

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年8月15日(15.08.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/166301 A1

(51) 国際特許分類:
G01R 27/02 (2006.01) G01R 31/389 (2019.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/004389

(22) 国際出願日: 2023年2月9日(09.02.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1050023 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 上村 洋平 (UEMURA, Yohei); 〒1050023 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内 Tokyo (JP). 上野 雅史 (UENO, Masashi); 〒1050023 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内 Tokyo (JP). 黒田 和人 (KURODA,

Kazuto); 〒1050023 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内 Tokyo (JP).

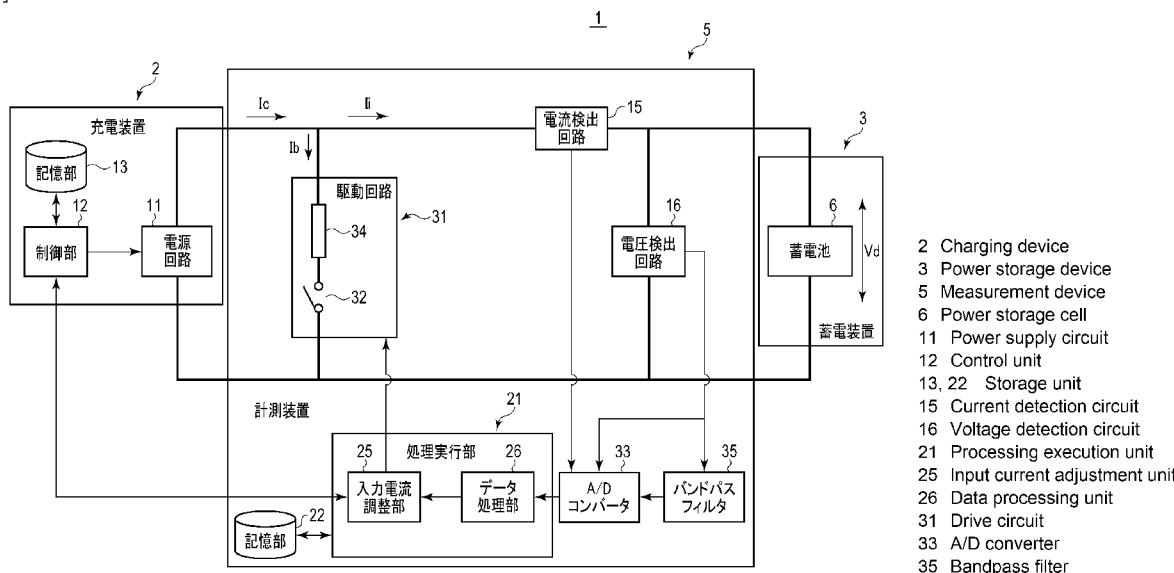
(74) 代理人: 弁理士法人 鈴榮特許総合事務所 (SUZUYE & SUZUYE); 〒1050014 東京都港区芝三丁目23番1号 セレスティン芝三井ビルディング11階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,

(54) Title: MEASUREMENT DEVICE, POWER STORAGE SYSTEM AND MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: 計測装置、蓄電システム及び計測方法

【図1】



(57) Abstract: A measurement device according to an embodiment which is equipped with a processing circuit, wherein the processing circuit inputs, into a power storage cell, a pseudo-random pulse signal of a current which changes between a first current value greater than zero and a second current value greater than the first current value. The processing circuit measures the impedance of the power storage cell on the basis of the pseudo-random pulse signal of the current inputted into the power storage cell, and the change over time in the voltage of the power storage cell while in a state in which the pseudo-random pulse signal of the current is inputted into the power storage cell.

SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 実施形態の計測装置は、処理回路を備え、処理回路は、ゼロより大きい第1の電流値と第1の電流値より大きい第2の電流値との間で変化する電流の疑似ランダムパルス信号を蓄電池に入力させる。処理回路は、蓄電池に入力される電流の疑似ランダムパルス信号、及び、電流の疑似ランダムパルス信号が蓄電池に入力されている状態での蓄電池の電圧の時間変化に基づいて、蓄電池のインピーダンスを計測する。

明 細 書

発明の名称：計測装置、蓄電システム及び計測方法

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、計測装置、蓄電システム及び計測方法に関する。

背景技術

[0002] 蓄電池の劣化状態の診断等において、蓄電池のインピーダンスの周波数特性の計測が行われている。蓄電池のインピーダンスの周波数特性の計測では、例えば、周期的に電流値が変化する電流波形を複数の周波数のそれぞれで蓄電池に入力し、蓄電池に電流波形が入力されている状態での蓄電池の電圧の時間変化を計測する。そして、蓄電池に入力されている電流波形、及び、蓄電池の電圧の時間変化をフーリエ解析することにより、複数の周波数のそれぞれでの蓄電池のインピーダンスを計測し、蓄電池のインピーダンスの周波数特性を計測する。

[0003] 蓄電池のインピーダンスの周波数特性の計測では、蓄電池に入力する電流を容易な構成で発生可能にする等して、容易な構成で蓄電池のインピーダンスを計測可能にすることが、求められている。また、蓄電池の充電と並行して蓄電池のインピーダンスを計測可能にする等して、蓄電池の充電及びインピーダンスの計測における利便性を向上させることが、求められている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2013-93120号公報

特許文献2：日本国特開2011-215125号公報

特許文献3：日本国特開2014-126532号公報

特許文献4：日本国特開2017-106889号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本発明が解決しようとする課題は、容易な構成で蓄電池のインピーダンス

を計測可能にし、蓄電池の充電及びインピーダンスの計測における利便性を向上させる計測装置、蓄電システム及び計測方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 実施形態によれば、計測装置は、処理回路を備え、処理回路は、ゼロより大きい第1の電流値と第1の電流値より大きい第2の電流値との間で変化する電流の疑似ランダムパルス信号を蓄電池に入力させる。処理回路は、蓄電池に入力される電流の疑似ランダムパルス信号、及び、電流の疑似ランダムパルス信号が蓄電池に入力されている状態での蓄電池の電圧の時間変化に基づいて、蓄電池のインピーダンスを計測する。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、第1の実施形態に係る蓄電システムの一例を示す概略図である。

[図2]図2は、第1の実施形態において、電源回路から出力される充電電流、蓄電池に入力される電流の疑似ランダムパルス信号、及び、充電電流から分流されるバイパス電流のそれぞれの時間変化の一例を示す概略図である。

[図3]図3は、第1の実施形態において、蓄電池に電流の疑似ランダムパルス信号が入力されている状態での蓄電池の電圧（端子間電圧）の時間変化を示すアナログ信号、及び、その電圧の時間変化を示すアナログ信号をバンドパスフィルタによって処理した後の電圧についてのアナログ信号の一例を示す概略図である。

[図4]図4は、第1の実施形態において処理実行部のデータ処理部によって行われる、蓄電池のインピーダンスの周波数特性を計測する処理の一例を示す概略図である。

[図5]図5は、第1の実施形態において計測された蓄電池のインピーダンスの周波数特性についてのインピーダンススペクトルデータの一例を、複素インピーダンスプロットで示す概略図である。

[図6]図6は、第1の実施形態において計測された蓄電池のインピーダンスの周波数特性についてのインピーダンススペクトルデータで示される、周波数

に対する蓄電池のインピーダンスの絶対値の関係の一例を示す概略図である。

[図7]図7は、第1の実施形態において計測された蓄電池のインピーダンスの周波数特性についてのインピーダンススペクトルデータで示される、周波数に対する蓄電池のインピーダンスの位相の関係の一例を示す概略図である。

[図8]図8は、第1の実施形態においてデータ処理部26によって、蓄電池のインピーダンスの周波数特性の計測データであるインピーダンススペクトルデータに対して行われる、平均化処理の一例を説明する概略図である。

[図9]図9は、第1の実施形態において処理実行部のデータ処理部によって行われる、蓄電池のインピーダンスの周波数特性を計測する処理の図4とは別の一例を示す概略図である。

[図10]図10は、第1の実施形態においてデータ処理部によって行われる、電圧時系列データ（第1の電圧時系列データ）のリサンプリングの一例を説明する概略図である。

[図11]図11は、第1の実施形態においてデータ処理部によって2つの平均化処理後データに対して行われる、データ選択処理の一例を説明する概略図である。

[図12]図12は、第1の実施形態において蓄電池の状態についての判定で、処理実行部によって行われる処理の一例を概略的に示すフローチャートである。

[図13]図13は、第1の変形例に係る蓄電システムの一例を示す概略図である。

[図14]図14は、第2の変形例に係る蓄電システムの一例を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、実施形態について図面を参照して、説明する。

