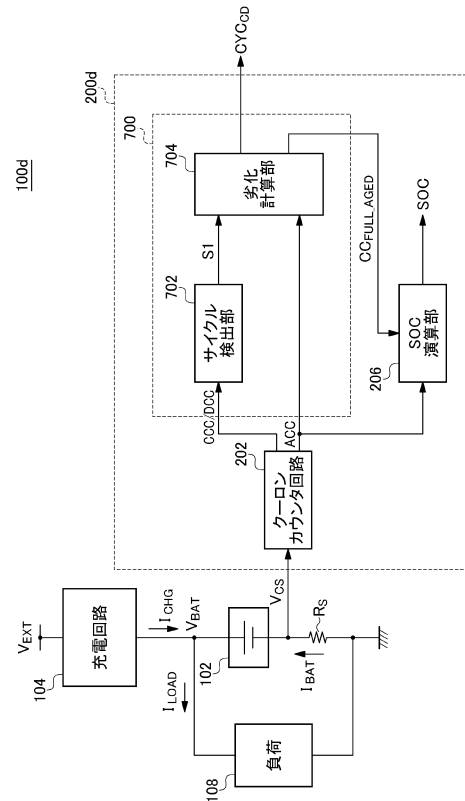
【図 12】



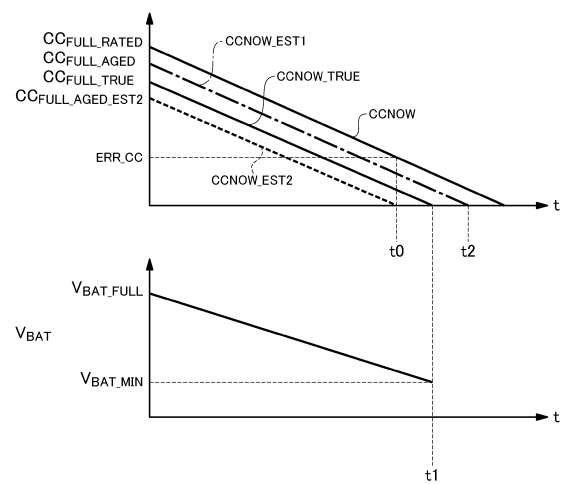
【図 13】



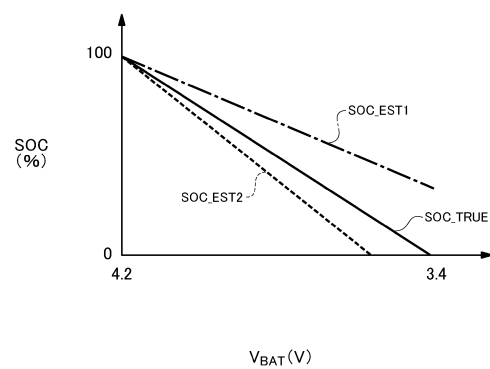
【 図 1 5 】



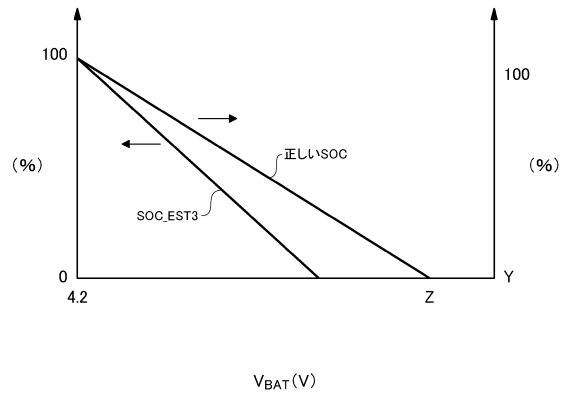
【 図 1 8 】



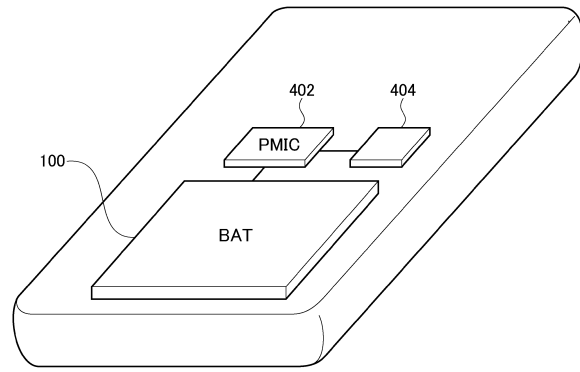
【 図 1 9 】



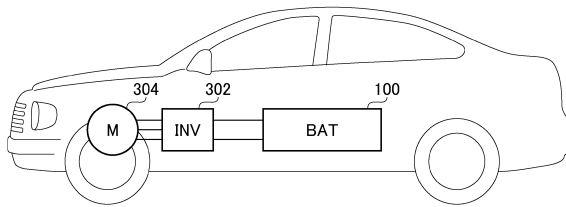
【図 20】



【図 22】



【図 21】

400300

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 2 J 7/00 Q
H 0 2 J 7/00 P

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 1 / 0 0 4 5 5 0 (W O , A 1)
特開 2 0 1 5 - 0 4 0 8 3 2 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 0 7 5 4 4 3 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 1 5 8 4 1 6 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 0 5 7 3 8 5 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 3 0 1 1 2 2 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 R 3 1 / 3 6 - 3 1 / 3 9 6
G 0 1 R 2 2 / 0 0 - 2 2 / 1 0
H 0 1 M 1 0 / 4 2