

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6536070号
(P6536070)

(45) 発行日 令和1年7月3日(2019.7.3)

(24) 登録日 令和1年6月14日(2019.6.14)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 R	31/36 (2019.01)	GO 1 R	31/36
HO 2 J	7/00 (2006.01)	HO 2 J	7/00 Y
HO 1 M	10/42 (2006.01)	HO 1 M	10/42 P
HO 1 M	2/30 (2006.01)	HO 1 M	2/30 B
GO 1 R	27/02 (2006.01)	GO 1 R	27/02 R

請求項の数 8 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-31452 (P2015-31452)	(73) 特許権者	000000099 株式会社 I H I 東京都江東区豊洲三丁目1番1号
(22) 出願日	平成27年2月20日 (2015.2.20)	(74) 代理人	100161207 弁理士 西澤 和純
(65) 公開番号	特開2016-153731 (P2016-153731A)	(74) 代理人	100175802 弁理士 寺本 光生
(43) 公開日	平成28年8月25日 (2016.8.25)	(74) 代理人	100169764 弁理士 清水 雄一郎
審査請求日	平成29年12月21日 (2017.12.21)	(74) 代理人	100167553 弁理士 高橋 久典
		(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電池監視装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電池ユニット端子と電力伝送部材とがボルト接続され、前記電力伝送部材を介して外部に電力を供給する電池システムの状態を監視する電池監視装置であって、

前記電池システムの電圧を順次計測する電圧計測手段と、

前記電池システムに流れる電流を順次計測する電流計測手段と、

電流しきい値よりも小さい前記電流が計測される期間かつ変化率しきい値よりも大きい変化率の前記電流が計測される期間における前記電圧計測手段の計測値及び前記電流計測手段の計測値を除外した前記電圧計測手段の計測値及び前記電流計測手段の計測値を用いて前記電池ユニット端子と前記電力伝送部材とのボルト接続部の接触抵抗を演算する接触抵抗演算手段と

を具備することを特徴とする電池監視装置。

【請求項2】

前記接触抵抗演算手段は、前記電圧計測手段の計測値及び前記電流計測手段の計測値に基づいて前記電圧及び前記電流に関する回帰直線を求め、当該回帰直線の傾きに基づいて接触抵抗を求めることを特徴とする請求項1記載の電池監視装置。

【請求項3】

前記接触抵抗演算手段は、予め前記電圧計測手段の計測値及び前記電流計測手段の計測値に基づいて基準データとして前記回帰直線を求め、前記基準データとの比較に基づいてボルト接続部の緩みを判断することを特徴とする請求項2に記載の電池監視装置。

【請求項 4】

前記接触抵抗演算手段は、前記電流計測手段の計測値及び前記基準データに基づいて求めた電圧値と、前記電圧計測手段の計測値とを比較し、比較結果に基づいてボルト接続部の緩みを判断することを特徴とする請求項 3 に記載の電池監視装置。

【請求項 5】

前記接触抵抗演算手段は、前記電圧計測手段の計測値及び前記電流計測手段の計測値に基づいて回帰直線を求め、該回帰直線と、前記基準データとの傾きを比較し、比較結果に基づいてボルト接続部の緩みを判断することを特徴とする請求項 3 に記載の電池監視装置。

【請求項 6】

前記接触抵抗演算手段は、前記電圧計測手段の計測値及び前記電流計測手段の計測値をローパスフィルタ処理することにより、前記電流しきい値よりも小さく、かつ、前記変化率しきい値よりも大きい変化率の前記電流が計測される期間における前記電圧計測手段の計測値及び前記電流計測手段の計測値を除外することを特徴とする請求項 1 に記載の電池監視装置。

【請求項 7】

前記電池システムが複数の二次電池ユニットの電池ユニット端子を電力伝送部材を介してボルト接続したものである場合、

前記電圧計測手段は、前記電池ユニット端子によるボルト接続部に対して設けられることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の電池監視装置。

【請求項 8】

前記電圧計測手段は、前記電力伝送部材による各々のボルト接続部に対して設けられ、前記接触抵抗演算手段は、前記ボルト接続部の各々について接触抵抗を演算することを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の電池監視装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電池監視装置に関する。

【背景技術】

【0002】

下記特許文献 1 には、複数の二次電池からなる組電池と負荷とをバスバーとボルトとで接続する電池システムにおいて、ボルトによる締め付けの緩み（連結緩み）を早期に判定する技術が記載されている。この電池システムは、複数の電圧計が取得した各二次電池の端子間電圧と単一の電流計が取得した負荷電流とをパラメータ検出部に入力してデジタル信号化し、当該デジタル信号である各端子間電圧パラメータ及び電流パラメータを BMU（Battery Management Unit）に供給し、当該 BMU において各端子間電圧パラメータ及び電流パラメータに基づいて各ボルト接続部における接触抵抗を演算することにより結線緩みの発生を判定している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 19577 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、上記接触抵抗を正確に評価することは結線緩みの発生を正確に判定するために必要不可欠な事項である。しかしながら、上記従来技術では、複数の電圧計から BMU までの電圧信号伝送時間と電流計から BMU までの電流信号伝送時間のずれを考慮していないため、接触抵抗を正確に評価することができない。

【0005】

10

20

30

40

50

すなわち、電圧信号伝送時間と電流信号伝送時間とが所定時間ずれていた場合、BMUは異なる時間に計測された端子間電圧と負荷電流とに基づいて接触抵抗を演算することになるが、所定時間において端子間電圧あるいは負荷電流が変動した場合には、正確な接触抵抗を演算することができない。

【0006】

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであり、電池システムにおける接触抵抗を従来よりも正確に評価することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明では、第1の解決手段として、電池ユニット端子と電力伝送部材とがボルト接続され、電力伝送部材を介して外部に電力を供給する電池システムの状態を監視する電池監視装置であって、電池システムの電圧を順次計測する電圧計測手段と、電池システムに流れる電流を順次計測する電流計測手段と、電流しきい値よりも小さい電流が計測される期間における電圧計測手段の計測値及び電流計測手段の計測値を除外した電圧計測手段の計測値及び電流計測手段の計測値を用いて電池ユニット端子と電力伝送部材とのボルト接続部の接触抵抗を演算する接触抵抗演算手段とを具備する、という手段を採用する。

10

【0008】

本発明では、第2の解決手段として、上記第1の解決手段において、接触抵抗演算手段は、変化率しきい値よりも大きい変化率の電流が計測される期間における電圧計測手段の計測値及び電流計測手段の計測値を除外した電圧計測手段の計測値及び電流計測手段の計測値を用いて電池ユニット端子と電力伝送部材との接触抵抗を演算する、という手段を採用する。