[0009] （第1の実施形態）

まず、実施形態の一例として、第1の実施形態について説明する。図1は

、第１の実施形態に係る蓄電システム１の一例を示す。図１に示すように、蓄電システム１は、充電器等の充電装置２、蓄電装置３及び計測装置５を備え、蓄電装置３は、蓄電池６を備える。図１の一例では、充電装置２、蓄電装置３及び計測装置５は、互いに対して別体で設けられる。蓄電装置３は、例えば、電池搭載機器（図示しない）に搭載される。蓄電装置３が搭載される電池搭載機器としては、ＡＧＶ（Automatic Guided Vehicle）等の工場用の搬送車、定置用電源装置、スマートフォン、電気自動車等の車両、ロボット及びドローン等が挙げられる。

[0010] 蓄電装置３に搭載される蓄電池６は、例えば、リチウムイオン二次電池等の二次電池である。蓄電池６は、単セル（単電池）から形成されてもよく、複数の単セルを電氣的に接続することにより形成される電池モジュール又はセルブロックであってもよい。蓄電池６が複数の単セルから形成される場合、蓄電池６において、複数の単セルが電氣的に直列に接続されてもよく、複数の単セルが電氣的に並列に接続されてもよい。また、蓄電池６において、複数の単セルが直列に接続される直列接続構造、及び、複数の単セルが並列に接続される並列接続構造の両方が形成されてもよい。また、蓄電池６は、複数の電池モジュールが電氣的に接続される電池ストリング及び電池アレイのいずれかであってもよい。

[0011] 充電装置２は、蓄電池６の充電において、蓄電池６に電力を供給する。充電装置２は、電源回路１１、制御回路等の制御部１２、及び、記憶部１３を備える。蓄電池６の充電においては、電源回路１１から蓄電池６へ充電電流Ｉ_cが出力される。図１の一例では、電源回路１１から蓄電池６への充電電流Ｉ_cの供給経路は、計測装置５を通して形成される。

[0012] 充電装置２は、プロセッサ又は集積回路等、及び、メモリ等の記憶媒体を備える。充電装置２では、プロセッサ又は集積回路等は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、マイコン、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）及びＤＳＰ（Digital Signal Processor）等のいずれかを含む。充電装置２には、プロセッサ

等は、1つのみ設けられてもよく、複数設けられてもよい。また、充電装置2には、記憶媒体は、1つのみ設けられてもよく、複数設けられてもよい。充電装置2では、プロセッサ又は集積回路等は、例えば、記憶媒体に記憶されたプログラムを実行することにより、処理を行う。また、充電装置2では、プロセッサ等によって、制御部12の処理が行われ、記憶媒体が記憶部13として機能する。

[0013] 蓄電池6の充電では、制御部12は、電源回路11の駆動を制御することにより、蓄電池6への電力の供給を制御する。そして、制御部12は、電源回路11の駆動を制御することにより、電源回路11から蓄電池6へ出力される充電電流 I_c の充電レート等を調整する。

[0014] 図1の一例では、計測装置5は、電流検出回路15及び電圧検出回路16を備える。蓄電池6を充電している状態等においては、電流検出回路15は、蓄電池6に流れる電流である蓄電池6への入力電流 I_i を検出し、電圧検出回路16は、蓄電池6に印加される電圧 V_d を検出する。電流検出回路15は、例えば、シャント抵抗を備え、シャント抵抗に印加される電圧に基づいて、蓄電池6の電流（入力電流 I_i ）を検出する。また、電圧検出回路16は、例えば、蓄電池6の端子間電圧を、蓄電池6の電圧 V_d として検出する。なお、ある一例では、電流検出回路15及び電圧検出回路16は、蓄電装置3に設けられてもよい。

[0015] 計測装置5は、蓄電池6のインピーダンス Z を計測する。図1の一例では、電源回路11から蓄電池6へ出力される充電電流 I_c によって蓄電池6が充電されている状態において、計測装置5は、蓄電池6のインピーダンス Z の計測を行う。計測装置5は、処理回路等の処理実行部21、及び、記憶部22を備え、処理実行部21は、入力電流調整部25及びデータ処理部26を備える。入力電流調整部25及びデータ処理部26のそれぞれは、処理実行部21によって行われる処理の一部を実行する。

[0016] 計測装置5は、プロセッサ又は集積回路等、及び、メモリ等の記憶媒体を備える。計測装置5では、プロセッサ又は集積回路等は、CPU、ASIC

、マイコン、FPGA及びDSP等のいずれかを含む。計測装置5には、プロセッサ等は、1つのみ設けられてもよく、複数設けられてもよい。また、計測装置5には、記憶媒体は、1つのみ設けられてもよく、複数設けられてもよい。計測装置5では、プロセッサ又は集積回路等は、例えば、記憶媒体に記憶されたプログラムを実行することにより、処理を行う。また、計測装置5では、プロセッサ等によって、処理実行部21の処理が行われ、記憶媒体が記憶部22として機能する。入力電流調整部25及びデータ処理部26を含む処理実行部21は、例えば、記憶部22に記憶される計測プログラムを実行することにより、後述する処理を行う。

[0017] また、計測装置5は、駆動回路31を備え、図1の一例では、駆動回路31は、スイッチ32及び抵抗34を備える。駆動回路31は、充電装置2の電源回路11から蓄電装置3の蓄電池6への充電電流 I_c の供給経路に、形成される。処理実行部21の入力電流調整部25は、電源回路11から蓄電池6に充電電流 I_c が出力されている状態において、駆動回路31の駆動を制御し、例えば、スイッチ32のオンオフを制御する。これにより、蓄電池6に入力される入力電流 I_i が、調整及び制御される。

[0018] 図1の一例では、駆動回路31のスイッチ32のオフ状態において、電源回路11から出力された充電電流 I_c の全てが、蓄電池6に入力される。この際、駆動回路31の抵抗34には、電流が流れない。一方、駆動回路31のスイッチ32のオン状態では、電源回路11から出力された充電電流 I_c の一部が駆動回路31において分流され、充電電流 I_c から分流された電流が、抵抗34を流れる。抵抗34を流れる電流は、蓄電池6に供給されないバイパス電流 I_b となる。そして、充電電流 I_c においてバイパス電流 I_b として分流されない残りの一部が、蓄電池6に入力される入力電流 I_i となる。

[0019] 入力電流調整部25は、スイッチ32のスイッチング動作、すなわち、スイッチ32のオンオフを制御することにより、駆動回路31での充電電流 I_c の分流を制御する。そして、入力電流調整部25は、駆動回路31での充

電流 I_c の分流を制御することにより、電流の疑似ランダムパルス信号を発生させ、発生させた電流の疑似ランダムパルス信号を、蓄電池 6 への入力電流 I_i として蓄電池 6 へ入力させる。したがって、本実施形態では、処理回路等の処理実行部 21 は、蓄電池 6 のインピーダンス Z の計測において、電源回路 11 から蓄電池 6 に出力された充電電流 I_c を分流させることにより、電流の疑似ランダムパルス信号を、蓄電池 6 への入力電流 I_i として発生させる。なお、疑似ランダムパルス信号は、例えば M 系列の信号を用いる。

[0020] 図 2 は、電源回路 11 から出力される充電電流 I_c 、蓄電池 6 に入力される入力電流 I_i である電流の疑似ランダムパルス信号、及び、充電電流 I_c から分流されるバイパス電流 I_b のそれぞれの時間変化の一例を示す。図 2 では、横軸に時間 t を示し、縦軸に電流 I を示す。図 2 の一例では、充電電流 I_c は、電流値 I_α で経時的に一定又は略一定に保たれる。そして、駆動回路 31 のスイッチ 32 のオフ状態では、充電電流 I_c が分流されず、疑似ランダムパルス信号（入力電流 I_i ）は電流値 I_α となり、バイパス電流 I_b は電流値 0 となる。一方、駆動回路 31 のスイッチ 32 のオン状態では、電流値 I_β に相当する電流がバイパス電流 I_b として充電電流 I_c から分流され、疑似ランダムパルス信号（入力電流 I_i ）は電流値 $I_\alpha - I_\beta$ となる。図 2 の一例では、電流値 I_β は、電流値 I_α の半分値より小さい値であり、例えば、電流値 I_α の 10% 程度の値である。

[0021] 前述のように充電電流 I_c 、疑似ランダムパルス信号（入力電流 I_i ）及びバイパス電流 I_b のそれぞれが時間的に変化するため、図 2 の一例では、バイパス電流 I_b は、ゼロと電流値 I_β との間で、時間的に変化する。そして、疑似ランダムパルス信号は、ゼロより大きい電流値（第 1 の電流値） $I_\alpha - I_\beta$ と電流値 $I_\alpha - I_\beta$ より大きい電流値（第 2 の電流値） I_α との間で、時間的に変化する。

[0022] また、疑似ランダムパルス信号には、複数のパルス p が含まれ、複数のパルス p のそれぞれでは、疑似ランダムパルス信号の電流値は、電流値 I_α よ