20

【0009】

本発明では、第3の解決手段として、上記第1または第2の解決手段において、接触抵抗演算手段は、電圧計測手段の計測値及び電流計測手段の計測値に基づいて電圧及び電流に関する回帰直線を求め、当該回帰直線の傾きに基づいて接触抵抗を求める、という手段を採用する。

【0010】

本発明では、第4の解決手段として、上記第3の解決手段において、接触抵抗演算手段は、予め電圧計測手段の計測値及び電流計測手段の計測値に基づいて基準データとして回帰直線を求め、基準データとの比較に基づいてボルト接続部の緩みを判断する、という手段を採用する。

30

【0011】

本発明では、第5の解決手段として、上記第4の解決手段において、接触抵抗演算手段は、電流計測手段の計測値及び基準データに基づいて求めた電圧値と、電圧計測手段の計測値とを比較し、比較結果に基づいてボルト接続部の緩みを判断する、という手段を採用する。

【0012】

本発明では、第6の解決手段として、上記第4の解決手段において、接触抵抗演算手段は、電圧計測手段の計測値及び電流計測手段の計測値に基づいて回帰直線を求め、該回帰直線と、基準データとの傾きを比較し、比較結果に基づいてボルト接続部の緩みを判断する、という手段を採用する。

40

【0013】

本発明では、第7の解決手段として、上記第2の解決手段において、接触抵抗演算手段は、電圧計測手段の計測値及び電流計測手段の計測値をローパスフィルタ処理することにより、電流しきい値よりも小さく、かつ、変化率しきい値よりも大きい変化率の電流が計測される期間における電圧計測手段の計測値及び電流計測手段の計測値を除外する、という手段を採用する。

【0014】

50

本発明では、第8の解決手段として、上記第1～第7のいずれかの解決手段において、電池が複数の二次電池ユニットの電池ユニット端子を電力伝送部材を介してボルト接続したものである場合、電圧計測手段は、電池ユニット端子によるボルト接続部に対して設けられると共に、電池ユニット端子によるボルト接続部に対して設けられる、という手段を採用する。

【0015】

本発明では、第9の解決手段として、上記第1～第8のいずれかの解決手段において、電圧計測手段は、電力伝送部材による各々のボルト接続部に対して設けられ、接触抵抗演算手段は、ボルト接続部の各々について接触抵抗を演算する、という手段を採用する。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、接触抵抗演算手段は、電圧計測手段の計測値及び電流計測手段の計測値のうち、電流しきい値よりも小さい電流が計測される期間における電圧計測手段の計測値及び電流計測手段の計測値を除外してボルト接続部の接触抵抗を演算するので、電池システムにおける接触抵抗を従来よりも正確に評価することが可能である。すなわち、電流しきい値よりも小さい電流が計測される期間における電圧計測手段の計測値及び電流計測手段の計測値は各々に値が小さいため、電圧計測手段から接触抵抗演算手段までの計測値の伝送時間と電流計測手段から接触抵抗演算手段までの計測値の伝送時間との間にずれが生じた場合に、接触抵抗の判定に与える影響が電流が上記電流しきい値よりも大きい場合よりも大きい。また、電流しきい値よりも小さい電流が計測される期間における電圧計測手段の計測値及び電流計測手段の計測値は各々に値が小さいため、計測誤差の影響も大きい。したがって、本発明によれば、電流の大小に依らず全ての計測値を用いて接触抵抗を演算する従来技術に比較して、電池システムにおける接触抵抗を正確に評価することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態における電池システムの機能ブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る電池監視装置の動作を示すフローチャートである。

【図3】本発明の一実施形態における充電時の電流全体値を示す波形(a)及び線形回帰直線(b)を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態に係る電池監視装置の動作を示すフローチャートである。

【図5】本発明の一実施形態に係る電池監視装置の動作を示すフローチャートである。

【図6】本発明の一実施形態に係る電池監視装置の動作を示す図である。

【図7】本発明の一実施形態に係る電池監視装置の動作を示す図である。

【図8】本発明の一実施形態に係る電池監視装置の動作を示すフローチャートである。

【図9】本発明の一実施形態における電池システムの構成の変形例を示す機能ブロック図である。

【図10】本発明の一実施形態における電池システムの構成の変形例を示す機能ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態について説明する。

本実施形態における電池システムAは、例えば、船舶に搭載され、電力変換器Dcを介して船舶に搭載される各種負荷Ldへの放電処理や、図示しない発電機や充電器から供給される電力の充電処理を行う。

【0019】

電池システムAは、図1に示すように、電池モジュールM1、M2、M3、電流センサY(電流計測手段)、電圧センサD(電圧計測手段)、バスバーBs1～Bs4及びデータ処理部Ksを備える。なお、バスバーBs1及びバスバーBs4は、本実施形態における電力伝送部材である。また、バスバーBs2及びバスバーBs3は、本実施形態にお

10

20

30

40

50

る第2電力伝送部材である。

【0020】

電池モジュールM1, M2, M3は、二次電池ユニットU1, U2, U3を構成する電池セルb11~b13, b21~b23, b31~b33各々の電圧を検出し、該電圧を示すセル電圧データを出力する。なお、電池モジュールM1, M2, M3は同じ構成であるので、詳細な説明は電池モジュールM1について行い、電池モジュールM2, M3については省略する。

【0021】

電池モジュールM1は、一对の電池ユニット端子T11, T12、二次電池ユニットU1、セル電圧計測部Sk1(電圧計測手段)及び通信処理部Ts1備える。一对の電池ユニット端子T11, T12は、電池セルb11~b13の電力を二次電池ユニットU1の外部に出力するための端子である。電池ユニット端子T11は、バスバーBs1を介して、電力変換器Dcの電池端子DT1に接続されている。一方、電池ユニット端子T12は、バスバーBs2を介して、電池モジュールM2の電池ユニット端子T21に接続されている。

10

【0022】

二次電池ユニットU1は、リチウムイオン電池や鉛蓄池等の二次電池である3個の電池セルb11, b12, b13からなり、電池セルb11, b12, b13が直列に接続されるユニットである。セル電圧計測部Sk1は、電池セルb11~b13それぞれの電圧を検出し、検出結果をデジタル変換し、電池セルb11~b13それぞれの電圧を示すセル電圧データを通信処理部Ts1に出力する。通信処理部Ts1は、電池モジュールM2に設けられる通信処理部Ts2に接続され、セル電圧計測部Sk1から入力されるセル電圧データを通信処理部Ts2に出力する。なお、本実施形態では、電池セルb11~b13個々の電圧を検出するセル電圧計測部Sk1を使用しているが、セル電圧計測部Sk1に代わって二次電池ユニットU1の電圧を検出するユニット電圧計測部を使用してもよい。

20

【0023】

また、電池モジュールM2において、通信処理部Ts2は、通信処理部Ts1から入力されるセル電圧データと、電池モジュールM2に設けられるセル電圧計測部Sk2から入力されると共に二次電池ユニットU2の電池セルb21~b23それぞれの電圧を示すセル電圧データとを、電池モジュールM3に設けられる通信処理部Ts3に出力する。

30

【0024】

また、電池モジュールM3において、通信処理部Ts3は、通信処理部Ts2から入力されるセル電圧データと、電池モジュールM3に設けられるセル電圧計測部Sk3から入力される二次電池ユニットU3の電池セルb31~b33それぞれの電圧を示すセル電圧データとを、データ処理部Ksに出力する。つまり、通信処理部Ts3は、電池セルb11~b13, b21~b23, b31~b33各々の電圧を示すセル電圧データを、データ処理部Ksに順次出力する。また、電池セルb11~b13, b21~b23, b31~b33は、直列に接続されている。

40

【0025】

また、電池モジュールM2において、一对の電池ユニット端子T21, T22のうち、電池ユニット端子T21は、バスバーBs2を介して、電池モジュールM1の電池ユニット端子T12に接続されている。一方、電池ユニット端子T22は、バスバーBs3を介して、電池モジュールM3の電池ユニット端子31に接続されている。また、電池モジュールM3において、一对の電池ユニット端子T31, T32のうち、電池ユニット端子T31は、上述したように、バスバーBs3を介して、電池モジュールM2の電池ユニット端子T22に接続されている。一方、電池ユニット端子T32は、バスバーBs4を介して、電力変換器Dcの一对の電池端子DT1, DT2のうち、電池端子DT2に接続されている。

【0026】

50

バスバー B s 1 (電力伝送部材)は、一端が電池モジュール M 1 の電池ユニット端子 T 1 1 に接続され、他端が電力変換器 D c の電池端子 D T 1 に接続される。バスバー B s 2 (第 2 電力伝送部材)は、一端が電池モジュール M 1 の電池ユニット端子 T 1 2 に接続され、他端が電池モジュール M 2 の電池ユニット端子 T 2 1 に接続されている。バスバー B s 3 (第 2 電力伝送部材)は、一端が電池モジュール M 2 の電池ユニット端子 T 2 2 に接続され、他端が電池モジュール M 3 の電池ユニット端子 T 3 1 に接続されている。バスバー B s 4 (電力伝送部材)は、一端が電池モジュール M 3 の電池ユニット端子 T 3 2 に接続され、他端が電力変換器 D c の電池端子 D T 2 に接続されている。上述した電池ユニット端子 T 1 1 , T 1 2、電池ユニット端子 T 2 1 , T 2 2、電池ユニット端子 T 3 1 , T 3 2 及び電池端子 D T 1 , D T 2 と、バスバー B s 1 ~ B s 4 とは、ボルトによって接続されている。

10

【 0 0 2 7 】

電流センサ Y は、電池端子 D T 1 , D T 2 を介して電力変換器 D c に入力される電池セル b 1 1 ~ b 1 3 , b 2 1 ~ b 2 3 , b 3 1 ~ b 3 3 の電流をタイムインターバルをあけて順次検出し、検出した電流を示す電流検出信号をデータ処理部 K s に出力する。電圧センサ D は、電池端子 D T 1 , D T 2 を介して電力変換器 D c に入力される電池セル b 1 1 ~ b 1 3 , b 2 1 ~ b 2 3 , b 3 1 ~ b 3 3 の電圧をタイムインターバルをあけて順次検出し、検出した電圧を示す電圧検出信号をデータ処理部 K s に出力する。

【 0 0 2 8 】

データ処理部 K s は、アナログ入力部 A k、デジタル入力部 D k、デジタル出力部 D s 及び演算処理部 M c (接触抵抗演算手段)を備える。アナログ入力部 A k は、電流センサ Y から入力される電流検出信号及び電圧センサ D から入力される電圧検出信号を、デジタル変換して、演算処理部 M c に出力する。デジタル入力部 D k は、通信処理部 T s 3 から入力されるセル電圧データを受信し、演算処理部 M c に出力する。デジタル出力部 D s は、演算処理部 M c から入力される演算結果データを外部の監視装置やデータ記憶装置等に出力する。

20

【 0 0 2 9 】

演算処理部 M c は、例えば C P U (Central Processing Unit)、R O M (Read Only Memory)、R A M (Random Access Memory) 及びインターフェイス回路等から構成されている。なお、上記インターフェイス回路は、アナログ入力部 A k、デジタル入力部 D k、デジタル出力部 D s と電氣的に接続されている。この演算処理部 M c は、アナログ入力部 A k から入力される電流検出信号及び電圧検出信号や、デジタル入力部 D k から入力されるセル電圧データに基づいて所定の演算処理を実行し、演算処理によって得られる演算結果データをデジタル出力部 D s に出力する。なお、本実施形態に係る電池監視装置は、上述したセル電圧計測部 S k 1 , S k 2 , S k 3、電流センサ Y、電圧センサ D、データ処理部 K s 及び通信処理部 T s 1 , T s 2 , T s 3 を備える。

30

【 0 0 3 0 】

次に、このように構成されたデータ処理部 K s の動作について図 2 ~ 図 8 を参照して説明する。

データ処理部 K s は、上述した電池ユニット端子 T 1 1 , T 1 2、電池ユニット端子 T 2 1 , T 2 2、電池ユニット端子 T 3 1 , T 3 2 及び電池端子 D T 1 , D T 2 と、バスバー B s 1 ~ B s 4 との結線緩みを検出するために、以下の各種動作を実行する。

40

【 0 0 3 1 】

例えば、データ処理部 K s は、電池システム A の製造時に、結線緩みを検出するための基準データを取得する第 1 採取動作を実行する。つまり、データ処理部 K s において、演算処理部 M c は、二次電池ユニット U 1 , U 2 , U 3 の充電率のパターンと充電電流及び放電電流のパターンとの組み合わせ毎にデータ (電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値) を取得する。

【 0 0 3 2 】

なお、上記電圧全体値は、電池システム A のシステム全体の出力電圧、すなわち、電圧

50

検出信号によって示される電圧である。また、上記電圧合計値とは、セル電圧データによって示される電池セル $b_{11} \sim b_{13}$, $b_{21} \sim b_{23}$, $b_{31} \sim b_{33}$ 各々の電圧値を合計した値である。また、上記電流全体値は、電池システム A のシステム全体の出力電流、つまり電流検出信号によって示される電流である。なお、電圧合計値は、セル電圧データに基づいて演算処理部 M c により算出される。