り低くなる。蓄電池 6 への入力電流 I_i となる疑似ランダムパルス信号では、複数のパルス p のそれぞれについてパルス幅 w が規定され、複数のパルス p の少なくとも 1 つは、他のパルス p とはパルス幅 w が異なる。また、疑似ランダムパルス信号のパルス p の中でパルス幅 w が最も小さいパルス p_{min} を規定し、パルス p_{min} のパルス幅 w_{min} を規定する。M 系列の信号の場合、複数のパルス p のそれぞれでは、パルス幅 w は、パルス p_{min} のパルス幅 w_{min} の整数倍の幅となる。また、疑似ランダムパルス信号では、信号長 Y が規定される。ある一例では、疑似ランダムパルス信号の信号長 Y は、スイッチ 32 のスイッチング動作の開始時点から終了時点までの時間に相当する。

[0023] 蓄電池 6 に、電流の疑似ランダムパルス信号が入力電流 I_i として入力されている状態では、電流検出回路 15 は、電流の疑似ランダムパルス信号を検出し、電圧検出回路 16 は、蓄電池 6 の電圧の時間変化を検出する。また、計測装置 5 は、A/D コンバータ 33 及びバンドパスフィルタ (BPF) 35 を備える。A/D コンバータ 33 には、電流検出回路 15 及び電圧検出回路 16 のそれぞれでの検出結果を示すアナログ信号が、入力される。

[0024] A/D コンバータ 33 は、電流検出回路 15 での検出結果を示すアナログ信号、すなわち、蓄電池 6 に入力される入力電流 I_i の検出結果を示すアナログ信号を、デジタル信号に変換する。また、A/D コンバータ 33 は、電圧検出回路 16 での検出結果を示すアナログ信号、すなわち、蓄電池 6 の電圧 (端子間電圧) V_d の時間変化を示すアナログ信号を、デジタル信号に変換する。A/D コンバータ 33 は、所定のサンプリング周期で、サンプリングを行い、アナログ信号をデジタル信号に変換する。

[0025] また、A/D コンバータ 33 には、電圧検出回路 16 での検出結果を示すアナログ信号が、前述のように直接的に入力されるとともに、電圧検出回路 16 での検出結果を示すアナログ信号が、バンドパスフィルタ 35 を通して入力される。バンドパスフィルタ 35 は、蓄電池 6 の電圧 (端子間電圧) V_d の時間変化を示すアナログ信号において、特定周波数範囲の電圧成分のみ

を抽出し、特定周波数範囲の範囲外の電圧成分を除去する。なお、特定周波数範囲には、 0 Hz は含まれず、ある一例では、特定周波数範囲は、 0.1 Hz 以上かつ 5000 Hz 以下の周波数範囲となる。このため、バンドパスフィルタ35によって、電圧検出回路16での検出結果を示すアナログ信号から、 0 Hz の電圧成分、すなわち、直流に起因する電圧成分が除去される。電圧 V_d の時間変化を示すアナログ信号において、直流に起因する電圧成分が除去されることにより、アナログ信号において、 0 V に対する電圧オフセットが減少し、変動の中心が 0 V に近づく。

[0026] 図3は、蓄電池6に電流の疑似ランダムパルス信号が入力電流 I_i として入力されている状態での蓄電池6の電圧（端子間電圧） V_d の時間変化を示すアナログ信号、及び、その電圧 V_d の時間変化を示すアナログ信号をバンドパスフィルタ35によって処理した後の電圧 V_m についてのアナログ信号の一例を示す。図3では、横軸に時間 t を示し、縦軸に電圧 V を示す。

[0027] 図3の一例では、電圧 V_d の時間変化を示すアナログ信号において、電圧 V_d は、電圧値 V_α を中心として変動し、 0 V に対して電圧値 V_α に相当する電圧オフセットを有する。一方、電圧 V_m の時間変化を示すアナログ信号では、電圧 V_m は、電圧値 V_α より 0 V に近い電圧値 V_β を中心として変動し、 0 V に対して電圧値 V_β に相当する電圧オフセットを有する。このため、電圧 V_m の時間変化を示すアナログ信号では、電圧 V_d の時間変化を示すアナログ信号に比べて、変動の中心が 0 V に近づき、 0 V に対する電圧オフセットが減少する。ある一例では、電圧 V_m の時間変化を示すアナログ信号において、電圧 V_d の時間変化を示すアナログ信号に比べて、蓄電池6の開回路電圧に相当する減少量だけ、 0 V に対する電圧オフセットが減少する。なお、電圧 V_m の時間変化を示すアナログ信号の変動の中心は、 0 V 又は 0 V に近い電圧値となる。このため、電圧 V_m は、蓄電池6の電圧（端子間電圧） V_d の変動電圧に相当する電圧成分となる。

[0028] A/Dコンバータ33は、バンドパスフィルタ35によって 0 V に対する電圧オフセットが減少した電圧 V_m のアナログ信号を、デジタル信号に変換

する。そして、A/Dコンバータ33によって変換された3種類のデジタル信号は、処理実行部21のデータ処理部26に入力される。このため、処理実行部21には、蓄電池6に入力される入力電流 I_i についてのデジタル信号、蓄電池6の電圧（端子間電圧） V_d についてのデジタル信号、及び、0Vに対する電圧オフセットを減少させた電圧 V_m についてのデジタル信号が、入力される。なお、蓄電池6に電流の疑似ランダムパルス信号が入力されている状態では、疑似ランダムパルス信号についてのデジタル信号が、蓄電池6への入力電流 I_i についてのデジタル信号として、処理実行部21に入力される。

[0029] ここで、電流の疑似ランダムパルス信号が入力電流 I_i として蓄電池6に入力されている状態において、疑似ランダムパルス信号についてのデジタル信号によって示されるデータを、電流時系列データ（第1の電流時系列データ） $I_{i1}(t)$ とし、蓄電池6の電圧（端子間電圧） V_d についてのデジタル信号によって示されるデータを、端子間電圧時系列データ $V_d(t)$ とし、0Vに対する電圧オフセットを減少させた電圧 V_m についてのデジタル信号によって示されるデータを、電圧時系列データ（第1の電圧時系列データ） $V_{m1}(t)$ とする。電流時系列データ $I_{i1}(t)$ は、入力電流 I_i として蓄電池6に入力される疑似ランダムパルス信号に基づくデータとなり、端子間電圧時系列データ $V_d(t)$ 及び電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ は、疑似ランダムパルス信号が蓄電池6に入力されている状態での蓄電池6の電圧の時間変化に基づくデータとなる。

[0030] 処理実行部（処理回路）21のデータ処理部26は、電流時系列データ $I_{i1}(t)$ 及び電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ を用いて、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性を計測する。したがって、蓄電池6に入力される電流の疑似ランダムパルス信号、及び、電流の疑似ランダムパルス信号が蓄電池6に入力されている状態での蓄電池6の電圧の時間変化に基づいて、蓄電池6のインピーダンス Z 、及び、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性が計測される。

[0031] 図4は、処理実行部21のデータ処理部26によって行われる、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性を計測する処理の一例を示す。図4の一例では、データ処理部26は、蓄電池6への入力電流 I_i である疑似ランダムパルス信号についての電流時系列データ $I_{i1}(t)$ を、高速フーリエ変換等によってフーリエ変換する(S101)。これにより、蓄電池6への入力電流 I_i である疑似ランダムパルス信号についての周波数特性を示す電流スペクトルデータ(第1の電流スペクトルデータ) $I_{i1}(f)$ が、算出される。また、データ処理部26は、疑似ランダムパルス信号が蓄電池に入力されている状態での電圧 V_m についての電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ を、高速フーリエ変換等によってフーリエ変換する(S102)。これにより、蓄電池6の変動電圧に相当する電圧成分である電圧 V_m についての周波数特性を示す電圧スペクトルデータ(第1の電圧スペクトルデータ) $V_{m1}(f)$ が、算出される。

[0032] 電流スペクトルデータ $I_{i1}(f)$ では、入力電流 I_i である疑似ランダムパルス信号について、計測対象となる計測周波数範囲に含まれる多数の周波数のそれぞれにおける電流成分が、示される。そして、電圧スペクトルデータ $V_{m1}(f)$ では、電圧 V_m について、計測対象となる計測周波数範囲に含まれる多数の周波数のそれぞれにおける電圧成分が、示される。電流スペクトルデータ $I_{i1}(f)$ 及び電圧スペクトルデータ $V_{m1}(f)$ での計測周波数範囲は、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性の計測においてインピーダンス Z を計測する計測周波数範囲に相当する。また、電流スペクトルデータ $I_{i1}(f)$ 及び電圧スペクトルデータ $V_{m1}(f)$ での計測周波数範囲は、バンドパスフィルタ35によって電圧成分が除去されない前述の特定周波数範囲の範囲内に、含まれる。

[0033] そして、データ処理部26は、電流スペクトルデータ $I_{i1}(f)$ 及び電圧スペクトルデータ $V_{m1}(f)$ を用いて演算を行い(S103)、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性を示すインピーダンススペクトルデータ(第1のインピーダンススペクトルデータ) $Z_{a1}(f)$ を、算出する。イ

インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ は、例えば、電圧スペクトルデータ $V_{m1}(f)$ を電流スペクトルデータ $I_{i1}(f)$ で除算することにより、算出される。インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ では、蓄電池 6 のインピーダンス Z について、前述の計測周波数範囲に含まれる多数の周波数のそれぞれにおけるインピーダンス成分が、示される。インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ においてインピーダンス成分が示される周波数では、電流スペクトルデータ $I_{i1}(f)$ において電流成分が示されるとともに、電圧スペクトルデータ $V_{m1}(f)$ において電圧成分が示される。

[0034] なお、蓄電池の電流についての電流時系列データ、及び、蓄電池の電圧についての電圧時系列データを用いて、蓄電池のインピーダンスについてのインピーダンススペクトルデータを算出する方法は、特許文献 3（日本国特開 2014-126532 号公報）に示される。実施形態等では、特許文献 3 と同様にして、蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性を示すインピーダンススペクトルデータを算出してもよい。この場合、データ処理部 26 は、電流スペクトルデータ $I_{i1}(f)$ の自己相関関数を算出するとともに、電流スペクトルデータ $I_{i1}(f)$ と電圧スペクトルデータ $V_{m1}(f)$ との相互相関関数を算出する。そして、データ処理部 26 は、算出した自己相関関数及び相互相関関数を用いて、蓄電池 6 のインピーダンス Z についてのインピーダンススペクトルデータを算出する。

[0035] 蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性について前述のようにして計測した計測データであるインピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ は、複素インピーダンスプロット（Cole-Cole プロット）で示すことが可能である。図 5 は、蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性についてのインピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ の一例を、複素インピーダンスプロットで示す。図 5 に示すように、複素インピーダンスプロットでは、横軸がインピーダンス Z の実数成分 Z_{re} を示し、縦軸がインピーダンス Z の虚数成分 $-Z_{im}$ を示す。そして、図 5 の一例では、計測周波数範囲に含ま

れる多数の周波数のそれぞれについて、蓄電池6のインピーダンス Z の実数成分及び虚数成分が示される。

[0036] 複素インピーダンスプロットでは、原点からの距離が、インピーダンス Z の絶対値（大きさ） $|Z|$ となる。また、複素インピーダンスプロットでは、実数軸の正側を0として、インピーダンス Z の位相 θ が規定される。このため、複素インピーダンスプロットで示すことが可能なインピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ では、周波数 f に対する蓄電池6のインピーダンス Z の絶対値 $|Z|$ の関係が示されるとともに、周波数 f に対する蓄電池6のインピーダンス Z の位相 θ の関係が示される。

[0037] 図6は、蓄電池6のインピーダンスの周波数特性についてのインピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ で示される、周波数 f に対する蓄電池6のインピーダンス Z の絶対値 $|Z|$ の関係の一例を示し、図7は、インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ で示される、周波数 f に対する蓄電池6のインピーダンス Z の位相 θ の関係の一例を示す。図6及び図7では、横軸が周波数 f を対数スケールで示す。そして、図6の縦軸が絶対値 $|Z|$ を示し、図7の縦軸が位相 θ を示す。図6に示すように、インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ では、計測周波数範囲に含まれる多数の周波数のそれぞれについて、蓄電池6のインピーダンス Z の絶対値 $|Z|$ が示される。そして、図7に示すように、インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ では、計測周波数範囲に含まれる多数の周波数のそれぞれについて、蓄電池6のインピーダンス Z の位相 θ が示される。

[0038] また、図4の一例では、データ処理部26は、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性の計測データであるインピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ に対して、平均化処理を行う（S104）。そして、インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ に対して平均化処理を行ったインピーダンススペクトルデータである平均化処理後データ（第1の平均化処理後データ） $Z_{b1}(f)$ が、生成される。なお、別のある一例では、S104の平均化処理は、行われなくてもよい。

[0039] 図8は、データ処理部26によって、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性の計測データであるインピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ に対して行われる、平均化処理の一例を説明する。図8では、横軸が周波数 f を対数スケールで示し、かつ、縦軸が蓄電池6のインピーダンス Z の絶対値 $|Z|$ を示すグラフを用いて、平均化処理について説明する。図8に示すように、データ処理部26による平均化処理によって、インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ において互いに対して周波数 f が近い複数のデータ点から、平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$ の1つのデータ点が、算出される。

[0040] 平均化処理によって生成された平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$ では、計測周波数範囲に含まれる複数の周波数のそれぞれについて、絶対値 $|Z|$ 及び位相 θ を含む蓄電池6のインピーダンス Z が示される。ただし、平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$ においてインピーダンス Z が示される周波数の数は、インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ においてインピーダンス Z が示される周波数の数に比べて、減少する。すなわち、平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$ において示されるデータ点の数は、インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ において示されるデータ点の数に比べて、減少する。

[0041] 平均化処理によって生成された平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$ では、複数のデータ点は、周波数 f の対数スケールにおいて等間隔になる。したがって、データ処理部26は、周波数 f の対数スケールにおいて処理後のデータ点が等間隔になる状態に、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性の計測データであるインピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ に対して、平均化処理を行う。また、平均化処理では、周波数 f が高くなるほど、平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$ の1つのデータ点の算出に用いられるインピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ のデータ点の数が、多い。すなわち、平均化処理の処理後のデータでは、周波数 f が高いデータ点ほど、平均化処理の処理前のデータの多くのデータ点を用いて算出される。

[0042] 図9は、処理実行部21のデータ処理部26によって行われる、蓄電池6

のインピーダンス Z の周波数特性を計測する処理の図4とは別の一例を示す。図9の一例でも、図4の一例と同様に、S101～S104の処理が行われる。このため、前述したように、電流時系列データ（第1の電流時系列データ） $I_{i1}(t)$ 及び電圧時系列データ（第1の電圧時系列データ） $V_{m1}(t)$ を用いて、インピーダンススペクトルデータ（第1のインピーダンススペクトルデータ） $Z_{a1}(f)$ が計測データとして算出され、平均化処理によって平均化処理後データ（第1の平均化処理後データ） $Z_{b1}(f)$ が算出される。

[0043] ただし、図9の一例では、データ処理部26は、蓄電池6への入力電流 I_i である疑似ランダムパルス信号についての電流時系列データ $I_{i1}(t)$ に対して、リサンプリングを行う（S105）。これにより、電流時系列データ $I_{i1}(t)$ をリサンプリングした電流時系列データ（第2の電流時系列データ） $I_{i2}(t)$ が、算出される。また、データ処理部26は、疑似ランダムパルス信号が蓄電池に入力されている状態での電圧 V_m についての電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ に対して、リサンプリングを行う（S106）。これにより、電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ をリサンプリングした電圧時系列データ（第2の電圧時系列データ） $V_{m2}(t)$ が、算出される。

[0044] 図10は、データ処理部26によって行われる、電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ のリサンプリングの一例を説明する。図10では、横軸が時間 t を示し、かつ、縦軸が電圧 V を示すグラフを用いて、リサンプリングについて説明する。また、図10では、前述したグラフにおいて、電圧 V_m の時間変化についてのアナログ信号 $V_{m3}(t)$ を、破線で示す。図10等によりに、電圧 V_m の時間変化についてのアナログ信号 $V_{m3}(t)$ では、変動の中心に対して高い側の領域及び低い側の領域のそれぞれに、ピークAが発生する。変動の中心に対して高い側の領域では、発生するピークAにおいて、他の部分に比べて、電圧 V_m が高く、変動の中心に対して低い側の領域では、発生するピークAにおいて、他の部分に比べて、電圧 V_m が低い。なお、図10では、アナログ信号 $V_{m3}(t)$ の変動の中心は、中心線C0で示す

。

[0045] A/Dコンバータ33は、アナログ信号 $V_{m3}(t)$ を所定のサンプリング周期でサンプリングすることにより、時間 t に対する電圧 V_m の関係がデータ点 ε で示されるデジタル信号として、電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ を生成する。電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ で示されるデータ点 ε には、アナログ信号 $V_{m3}(t)$ においてピークAが発生する時間範囲に存在するデータ点 ε_a が、含まれる。電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ に対するリサンプリングでは、データ処理部26は、電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ で示されるデータ点 ε から、ピークAが発生する時間範囲に存在するデータ点 ε_a を削除する。そして、データ処理部26は、削除したデータ点 ε_a 以外のデータ点 ε に対して平均化処理を行う。すなわち、データ処理部26は、アナログ信号 $V_{m3}(t)$ においてピークAが発生する時間範囲の範囲外に存在するデータ点 ε に対して平均化処理を行うことにより、電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ をリサンプリングする。