【 0 0 3 3 】

例えば、作業者は、上述した充電率のパターンとして、二次電池ユニット U 1 , U 2 , U 3 の充電率を調整して 9 5 %、5 0 % 及び 5 % の 3 パターンに切り替えると共に、充電率のパターン毎に、放電電流のパターンとして、最大放電電流の 1 0 %、2 0 %、3 0 %、4 0 %、5 0 %、6 0 %、7 0 %、8 0 %、9 0 %、1 0 0 % の 1 0 パターンに切り替えて放電させる。つまり、作業者は、各パターンを組み合わせた 3 0 通りの二次電池ユニット U 1 , U 2 , U 3 の動作状態を、各種操作によって作り出す。

10

【 0 0 3 4 】

また、作業者は、充電率を調整して 9 5 %、5 0 % 及び 5 % の 3 パターンに切り替えると共に、充電率のパターン毎に、充電電流として最大充電電流の 1 0 %、2 0 %、3 0 %、4 0 %、5 0 %、6 0 %、7 0 %、8 0 %、9 0 %、1 0 0 % の 1 0 パターンに切り替えて充電させる。つまり、作業者は、さらに 3 0 通りの二次電池ユニット U 1 , U 2 , U 3 の動作状態を、各種操作によって作り出す (ステップ S 1)。

【 0 0 3 5 】

演算処理部 M c は、上述した合計 6 0 通りの組み合わせ毎に、電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値を取得する。ここで、演算処理部 M c は、電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値を取得する際に、電流検出信号によって示される電流全体値を監視する。そして、演算処理部 M c は、電流全体値が安定した状態になってから、電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値を取得する。例えば、演算処理部 M c は、充電時、図 3 (a) に示すように電流全体値が変化し、図 3 (a) に示す安定状態となってから電流全体値を取得する (ステップ S 2)。

20

【 0 0 3 6 】

演算処理部 M c は、電流全体値の変化率が変化率しきい値よりも小さくなる、あるいは電流全体値の電流値が電流しきい値よりも高くなった場合に、電流全体値が安定状態になったと判断する。なお、演算処理部 M c は、電流全体値の変化率と電流全体値の電流値との両方の条件が満たされた場合に、電流全体値が安定状態になったと判断するようにしてもよい。そして、演算処理部 M c は、電流全体値が安定状態になると、その後、電流全体値に加え、電圧全体値及び電圧合計値を取得する。

30

【 0 0 3 7 】

また、演算処理部 M c は、作業者からの取得指示に基づいて電流全体値が安定状態になったとして、電流全体値、電圧全体値及び電圧合計値を取得するようにしてもよい。例えば、充電時、電流全体値は、放電開始から約 1 秒程度で安定状態となる。作業者は、電流全体値が安定状態になると、演算処理部 M c に取得指示を入力する。演算処理部 M c は、取得指示が入力されると、電流全体値、電圧全体値及び電圧合計値を取得する。なお、作業者からの取得指示は、所定の操作部あるいは、通信を介して演算処理部 M c に入力するようにすればよい。これにより、演算処理部 M c は、電流全体値の変化率が変化率しきい値よりも大きい、あるいは電流全体値の電流値が電流しきい値よりも小さい期間における電流全体値、電圧全体値及び電圧合計値を取得できる。

40

【 0 0 3 8 】

そして、演算処理部 M c は、上述した合計 6 0 通りの組み合わせに応じて取得した電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値に基づいて線形回帰直線「 $y = x +$ 」(図 3 (b) 参照) を求める (ステップ S 3)。この線形回帰直線「 $y = x +$ 」の「 x 」は「電流全体値」である。また、「 y 」は、「電圧合計値 - 電圧全体値」である。また、「」(傾き) は、結線緩み等によって生じる接触抵抗や、バスバー B s 1 ~ B s 4 の線路抵抗を示す値である。また、「」(切片) は、電圧センサ D やセル電圧計測部 S k 1 による

50

測定誤差を示す値である。演算処理部 M c は、上記線形回帰直線「 $y = x +$ 」を基準データとして記憶する。演算処理部 M c は、上記ステップ S 1 ~ S 3 の処理を実行して、第 1 採取動作を完了する。

【 0 0 3 9 】

また、データ処理部 K s は、実際に運航される船舶に電池システム A が搭載され、電池セル b 1 1 ~ b 1 3 , b 2 1 ~ b 2 3 , b 3 1 ~ b 3 3 の取り替え等によって、ボルトの取り外し及び締め直しを行った後に、基準データを取り直す第 2 採取動作を実行する。つまり、演算処理部 M c は、船舶の運航時に、所定の操作部に第 2 データ採取指示が入力されると、所定回数、データ（電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値）を取得する。なお、船舶の運航時には、動作に応じて二次電池ユニット U 1 , U 2 , U 3 の放電及び充電が行われている。

10

【 0 0 4 0 】

また、演算処理部 M c は、上記所定回数のうち、半分を、二次電池ユニット U 1 , U 2 , U 3 の放電時にデータを取得し（ステップ S 1 1 ）、一方残り半分を、充電時にデータを取得する（ステップ S 1 2 ）。したがって、上記所定回数は、偶数であることが望ましい。演算処理部 M c は、例えば、所定回数が 1 0 0 回である場合、放電時に 5 0 回データを取得し、一方、充電時に 5 0 回データを取得する。

【 0 0 4 1 】

ここで、演算処理部 M c は、電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値を取得する際に、第 1 採取動作のステップ S 2 の処理同様、電流検出信号によって示される電流全体値を監視する。つまり、演算処理部 M c は、第 1 採取動作同様、電流全体値が安定した状態になってから、電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値を取得する。

20

【 0 0 4 2 】

そして、演算処理部 M c は、所定回数、データを取得すると、第 1 採取動作同様、取得したデータである電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値に基づいて線形回帰直線「 $y = x +$ 」を求める（ステップ S 1 3 ）。演算処理部 M c は、上記線形回帰直線「 $y = x +$ 」を基準データとして記憶する。演算処理部 M c は、上記ステップ S 1 1 ~ S 1 3 の処理を実行して、第 2 採取動作を完了する。

【 0 0 4 3 】

また、データ処理部 K s は、上記基準データを使用して、結線緩みを判定する第 1 緩み判定動作を実行する。例えば、演算処理部 M c は、船舶の運航時に、定期的に、上記第 1 緩み判定動作を実行する。まず、演算処理部 M c は、充電時、所定回数、結線緩みを判定するためのデータ（電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値）を取得する（ステップ S 2 1 ）。ここで、演算処理部 M c は、1 回の充電動作の間に、所定回数、データ（電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値）を取得する。したがって、取得された電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値各々は、近似した値となる。そのため、データによって示されるポイントは、図 6 (a) に示すように、かたまっている。

30

【 0 0 4 4 】

また、演算処理部 M c は、電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値を取得する際に、第 1 採取動作同様、電流検出信号によって示される電流全体値を監視する。つまり、演算処理部 M c は、第 1 採取動作同様、電流全体値が安定した状態になってから、電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値を取得する。

40

【 0 0 4 5 】

続いて、演算処理部 M c は、所定回数、データの取得が完了すると、下記式 (1) に基づいて各取得データの「電圧合計値 - 電圧全体値」を標本とする標本平均 V_{avg} を算出する（ステップ S 2 2 ）。なお、下記式 (1) の値「 n 」は、データの個数、つまり、上記所定回数と同じ値になる。

$$V_{avg} = (\text{電圧合計値} - \text{電圧全体値}) / n \quad (1)$$

そして、演算処理部 M c は、下記式 (2) に上記標本平均 V_{avg} を代入して不偏分散 S^2 を算出する（ステップ S 2 3 ）。

50

$$S^2 = \{(\text{電圧合計値} - \text{電圧全体値}) - V_{\text{avg}}\}^2 / (n - 1) \quad (2)$$

【0046】

そして、演算処理部M cは、標本平均 V_{avg} 及び不偏分散 S^2 に基づいて下記式(3)に示す信頼区間、つまり上記標本を含む母集団の母平均の信頼区間を求める。(ステップS24)。

$$V_{\text{avg}} - k \times S^2 / n \quad \text{母平均} \quad V_{\text{avg}} + k \times S^2 / n \quad (3)$$

なお、第1緩み判定動作では、標本の数が多い、つまり、取得したデータの数が多いため、上記変数「k」を信頼度(95%や99%等)に基づいてt分布から決定する。

【0047】

続いて、演算処理部M cは、基準データ「 $y = x + \quad$ 」の「x」に、上記ステップS21の処理で取得した電圧全体値の平均値を代入して「y」の値である基準電圧値を取得する。そして、演算処理部M cは、基準電圧値が上記信頼区間に含まれるか否か判断する(ステップS25)。演算処理部M cは、基準電圧値が信頼区間に含まれる場合(YESの場合)、結線緩み無しと判断する(ステップS26)。一方、演算処理部M cは、基準電圧値が信頼区間に含まれない場合(NOの場合)、基準電圧値に対して信頼区間が負側に存在するか否か判定する(ステップS27)。

【0048】

基準電圧値に対して信頼区間が負側に存在する(図6(b)参照)ということは、結線緩み等による接触抵抗が増加して、電圧全体値が大きくなっていることを示している。つまり、演算処理部M cは、電圧全体値が結線緩み等によって大きくなることで、基準電圧値に対して信頼区間が負側に存在するか否か判定している。演算処理部M cは、基準電圧値に対して信頼区間が負側に存在する場合(YESの場合)、結線緩みが有ると判断する(ステップS28)。

【0049】

一方、演算処理部M cは、基準電圧値に対して信頼区間が負側に存在しない場合(NOの場合)、上記ステップS26の処理において、結線緩み無しと判断する。そして、演算処理部M cは、結線緩みの有りあるいは無しの判断結果を、外部の監視装置やデータ記憶装置等へ出力する。演算処理部M cは、上記ステップS21～S28の処理を実行して、第1緩み判定動作を完了する。

【0050】

また、上記第1緩み判定動作では、上記ステップS21の処理において、充電時にデータを取得しているが、充電時ではなく、放電時に、データを取得するようにしてもよい。その場合、演算処理部M cは、上記ステップS27の処理において、基準電圧値に対して信頼区間が正側に存在するか否か判定し、基準電圧値に対して信頼区間が正側に存在する場合(図6(c)参照)、上記ステップS28の処理において、結線緩みが有ると判断する。

【0051】

また、電池セルb11～b13, b21～b23, b31～b33の取り替え等によって、ボルトの取り外し及び締め直しを行った後に、基準データを取り直す第2採取動作を実行する前に、例えば、上記第1緩み判定動作を行うことで、ボルトの締め直し判定を行うようにしてもよい。その際、結線緩み等があったとしても発火のおそれのない低い電流を充電あるいは放電して、上記第1緩み判定動作を行うことで、結線緩みを判断するようにしてもよい。

【0052】

さらに、上記第1緩み判定動作では、基準電圧に対して信頼区間が負側に存在するか否かに基づいて結線緩みの有り無しを判定しているが、他の方法によって判断するようにしてもよい。例えば、演算処理部M cは、下記式(11)に基づいて結線緩みの有り無しを判定するようにしてもよい。

$$V_{\text{avg}} \quad \text{基準電圧値} - V_{\text{error}} \quad (11)$$

【0053】

10

20

30

40

50

上記 Verror は、予め実施された試験等に基づいて求められた値である。つまり、演算処理部 M c は、「Vavg (標本平均) 」が「基準電圧値 - Verror」以下であるか否か判定する。「Vavg」が「基準電圧値 - Verror」以下である (図 7 参照) という事は、結線緩み等による接触抵抗が増加して、電圧全体値が大きくなっていることを示している。つまり、演算処理部 M c は、電圧全体値が、結線緩み等によって大きくなることで、「Vavg」が「基準電圧値 - Verror」以下となっているか否か判定している。演算処理部 M c は、「Vavg」が「基準電圧値 - Verror」以下である場合、結線緩みが有ると判断する。一方、演算処理部 M c は、「Vavg」が「基準電圧値 - Verror」以下でない場合、結線緩みが無いと判断する。また、充電時ではなく、放電時に、データを取得する場合、下記式 (1 2) に基づいて結線緩みの有り無しを判定するようにしてもよい。

$$V_{avg} \geq \text{基準電圧値} + V_{error} \quad (1 2)$$

つまり、演算処理部 M c は、「Vavg」が「基準電圧値 + Verror」以上である場合、結線緩みが有ると判断する。

【 0 0 5 4 】

また、データ処理部 K s は、第 1 緩み判定動作に代わって、第 1 緩み判定動作と異なる第 2 緩み判定動作を実行するようにしてもよい。例えば、演算処理部 M c は、船舶の運航時に、定期的に、上記第 2 緩み判定動作を実行する。

【 0 0 5 5 】

まず、演算処理部 M c は、船舶の運航時に、所定回数、結線緩みを判定するためのデータ (電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値) を取得する。なお、船舶の運航時には、動作に応じて二次電池ユニット U 1 , U 2 , U 3 の放電及び充電が行われている。

【 0 0 5 6 】

また、演算処理部 M c は、上記所定回数のうち、半分を、二次電池ユニット U 1 , U 2 , U 3 の放電時にデータを取得し (ステップ S 3 1) 、一方残り半分を、充電時にデータを取得する (ステップ S 3 2) 。したがって、上記所定回数は、偶数であることが望ましい。演算処理部 M c は、例えば、所定回数が 1 0 0 回である場合、放電時に 5 0 回データを取得し、一方、充電時に 5 0 回データを取得する。