[0046] 前述のようにして電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ に対してリサンプリングすることにより、リサンプリングが行われた電圧時系列データ $V_{m2}(t)$ では、時間 t に対する電圧 V_m の関係が、データ点 η で示される。リサンプリングされた後の電圧時系列データ $V_{m2}(t)$ におけるデータ点 η の数は、リサンプリングされる前の電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ におけるデータ点 ε の数に比べて、減少する。また、リサンプリングにおいて行われる平均化処理においてデータ点 ε_a 用いられないため、リサンプリングされた後の電圧時系列データ $V_{m2}(t)$ では、電圧 V_m の時間変化についてのアナログ信号 $V_{m3}(t)$ において発生するピークAの影響が、除去される。

[0047] 蓄電池6への入力電流 I_i となる疑似ランダムパルス信号についてのアナログ信号でも、アナログ信号 $V_{m3}(t)$ と同様に、変動の中心に対して高い側の領域及び低い側の領域のそれぞれに、ピークが発生する。そして、A/Dコンバータ33は、疑似ランダムパルス信号についてのアナログ信号を所定のサンプリング周期でサンプリングすることにより、時間 t に対する入

力電流 I_i の関係がデータ点で示されるデジタル信号として、電流時系列データ $I_{i1}(t)$ を生成する。電流時系列データ $I_{i1}(t)$ で示されるデータ点には、疑似ランダムパルス信号についてのアナログ信号においてピークが発生する時間範囲に存在するデータ点が、含まれる。

[0048] 電流時系列データ $I_{i1}(t)$ に対するリサンプリングも、電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ に対するリサンプリングと同様にして、行われる。すなわち、電流時系列データ $I_{i1}(t)$ に対するリサンプリングでは、データ処理部 26 は、電流時系列データ $I_{i1}(t)$ で示されるデータ点から、前述したピークが発生する時間範囲に存在するデータ点を削除する。そして、データ処理部 26 は、削除したデータ点以外のデータ点に対して平均化処理を行う。すなわち、データ処理部 26 は、疑似ランダムパルス信号についてのアナログ信号においてピークが発生する時間範囲の範囲外に存在するデータ点に対して平均化処理を行うことにより、電流時系列データ $I_{i1}(t)$ をリサンプリングする。

[0049] 前述のようにして電流時系列データ $I_{i1}(t)$ に対してリサンプリングすることにより、リサンプリングされた後の電流時系列データ $I_{i2}(t)$ におけるデータ点の数は、リサンプリングされる前の電流時系列データ $I_{i1}(t)$ におけるデータ点の数に比べて、減少する。また、リサンプリングされた後の電流時系列データ $I_{i2}(t)$ では、疑似ランダムパルス信号についてのアナログ信号において発生するピークの影響が、除去される。

[0050] 前述のように、図 9 の一例では、データ処理部 26 は、電流の疑似ランダムパルス信号が蓄電池 6 に入力されている状態において、疑似ランダムパルス信号に基づいた電流時系列データ $I_{i1}(t)$ 、及び、蓄電池 6 の電圧の時間変化に基づいた電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ のそれぞれに対して、データ点が減少する状態にリサンプリングを行う。この際、蓄電池 6 への入力電流 I_i についてのアナログ信号において発生するピークの影響がリサンプリングによって除去される状態に、電流時系列データ $I_{i1}(t)$ に対してリサンプリングが行われ、蓄電池 6 に関連する電圧 V_m についてのアナログ

信号において発生するピークAの影響がリサンプリングによって除去される状態に、電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ に対してリサンプリングが行われる。

[0051] また、図9の一例では、データ処理部26は、電流時系列データ $I_{i1}(t)$ を前述のようにリサンプリングした電流時系列データ（第2の電流時系列データ） $I_{i2}(t)$ を、高速フーリエ変換等によってフーリエ変換する（S107）。この際、S101での電流時系列データ（第1の電流時系列データ） $I_{i1}(t)$ のフーリエ変換と同様にして、電流時系列データ $I_{i2}(t)$ をフーリエ変換する。これにより、蓄電池6への入力電流 I_i である疑似ランダムパルス信号についての周波数特性を示す電流スペクトルデータ（第2の電流スペクトルデータ） $I_{i2}(f)$ が、電流スペクトルデータ $I_{i1}(f)$ とは別に、算出される。

[0052] また、データ処理部26は、電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ を前述のようにリサンプリングした電圧時系列データ（第2の電圧時系列データ） $V_{m2}(t)$ を、高速フーリエ変換等によってフーリエ変換する（S108）。この際、S102での電圧時系列データ（第1の電圧時系列データ） $V_{m1}(t)$ のフーリエ変換と同様にして、電圧時系列データ $V_{m2}(t)$ をフーリエ変換する。これにより、蓄電池6の変動電圧に相当する電圧成分である電圧 V_m についての周波数特性を示す電圧スペクトルデータ（第2の電圧スペクトルデータ） $V_{m2}(f)$ が、電圧スペクトルデータ $V_{m1}(f)$ とは別に、算出される。

[0053] そして、データ処理部26は、電流スペクトルデータ $I_{i2}(f)$ 及び電圧スペクトルデータ $V_{m2}(f)$ を用いて演算を行う（S109）。この際、S103と同様の演算が行われる。電流スペクトルデータ $I_{i2}(f)$ 及び電圧スペクトルデータ $V_{m2}(f)$ を用いた演算によって、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性を示すインピーダンススペクトルデータ（第2のインピーダンススペクトルデータ） $Z_{a2}(f)$ が、インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ とは別に、算出される。インピーダンススペクトル

ルデータ $Z_{a2}(f)$ は、例えば、電圧スペクトルデータ $V_{m2}(f)$ を電流スペクトルデータ $I_{i2}(f)$ で除算することにより、算出される。インピーダンススペクトルデータ $Z_{a2}(f)$ でも、インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ と同様に、蓄電池 6 のインピーダンス Z について、前述の計測周波数範囲に含まれる多数の周波数のそれぞれにおけるインピーダンス成分が、示される。

[0054] また、図 9 の一例では、データ処理部 26 は、蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性の計測データであるインピーダンススペクトルデータ $Z_{a2}(f)$ に対して、平均化処理を行う (S110)。この際、S104 のインピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ に対する平均化処理と同様にして、インピーダンススペクトルデータ $Z_{a2}(f)$ に対して平均化処理が行われる。このため、データ処理部 26 は、周波数 f の対数スケールにおいて処理後のデータ点が等間隔になる状態に、蓄電池 6 のインピーダンスの周波数特性の計測データであるインピーダンススペクトルデータ $Z_{a2}(f)$ に対して、平均化処理を行う。インピーダンススペクトルデータ $Z_{a2}(f)$ に対する平均化処理によって、平均化処理を行ったインピーダンススペクトルデータである平均化処理後データ (第 2 の平均化処理後データ) $Z_{b2}(f)$ が、平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$ とは別に、生成される。

[0055] また、図 9 の一例では、データ処理部 26 は、前述のようにして算出された平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$, $Z_{b2}(f)$ に対して、データ選択処理を行う (S111)。平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$, $Z_{b2}(f)$ に対するデータ選択処理によって、蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性についての最終的なインピーダンススペクトルデータとして、選択処理後データ $Z_0(f)$ が算出される。

[0056] 図 11 は、データ処理部 26 によって 2 つの平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$, $Z_{b2}(f)$ に対して行われる、データ選択処理の一例を説明する。図 11 では、横軸が周波数 f を対数スケールで示し、かつ、縦軸が蓄電池 6 のインピーダンス Z の絶対値 $|Z|$ を示すグラフを用いて、データ選択処理

について説明する。また、図 11 では、平均化処理後データ（第 1 の平均化処理後データ） $Z_{b1}(f)$ でのデータ点 γ_1 を黒塗りの丸で示し、平均化処理後データ（第 2 の平均化処理後データ） $Z_{b2}(f)$ でのデータ点 γ_2 を白抜きの三角で示す。図 11 に示すように、データ処理部 26 によるデータ選択処理では、基準周波数 f_{ref} が規定される。基準周波数 f_{ref} は、蓄電池 6 のインピーダンス Z の計測対象となる計測周波数範囲に含まれる。

[0057] また、図 11 の一例では、インピーダンス Z の計測周波数範囲に含まれる周波数範囲 Δf_a において、平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$ でのデータ点 γ_1 及び平均化処理後データ $Z_{b2}(f)$ でのデータ点 γ_2 が、互いに対してずれていない、又は、ほとんどずれていない。一方、インピーダンス Z の計測周波数範囲においても、周波数範囲 Δf_a に対して高い周波数領域及び低い周波数領域では、データ点 γ_1 、 γ_2 が、互いに対してずれる。基準周波数 f_{ref} は、周波数範囲 Δf_a に含まれる。ある一例では、 0.1 Hz 以上かつ 5000 Hz 以下の範囲がインピーダンス Z を計測する計測周波数範囲となり、基準周波数 f_{ref} は、 2 Hz に設定される。