【 0 0 5 7 】

ここで、演算処理部 M c は、電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値を取得する際に、第 1 採取動作のステップ S 2 の処理同様、電流検出信号によって示される電流全体値を監視する。つまり、演算処理部 M c は、第 1 採取動作同様、電流全体値が安定した状態になってから、電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値を取得する。そして、演算処理部 M c は、上記ステップ S 3 1 及びステップ S 3 2 の処理を所定の複数回繰り返す (ステップ S 3 3) 。つまり、演算処理部 M c は、上記ステップ S 3 1 ~ S 3 3 の処理によって、所定回数、データを取得する動作を、所定の複数回繰り返す。

【 0 0 5 8 】

続いて、演算処理部 M c は、上記ステップ S 3 1 及びステップ S 3 2 の処理を所定の複数回繰り返してデータの取得が完了すると、下記式 (2 1) に基づいて各取得データから線形回帰直線「 $y = C x + E$ 」を求め、該線形回帰直線からボルトの緩み等が原因の接触抵抗を示す傾き「C」を取得する (ステップ S 3 4) 。つまり、上記線形回帰直線「 $y = C x + E$ 」は、上記ステップ S 3 1 及びステップ S 3 2 の処理を繰り返した回数分だけ線形回帰直線「 $y = C x + E$ 」を取得するので、回数分の傾き「C」を取得できる。

そして、演算処理部 M c は、下記式 (2 1) に基づいて「C」を標本とする標本平均 C avg を算出する (ステップ S 3 5) 。なお、下記式 (2 1) の値「m」は、データの個数、つまり、上記所定回数と同じ値になる。

$$C_{avg} = C / m \quad (2 1)$$

そして、演算処理部 M c は、下記式 (2 2) に上記標本平均 C avg を代入して不偏分散 S ^ 2 を算出する (ステップ S 3 6) 。

$$S^2 = \{(C - C_{avg})^2 / (m - 1)\} \quad (2 2)$$

【 0 0 5 9 】

10

20

30

40

50

そして、演算処理部M cは、標本平均 C_{avg} 及び不偏分散 S^2 に基づいて下記式(23)に示す上記標本を含む母集団の母平均の信頼区間を求める。(ステップS 3 7)。

$$C_{avg} - k \times S^2 / m \quad \text{母平均} \quad C_{avg} + k \times S^2 / m \quad (22)$$

なお、第2緩み判定動作では、標本の数が少ない、つまり、取得したデータの数が少ないため、上記変数「k」を信頼度(95%や99%等)に基づいてt分布から決定する。

【0060】

続いて、演算処理部M cは、基準データ「 $y = x + \quad$ 」の傾き「 \quad 」(すなわち基準データの接触抵抗)が上記信頼区間に含まれるか否かを判断する(ステップS 3 8)。演算処理部M cは、傾き「 \quad 」が信頼区間に含まれる場合(Y E Sの場合)、結線緩み無しと判断する(ステップS 3 9)。一方、演算処理部M cは、傾き「 \quad 」が信頼区間に含まれない場合(N Oの場合)、傾き「 \quad 」に対して信頼区間が大きい側に存在するか否かを判定する(ステップS 4 0)。

10

【0061】

傾き「 \quad 」に対して信頼区間が大きい側に存在するということは、結線緩み等による接触抵抗が増加していることを示している。つまり、演算処理部M cは、接触抵抗が増加することで、傾き「 \quad 」に対して信頼区間が大きい側に存在するか否かを判定する。演算処理部M cは、傾き「 \quad 」に対して信頼区間が大きい側に存在する場合には、結線緩み有りとして判断する(ステップS 4 1)。

【0062】

一方、演算処理部M cは、「 \quad 」に対して信頼区間が大きい側に存在しない場合には、結線緩み無しと判断する。そして、演算処理部M cは、結線緩みの有りあるいは無しを判断結果を、外部の監視装置やデータ記憶装置等に出力する。演算処理部M cは、上記ステップS 3 1 ~ S 4 1の処理を実行して、第2緩み判定動作を完了する。

20

【0063】

また、電池セルb 1 1 ~ b 1 3, b 2 1 ~ b 2 3, b 3 1 ~ b 3 3の取り替え等によって、ボルトの取り外し及び締め直しを行った後に、基準データを取り直す第2採取動作を実行する前に、例えば、上記第2緩み判定動作を行うことで、ボルトの締め直し判定を行うようにしてもよい。その際、結線緩み等があったとしても発火のおそれのない低い電流を充電あるいは放電して、上記第2緩み判定動作を行うことで、結線緩みを判断するようにしてもよい。

30

【0064】

さらに、上記第2緩み判定動作では、傾き「 \quad 」に対して信頼区間が大きい側に存在するか否かに基づいて結線緩みの有り無しを判定しているが、他の方法によって判断するようにしてもよい。例えば、演算処理部M cは、下記式(31)に基づいて結線緩みの有り無しを判定するようにしてもよい。

$$C_{avg} \quad C_{error} \quad (31)$$

【0065】

上記Cerrorは、予め実施された試験等に基づいて求められた値である。つまり、演算処理部M cは、「 C_{avg} (標本平均)」が「Cerror」以上であるか否かを判定する。「 C_{avg} 」が「Cerror」以上であるということは、結線緩み等による接触抵抗が増加していることを示している。つまり、演算処理部M cは、結線緩み等によって接触抵抗が大きくなることで、「 C_{avg} 」が「Cerror」以上となっているか否かを判定している。

40

【0066】

演算処理部M cは、「 C_{avg} 」が「Cerror」以上である場合、結線緩みがあると判断する。一方、演算処理部M cは、「 C_{avg} 」が「Cerror」以下でない場合、結線緩みが無いと判断する。また、所定の複数回、ステップS 3 1, S 3 2の処理を繰り返してデータを取得し、このデータに基づいて「 C_{avg} (標本平均)」を求めているが、1回の上記ステップS 3 1及びステップS 3 2の処理で得られるデータの線形回帰直線「 $y = Cx + E$ 」の傾き「C」と「Cerror」とを比較して、結線緩みの有り無しを判断するようにしてもよい。

50

【 0 0 6 7 】

このような本実施形態によれば、演算処理部 M c は、電圧センサ D、電流センサ Y 及びセル電圧計測部 S k 1, S k 2, S k 3 の計測値（電圧全体値、電流全体値及びセル電圧）のうち、所定の電流しきい値よりも小さい電流が計測される期間における電圧全体値、電流全体値及びセル電圧を除外する、つまり、電流全体値が安定した状態になってから、電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値を取得し、線形回帰直線を求める（つまり接触抵抗を求める）ので、電池システム A における接触抵抗を従来よりも正確に評価することが可能である。

【 0 0 6 8 】

すなわち、電流しきい値よりも小さい電流が計測される期間における電圧全体値、電流全体値及びセル電圧は各々に値が小さいため、セル電圧計測部 S k 1, S k 2, S k 3 から演算処理部 M c までのデータの伝送時間と、電圧センサ D 及び電流センサ Y から演算処理部 M c までの伝送時間との間にずれが生じた場合に、接触抵抗の判定に与える影響が電流が上記電流しきい値よりも大きい場合よりも大きい。また、電流しきい値よりも小さい電流が計測される期間における電圧全体値、電流全体値及びセル電圧は各々に値が小さいため、計測誤差の影響も大きい。

【 0 0 6 9 】

したがって、本実施形態によれば、電流の大小に依らず全ての計測値を用いて接触抵抗を演算する従来技術に比較して、電池システム A における接触抵抗を正確に評価することが可能である。

【 0 0 7 0 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されることなく、例えば以下のような変形が考えられる。

(1) 上記実施形態は、図 1 に示す構成となっているが、本発明はこれに限定されない。例えば、図 9 に示すように、線路電圧計測部 R k 1, R k 2, R k 3, R k 4 を備えるようにしてもよい。線路電圧計測部 R k 1, R k 2, R k 3, R k 4 は、バスバー B s 1 ~ B s 4 各々のボルト接続部に対して設けられ、電池ユニット端子 T 1 1, T 1 2, T 2 1, T 2 2, T 3 1, T 3 2 及び電池端子 D T 1, D T 2 を介して、バスバー B s 1 ~ B s 4 を流れる電力の電圧（つまりバスバー B s 1 ~ B s 4 の両端電圧）を検出し、検出結果をデジタル変換し、線路電圧データを通信処理部 T s 1, T s 2, T s 3 に出力する。通信処理部 T s 1, T s 2, T s 3 に出力される線路電圧データは、セル電圧データと同様、通信処理部 T s 1, T s 2, T s 3 を介して、演算処理部 M c に出力される。演算処理部 M c は、ボルト接続部各々における接触抵抗を求め、結線緩みが発生している場所を特定できる。また、図 10 のように、線路電圧計測部 R k 1, R k 2, R k 3, R k 4 に代わって、アナログである線路電圧検出信号を出力する線路電圧センサ s d 1, s d 2, s d 3, s d 4 を備えることも考えられる。線路電圧センサ s d 1, s d 2, s d 3, s d 4 は、線路電圧検出信号をアナログ入力部 A k に出力する。アナログ入力部 A k は、線路電圧検出信号をデジタル変換して、演算処理部 M c に出力する。演算処理部 M c は、ボルト接続部各々における接触抵抗を求め、結線緩みが発生している場所を特定できる。また、上記実施形態では、演算処理部 M c が、電圧検出信号、電流検出信号及びセル電圧データに基づいて上述した第 1 採取動作、第 2 採取動作、第 1 緩み判定動作及び第 2 緩み判定動作を行っているが、上述した動作を行わず、外部の監視装置やデータ記憶装置等に電圧検出信号、電流検出信号及びセル電圧データを出力し、外部に上述した動作を実行させるようにしてもよい。

【 0 0 7 1 】

(2) 上記実施形態では、電池セル b 1 1 ~ b 1 3, b 2 1 ~ b 2 3, b 3 1 ~ b 3 3 から構成される二次電池ユニット U 1, U 2, U 3 がバスバー B s 2, バスバー B s 3 を介して接続されることで 1 つの電池を構成し、電池セル b 1 1 ~ b 1 3, b 2 1 ~ b 2 3, b 3 1 ~ b 3 3 各々がセル電圧計測部 S k 1, S k 2, S k 3 によって電圧が計測される構成となっているが、本発明はこれに限定されない。例えば、電力変換器 D c に接続され

10

20

30

40

50

る1つの電池に対して、セル電圧計測部 $S k 1$, $S k 2$, $S k 3$ を設けない。一方、演算処理部 $M c$ は、電圧センサ D からの電圧検出信号によって示される電圧全体値と、電流センサ Y からの電流検出信号によって示される電圧全体値とに基づいてバスバー $B s 1$ やバスバー $B s 4$ のボルトの接続部の接触抵抗を算出するようにしてもよい。

【0072】

(3) 上記実施形態では、電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値に基づいて線形回帰直線を求めているが、これは得られるデータ(電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値)にばらつきがあるためである。例えば、演算処理部 $M c$ は、電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値を、ローパスフィルタ処理することにより、電流しきい値よりも小さく、かつ、変化率しきい値よりも大きい変化率の電流全体値が計測される期間における電圧全体値、電圧合計値及び電流全体値を除外するようにしてもよい。ローパスフィルタ処理によってデータのばらつきが低減されるため、ローパスフィルタ処理を施されたデータをそのまま使用して接触抵抗を求めた場合でも、誤差を小さくすることができる。

10

【0073】

(4) 上記実施形態では、3個の電池モジュール $M 1 \sim M 3$ の各々に対して3個の電池セル $b 1 1 \sim b 1 3$, $b 2 1 \sim b 2 3$, $b 3 1 \sim b 3 3$ を備える例を挙げたが、電池モジュールや電池セルの個数が限定されることはない。

【符号の説明】

【0074】

A 電池システム

20

A k アナログ入力部

b 1 1 ~ b 1 3 電池セル

b 2 1 ~ b 2 3 電池セル

b 3 1 ~ b 3 3 電池セル

B s 1 ~ B s 4 バスバー(電力伝送部材、第2電力伝送部材)

D 電圧センサ(電圧計測手段)

D c 電力変換器

D k デジタル入力部

D s デジタル出力部

D T 1 , D T 2 電池端子

30

K s データ処理部

L d 負荷

M 1 , M 2 , M 3 電池モジュール

M c 演算処理部(接触抵抗演算手段)

R k 1 , R k 2 , R k 3 , R k 4 線路電圧計測部(電圧計測手段)

s d 1 , s d 2 , s d 3 , s d 4 線路電圧センサ(電圧計測手段)

S k 1 , S k 2 , S k 3 セル電圧計測部(電圧計測手段)