[0058] データ選択処理では、データ処理部 26 は、基準周波数 f_{ref} 以上の周波数については、平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$ で示されるインピーダンスを、蓄電池 6 のインピーダンス Z として算出する。一方、データ処理部 26 は、基準周波数 f_{ref} より低い周波数については、平均化処理後データ $Z_{b2}(f)$ で示されるインピーダンスを、蓄電池 6 のインピーダンス Z として算出する。このため、蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性についての最終的な計測データである選択処理後データ $Z_0(f)$ では、基準周波数 f_{ref} 以上の周波数でのインピーダンス Z については、平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$ のデータ点 γ_1 が採用され、基準周波数 f_{ref} より低い周波数でのインピーダンス Z については、平均化処理後データ $Z_{b2}(f)$ のデータ点 γ_2 が採用される。

[0059] 図 9 の一例では、前述のように、 $S101 \sim S104$ の処理に加えて、 S

105～S111の処理が、データ処理部26によって行われる。このため、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性の計測において、データ処理部26は、基準周波数 f_{ref} 以上の周波数については、電流時系列データ（第1の電流時系列データ） $I_{i1}(t)$ 及び電圧時系列データ（第1の電圧時系列データ） $V_{m1}(t)$ に基づいて、蓄電池6のインピーダンス Z を算出する。そして、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性の計測において、データ処理部26は、基準周波数 f_{ref} より低い周波数については、電流時系列データ $I_{i1}(t)$ をリサンプリングした電流時系列データ（第2の電流時系列データ） $I_{i2}(t)$ 及び電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ をリサンプリングした電圧時系列データ（第2の電圧時系列データ） $V_{m2}(t)$ に基づいて、蓄電池6のインピーダンス Z を算出する。

[0060] データ処理部26は、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性の計測結果であるインピーダンススペクトルデータを用いて、蓄電池6の劣化状態等を含む蓄電池6の状態について判定する。図4の一例では、インピーダンススペクトルデータとして平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$ を用いて、蓄電池6の状態について判定され、図9の一例では、インピーダンススペクトルデータとして選択処理後データ $Z_0(f)$ を用いて、蓄電池6の状態について判定される。

[0061] 蓄電池6の状態の判定では、データ処理部26は、計測されたインピーダンススペクトルデータ、及び、記憶部22に記憶される蓄電池6の等価回路モデルを用いて、蓄電池6のオーミック抵抗、及び、蓄電池6の正極及び負極の電荷移動抵抗等の蓄電池6の抵抗成分を算出する。蓄電池6の等価回路モデルで示される等価回路では、蓄電池6のインピーダンス成分に対応する回路定数（電気特性パラメータ）が、設定される。そして、蓄電池6の等価回路モデルでは、回路定数から蓄電池6のインピーダンス Z を算出する演算式等が、示される。等価回路モデルで示される前述の演算式としては、例えば、回路定数及び周波数等を用いて蓄電池6のインピーダンス Z の実数成分及び虚数成分のそれぞれを算出する式が、挙げられる。

[0062] データ処理部26は、蓄電池6の抵抗成分の算出では、前述した等価回路を含む等価回路モデル、及び、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性についての計測結果であるインピーダンススペクトルデータを用いて、フィッティング計算を行う。この際、蓄電池6の等価回路の回路定数を変数としてフィッティング計算を行い、変数となる回路定数（電気特性パラメータ）を算出する。また、フィッティング計算では、例えば、インピーダンス Z を計測した周波数のそれぞれにおいて、等価回路モデルで示される演算式を用いたインピーダンス Z の算出結果とインピーダンス Z の計測結果との差が可能な限り小さくなる状態に、変数となる回路定数の値を決定する。

[0063] データ処理部26は、前述のようにフィッティング計算によって等価回路の回路定数を算出することにより、算出した回路定数の値に基づいて、蓄電池6の抵抗成分を算出する。なお、蓄電池の等価回路及び等価回路において設定される回路定数は、特許文献4（日本国特開2017-106889号公報）に示される。また、蓄電池のインピーダンスの周波数特性についての計測結果、及び、蓄電池の等価回路モデルを用いてフィッティング計算を行い、等価回路の回路定数及び蓄電池の抵抗成分を算出する方法等も、特許文献4に示される。

[0064] 蓄電池6の状態についての判定では、蓄電池6が複数の対象SOCのそれぞれになる状態で、前述のようにして蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性を計測する。そして、データ処理部26は、複数の対象SOCのそれぞれについて、インピーダンス Z の周波数特性の計測結果であるインピーダンススペクトルデータに基づいて、蓄電池6の抵抗成分等を算出する。

[0065] 図12は、蓄電池6の状態についての判定において、入力電流調整部25及びデータ処理部26を含む処理実行部21によって行われる処理の一例を示す。図12の一例の処理は、充電装置2によって蓄電池6が充電されている状態において、行われる。また、図12の一例では、対象数 n （ n は2以上の自然数）の対象SOC $\xi_1 \sim \xi_n$ のそれぞれについて、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性が、計測される。処理実行部21は、蓄電池6の

状態についての判定を行う前に、インピーダンス Z の周波数特性を計測する対象SOC $\xi_1 \sim \xi_n$ を決定する。

[0066] 対象SOC $\xi_1 \sim \xi_n$ の決定において、処理実行部21は、蓄電池6のリアルタイムの開回路電圧(OCV)を計測し、開回路電圧の計測結果、及び、記憶部22に記憶される開回路電圧とSOCとの関係に基づいて、蓄電池6のリアルタイムのSOCを推定する。そして、処理実行部21は、推定したリアルタイムのSOCに基づいて、リアルタイムのSOCより高い対象数 n のSOCを、対象SOC $\xi_1 \sim \xi_n$ として決定する。なお、決定された対象SOC $\xi_1 \sim \xi_n$ は、SOCが低い順に対象SOC $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots, \xi_n$ とする。したがって、対象SOC $\xi_1 \sim \xi_n$ の中では、対象SOC ξ_1 で最もSOCが低く、対象SOC ξ_n で最もSOCが高い。なお、ある一例では、処理実行部21は、充電装置2又は蓄電装置3から蓄電池6のSOCに関する情報を受信してもよい。

[0067] 図12の一例の処理を開始すると、処理実行部21は、電源回路11から出力されている充電電流 I_c の充電レートについての指令を充電装置2の制御部12に送信する(S121)。この際、充電装置2の制御部12は、指令に対応する充電レートで、電源回路11から充電電流 I_c を出力させ、蓄電池6を充電する。そして、処理実行部21は、蓄電池6のSOCが対象SOC ξ_1 に到達した否かを判定する(S122)。SOCが対象SOC ξ_1 に到達していない場合は(S122-No)、処理はS121に戻り、処理実行部21は、S121以降の処理を順次に行う。このため、SOCが対象SOC ξ_1 に到達するまで、蓄電池6の充電が継続される。

[0068] 処理実行部21は、蓄電池6の電圧(端子間電圧) V_d について端子間電圧時系列データ $V_d(t)$ に基づいて、蓄電池6の電圧 V_d として蓄電池6のリアルタイムの閉回路電圧(CCV)を計測する。そして、処理実行部21は、閉回路電圧の計測結果、蓄電池6への入力電流 I_i の計測結果、及び、蓄電池6の抵抗成分を用いて、蓄電池6のリアルタイムの開回路電圧を算出する。この際、蓄電池6の状態についての過去の判定におけるインピーダ

ンス Z の周波数特性の計測結果、及び、抵抗成分の算出結果等に基づいて、演算に用いる蓄電池6の抵抗成分の抵抗値等が、算出される。そして、処理実行部21は、算出した蓄電池6の開回路電圧、及び、記憶部22に記憶される蓄電池6の開回路電圧とSOCとの関係に基づいて、蓄電池6のリアルタイムのSOCを推定し、推定したリアルタイムのSOCが対象SOC ξ 1に到達したか否かを判定する。なお、ある一例では、処理実行部21は、蓄電池6の開回路電圧等に基づいて蓄電池6のリアルタイムのSOCを推定する代わりに、いわゆる電流積算法によって蓄電池6のリアルタイムのSOCを推定してもよい。また、別のある一例では、処理実行部21は、充電装置2又は蓄電装置3から蓄電池6のSOCに関する情報を受信し、受信した情報に基づいて蓄電池6のリアルタイムのSOCを推定してもよい。

[0069] SOCが対象SOC ξ 1に到達すると(S122-Yes)、処理実行部21の入力電流調整部25は、駆動回路31の駆動を制御することにより、疑似ランダムパルス信号を発生させ、発生させた疑似ランダムパルス信号を入力電流 I_i として、蓄電池6に入力する。そして、入力電流調整部25は、駆動回路31の駆動を制御することにより、インピーダンス Z を計測する計測周波数範囲が第1の計測周波数範囲となる状態に、蓄電池6へ入力される疑似ランダムパルス信号を調整する(S123)。第1の計測周波数範囲は、比較的広い周波数範囲に設定され、例えば、0.1Hz以上かつ5000Hz以下の周波数範囲が、第1の周波数範囲として設定される。