T 1 1 , T 1 2 電池ユニット端子

T 2 1 , T 2 2 電池ユニット端子

T 3 1 , T 3 2 電池ユニット端子

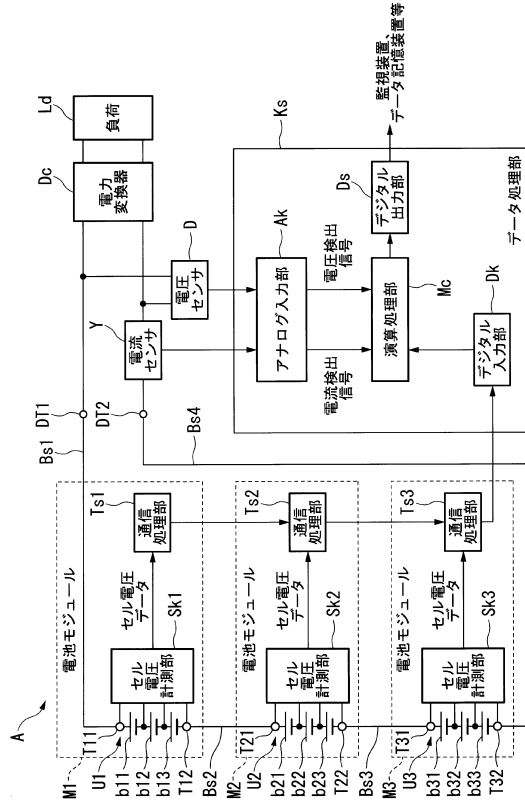
40

T s 1 , T s 2 , T s 3 通信処理部

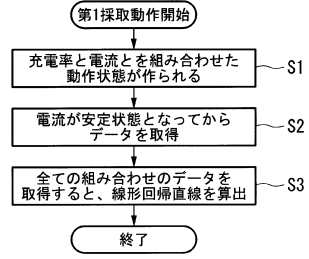
U 1 , U 2 , U 3 二次電池ユニット

Y 電流センサ(電流計測手段)

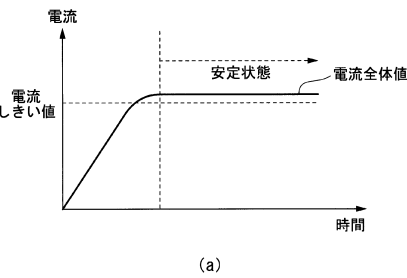
【図1】



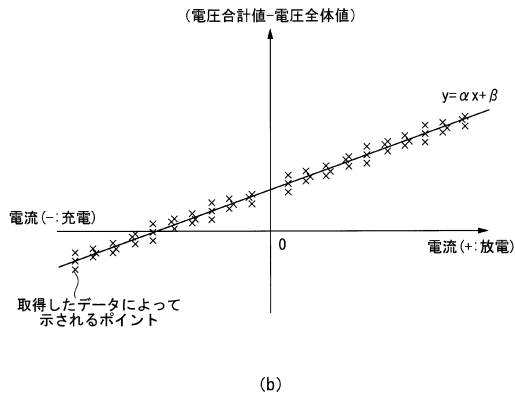
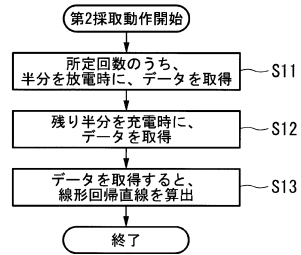
【図2】



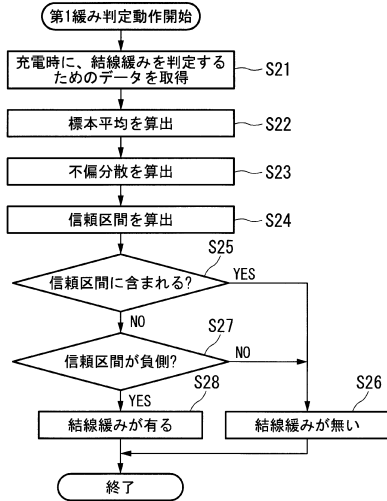
【図3】



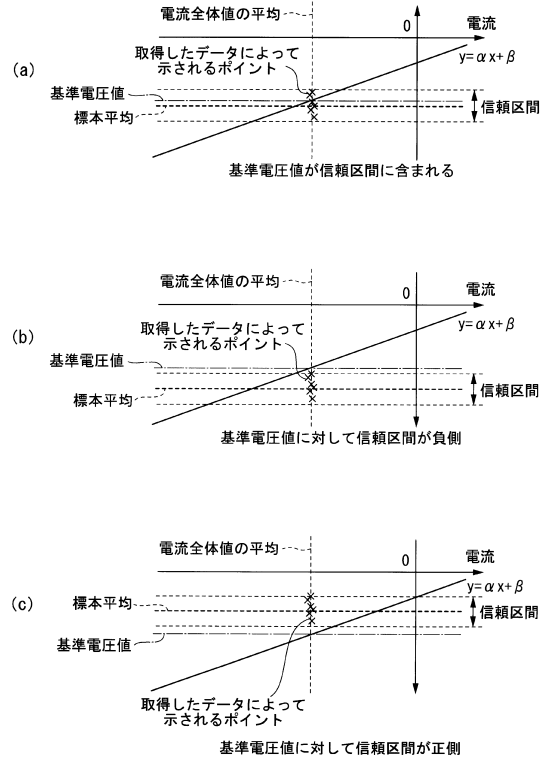
【図4】



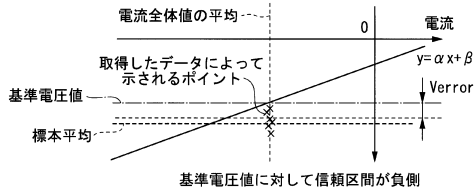
【図5】



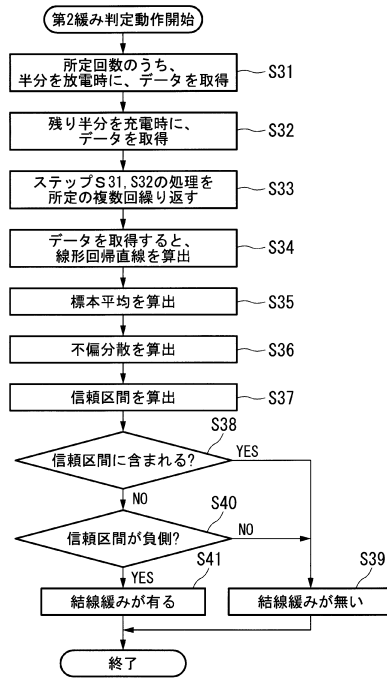
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 1 R 31/04 (2006.01) G 0 1 R 31/04

(72)発明者 温見 寿範
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社IHI内

審査官 青木 洋平

(56)参考文献 特開2009-216659(JP,A)
特開2012-019577(JP,A)
特開2012-225692(JP,A)
特開平05-266756(JP,A)
特表昭64-500540(JP,A)
特開2011-220694(JP,A)
特開2012-169244(JP,A)
米国特許第06160402(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 0 1 R 3 1 / 3 6 - 3 1 / 3 9 6
G 0 1 R 2 7 / 0 2
H 0 2 J 7 / 0 0
H 0 1 M 2 / 3 0
H 0 1 M 1 0 / 4 2