[0070] ここで、入力電流調整部25は、蓄電池6に入力される疑似ランダムパルス信号の信号長 Y 、疑似ランダムパルス信号に含まれるパルス p のいずれか1つ以上のパルス幅 w 、及び、疑似ランダムパルス信号に含まれるパルス p の数のいずれかを調整することにより、蓄電池6のインピーダンス Z を計測する計測周波数範囲を調整する。ある一例では、入力電流調整部25は、疑似ランダムパルス信号に含まれる全てパルス p のパルス幅 w を一律の割合で変更することにより、インピーダンス Z を計測する計測周波数範囲を変更する。別のある一例では、入力電流調整部25は、疑似ランダムパルス信号に

含まれるパルス p の数を変更することにより、インピーダンス Z を計測する計測周波数範囲を変更する。疑似ランダムパルス信号を蓄電池 6 に入力することによって前述のようにして蓄電池 6 のインピーダンスを計測する場合、疑似ランダムパルス信号の信号長 Y の逆数 ($1/Y$) が、計測周波数範囲の下限周波数に相当する。また、前述したように、疑似ランダムパルス信号のパルス p の中でパルス幅 w が最も小さいパルス p_{min} を規定し、パルス p_{min} のパルス幅 w_{min} を規定する。疑似ランダムパルス信号を蓄電池 6 に入力することによって前述のようにして蓄電池 6 のインピーダンスを計測する場合、パルス p_{min} のパルス幅 w_{min} の逆数の半分値 ($1/(2 \cdot w_{min})$) が、計測周波数範囲の上限周波数に相当する。

[0071] そして、入力電流調整部 25 は、疑似ランダムパルス信号の信号長 Y が基準信号長 Y_{ref} より長いかな否かを判定する (S124)。信号長 Y が基準信号長 Y_{ref} より長い場合は (S124-Yes)、入力電流調整部 25 は、充電装置 2 の制御部 12 に指令を送信等することにより、電源回路 11 から出力されている充電電流 I_c の充電レートを、リアルタイムから減少させる (S125)。そして、入力電流調整部 25 は、充電電流 I_c の充電レートを減少させた状態において、前述のようにして疑似ランダムパルス信号を蓄電池 6 に入力する。

[0072] そして、疑似ランダムパルス信号が蓄電池 6 に入力されている状態において、データ処理部 26 は、前述のようにして蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性を計測する (S126)。これにより、対象 SOC ξ_1 での蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性の計測結果として、図 4 の一例の平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$ 及び図 9 の一例の選択処理後データ $Z_0(f)$ 等のインピーダンススペクトルデータが取得される。また、データ処理部 26 は、インピーダンス Z の周波数特性の計測結果であるインピーダンススペクトルデータに基づいて、前述のようにして蓄電池 6 の抵抗成分を算出する。疑似ランダムパルス信号の信号長 Y が基準信号長 Y_{ref} 以下の場合は (S124-No)、S125 の処理を行うことなく、S126 の処理が行わ

れる。すなわち、充電電流 I_c の充電レートを減少させることなく、蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性が計測され、蓄電池 6 の抵抗成分等が算出される。

[0073] データ処理部 26 は、対象 SOC ξ_1 での蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性の計測結果であるインピーダンススペクトルデータに基づいて、蓄電池 6 のインピーダンス Z についての特徴周波数を決定する (S127)。インピーダンス Z についての特徴周波数には、例えば、頂点周波数が含まれる。ここで、図 5 等を示すインピーダンス Z の複素インピーダンスプロットにおけるインピーダンス軌跡では、上側（虚数成分の負側）に凸となる部分が形成される。そして、インピーダンス軌跡において上側に凸となる部分の頂点における周波数、すなわち、インピーダンス軌跡においてインピーダンス Z の虚数成分が極小となる周波数が、頂点周波数となる。図 5 の一例では、データ点 X_{top} における周波数が、頂点周波数となる。

[0074] また、図 12 の一例の処理では、設定パラメータ j が規定される。設定パラメータ j は、2 以上かつ n 以下の自然数のいずれか 1 つに設定可能である。頂点周波数等の特徴周波数を決定すると、処理実行部 21 は、設定パラメータ j を 2 に設定する (S128)。そして、処理実行部 21 は、充電電流 I_c の充電レートについての指令を充電装置 2 の制御部 12 に送信し (S129)、充電装置 2 の制御部 12 は、指令に対応する充電レートで蓄電池 6 を充電する。この際、駆動回路 31 による疑似ランダムパルス信号の発生は停止され、電源回路 11 からの充電電流 I_c の全てが、入力電流 I_i として蓄電池 6 に入力される。そして、処理実行部 21 は、蓄電池 6 の SOC が対象 SOC ξ_j に到達した否かを判定する (S130)。SOC が対象 SOC ξ_j に到達していない場合は (S130-No)、処理は S129 に戻り、処理実行部 21 は、S129 以降の処理を順次に行う。このため、SOC が対象 SOC ξ_j に到達するまで、蓄電池 6 の充電が継続される。

[0075] 蓄電池 6 の SOC が対象 SOC ξ_j に到達した否かを判定では、S122 での蓄電池 6 の SOC が対象 SOC ξ_1 に到達した否かを判定と同様に、処

理実行部 21 は、閉回路電圧の計測結果、蓄電池 6 への入力電流 I_i の計測結果、及び、蓄電池 6 の抵抗成分を用いて、蓄電池 6 のリアルタイムの開回路電圧を算出する。この際、対象 SOC ξ_1 又は対象 SOC ξ_{j-1} でのインピーダンス Z の周波数特性の計測結果、及び、抵抗成分の算出結果等に基づいて、演算に用いる蓄電池 6 の抵抗成分の抵抗値等が、算出される。そして、処理実行部 21 は、算出した蓄電池 6 の開回路電圧、及び、記憶部 22 に記憶される蓄電池 6 の開回路電圧と SOC との関係に基づいて、蓄電池 6 のリアルタイムの SOC を推定し、推定したリアルタイムの SOC が対象 SOC ξ_j に到達したか否かを判定する。なお、ある一例では、処理実行部 21 は、蓄電池 6 の開回路電圧等に基づいて蓄電池 6 のリアルタイムの SOC を推定する代わりに、いわゆる電流積算法によって蓄電池 6 のリアルタイムの SOC を推定してもよい。また、別の一例では、処理実行部 21 は、充電装置 2 又は蓄電装置 3 から蓄電池 6 の SOC に関する情報を受信し、受信した情報に基づいて蓄電池 6 のリアルタイムの SOC を推定してもよい。

[0076] SOC が対象 SOC ξ_j に到達すると (S130-Yes)、処理実行部 21 の入力電流調整部 25 は、駆動回路 31 の駆動を制御することにより、疑似ランダムパルス信号を発生させ、発生させた疑似ランダムパルス信号を入力電流 I_i として、蓄電池 6 に入力する。そして、入力電流調整部 25 は、駆動回路 31 の駆動を制御することにより、インピーダンス Z を計測する計測周波数範囲が第 2 の計測周波数範囲となる状態に、蓄電池 6 へ入力される疑似ランダムパルス信号を調整する (S131)。入力電流調整部 25 は、前述したように、蓄電池 6 に入力される疑似ランダムパルス信号の信号長 Y 、及び、疑似ランダムパルス信号に含まれるパルス p のいずれか 1 つ以上のパルス幅 w を調整することにより、蓄電池 6 のインピーダンス Z を計測する計測周波数範囲を調整する。

[0077] ここで、第 2 の計測周波数範囲は、第 1 の計測周波数範囲に比べて、狭く設定される。ただし、第 2 の計測周波数範囲には、S127において決定された特徴周波数が含まれる。ある一例では、第 2 の周波数範囲は、特徴周波

数である頂点周波数及びその近傍の比較的狭い周波数範囲に設定される。したがって、処理実行部 21 の入力電流調整部 25 は、特徴周波数を決定した後の蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性の計測において、蓄電池 6 のインピーダンス Z を計測する計測周波数範囲に特徴周波数が含まれることを条件として、特徴周波数を決定する前に比べて、計測周波数範囲を縮小する。

[0078] そして、入力電流調整部 25 は、疑似ランダムパルス信号の信号長 Y が基準信号長 Y_{ref} より長いかな否かを判定する (S132)。信号長 Y が基準信号長 Y_{ref} より長い場合は (S132-Yes)、入力電流調整部 25 は、充電装置 2 の制御部 12 に指令を送信等することにより、電源回路 11 から出力されている充電電流 I_c の充電レートを、リアルタイムから減少させる (S133)。そして、入力電流調整部 25 は、充電電流 I_c の充電レートを減少させた状態において、前述のようにして疑似ランダムパルス信号を蓄電池 6 に入力する。

[0079] そして、疑似ランダムパルス信号が蓄電池 6 に入力されている状態において、データ処理部 26 は、前述のようにして蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性を計測する (S134)。これにより、対象 SOC ξ_j での蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性の計測結果として、インピーダンススペクトルデータが取得される。また、データ処理部 26 は、インピーダンス Z の周波数特性の計測結果であるインピーダンススペクトルデータに基づいて、前述のようにして蓄電池 6 の抵抗成分を算出する。疑似ランダムパルス信号の信号長 Y が基準信号長 Y_{ref} 以下の場合は (S132-No)、S133 の処理を行うことなく、S134 の処理が行われる。すなわち、充電電流 I_c の充電レートを減少させることなく、蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性が計測され、蓄電池 6 の抵抗成分等が算出される。

[0080] 前述のように対象 SOC ξ_j での蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性を計測すると、処理実行部 21 は、駆動回路 31 による疑似ランダムパルス信号の発生を停止させる。そして、処理実行部 21 は、対象 SOC $\xi_2 \sim$

ξn の全てでインピーダンス Z の周波数特性の計測が終了したか否かを判定する（S135）。対象SOC $\xi 2 \sim \xi n$ の全てでインピーダンス Z の周波数特性の計測された場合は（S135-Yes）、図12の一例の処理、すなわち、蓄電池6の状態の判定において行われる処理が、終了する。

[0081] 一方、対象SOC $\xi 2 \sim \xi n$ のいずれか1つ以上でインピーダンス Z の周波数特性の計測されていない場合は（S135-No）、処理実行部21は、設定パラメータ j を1だけ加算する（S136）。そして、処理はS129に戻り、S129以降の処理が順次に行われる。したがって、対象SOC $\xi 2 \sim \xi n$ の全てでインピーダンス Z の周波数特性の計測されるまで、S129～S136の処理が繰返し行われる。なお、S129～S136の処理が繰返し行われることにより、対象SOC $\xi 2 \sim \xi n$ について、SOCが低い順に、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性が計測され、蓄電池6の抵抗成分が算出される。

[0082] 前述のように本実施形態では、蓄電池6に入力される電流の疑似ランダムパルス信号、及び、電流の疑似ランダムパルス信号が蓄電池6に入力されている状態での蓄電池6の電圧 V_d の時間変化に基づいて、蓄電池6のインピーダンス Z を計測する。疑似ランダムパルス信号を入力電流 I_i として蓄電池6に入力するため、電流値が周期的に変化する電流信号を多数の周波数のそれぞれで蓄電池6に入力することによりインピーダンス Z の周波数特性を計測する場合等に比べて、蓄電池6に入力する電流信号を容易な構成で発生可能となる。このため、容易な構成で蓄電池6のインピーダンス Z を計測可能になる。また、疑似ランダムパルス信号を入力電流 I_i として蓄電池6に入力するため、電流値が周期的に変化する電流信号を多数の周波数のそれぞれで蓄電池6に入力することによりインピーダンス Z の周波数特性を計測する場合等に比べて、短時間で蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性を計測可能となる。

[0083] また、本実施形態では、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性の計測において、ゼロより大きい第1の電流値（例えば $I_\alpha - I_\beta$ ）と第1の電流

値より大きい第2の電流値（例えば I_{α} ）との間で変化する電流の疑似ランダムパルス信号が、蓄電池6に入力される。このため、疑似ランダムパルス信号を蓄電池6に入力することにより、蓄電池6の充電と並行して蓄電池6のインピーダンス Z を計測可能になる。これにより、蓄電池6の充電及びインピーダンス Z の計測における利便性が、向上する。

[0084] また、本実施形態では、充電装置2の電源回路11から蓄電池6に出力された充電電流 I_c を分流させることにより、インピーダンス Z の計測において蓄電池6に入力する疑似ランダムパルス信号が、発生する。このため、容易な構成で充電電流 I_c から疑似ランダムパルス信号を生成可能となり、駆動回路31等の充電電流 I_c から疑似ランダムパルス信号を発生される構成を、小型化することが可能となる。また、充電電流 I_c を分流することにより疑似ランダムパルス信号が生成されるため、蓄電池6の充電と並行して蓄電池6のインピーダンス Z を計測が適切に行われる。また、疑似ランダムパルス信号は、ノイズに対する耐性が高い。このため、充電電流 I_c を分流することによって疑似ランダムパルス信号を発生させても、発生させた疑似ランダムパルス信号を蓄電池6に入力することにより、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性を適切に計測可能となる。

[0085] また、本実施形態では、蓄電池6の電圧 V_d の時間変化を示すアナログ信号において、バンドパスフィルタ35によって特定周波数範囲の範囲外の電圧成分が除去することにより、0Vに対する電圧オフセットを減少させる。このため、0Vに対する電圧オフセットを減少させた電圧 V_m の時間変化が、A/Dコンバータ33によって、高い分解能で計測される。また、特定周波数範囲の範囲外の電圧成分が除去されることにより、電圧 V_m の時間変化を示すアナログ信号では、ノイズの影響が低減され、S/Nが高くなる。したがって、A/Dコンバータ33では、電圧 V_m についての時間変化を示す電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ が、高い精度で計測される。そして、高い精度で計測された電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ を用いて蓄電池6のインピーダンス Z を算出することにより、インピーダンス Z の周波数特性の計測にお

ける精度が向上する。

[0086] また、本実施形態のある一例では、周波数 f の対数スケールにおいて処理後のデータ点が等間隔になる状態に、蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性の計測データであるインピーダンススペクトルデータに対して、前述のようにして平均化処理が行われる。例えば、図 4 の一例では、インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ に対して平均化処理が行われ、図 9 の一例では、インピーダンススペクトルデータ $Z_{a1}(f)$ 、 $Z_{a2}(f)$ のそれぞれに対して平均化処理が行われる。前述のような平均化処理が行われることにより、平均化処理が行われたインピーダンススペクトルデータ（例えば、平均化処理後データ $Z_{b1}(f)$ 、 $Z_{b2}(f)$ ）では、ノイズの影響がさらに低減される。特に、平均化処理が行われたインピーダンススペクトルデータでは、高い周波数領域において、インピーダンス Z へのノイズの影響が低減される。平均化処理によってノイズの影響が低減されたインピーダンススペクトルデータに基づいて解析を行うことにより、蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性の解析における精度が、さらに向上する。

[0087] また、本実施形態のある一例では、前述のようにして、疑似ランダムパルス信号に基づいた電流時系列データ（第 1 の電流時系列データ） $I_{i1}(t)$ 、及び、蓄電池 6 の電圧 V_d の時間変化に基づいた電圧時系列データ（第 1 の電圧時系列データ） $V_{m1}(t)$ のそれぞれに対して、アナログ信号において発生するピークの影響が除去され、かつ、データ点が減少する状態に、リサンプリングが行われる。そして、基準周波数 f_{ref} 以上の周波数については、電流時系列データ $I_{i1}(t)$ 及び電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ に基づいて蓄電池 6 のインピーダンス Z が算出され、基準周波数 f_{ref} より低い周波数については、電流時系列データ $I_{i1}(t)$ をリサンプリングした電流時系列データ（第 2 の電流時系列データ） $I_{i2}(t)$ 及び電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ をリサンプリングした電圧時系列データ（第 2 の電圧時系列データ） $V_{m2}(t)$ に基づいて、蓄電池 6 のインピーダンス Z が算出される。前述のようにして複数の周波数のそれぞれにおける蓄電池 6

のインピーダンス Z を算出することにより、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性がさらに正確に算出される。

[0088] 実際に、高い周波数領域では、リサンプリングを行う前の電流時系列データ $I_{i1}(t)$ 及び電圧時系列データ $V_{m1}(t)$ に基づいて算出したインピーダンス Z が、電流値が周期的に変化する電流信号を多数の周波数のそれぞれで蓄電池6に入力することによりインピーダンス Z の周波数特性を計測した場合と、一致する傾向となった。一方、低い周波数領域では、リサンプリングを行った後の電流時系列データ $I_{i2}(t)$ 及び電圧時系列データ $V_{m2}(t)$ に基づいて算出したインピーダンス Z が、電流値が周期的に変化する電流信号を多数の周波数のそれぞれで蓄電池6に入力することによりインピーダンス Z の周波数特性を計測した場合と、一致する傾向となった。このため、図9等の一例と同様にして蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性を解析することにより、解析における精度がさらに向上する。

[0089] また、本実施形態のある一例では、複数の対象SOC $\xi_1 \sim \xi_n$ のそれぞれで、蓄電池6のインピーダンス Z の周波数特性を、疑似ランダムパルス信号を用いて計測する。そして、対象SOC ξ_1 でのインピーダンス Z の周波数特性の計測結果にも基づいて、インピーダンス Z についての特徴周波数が決定される。そして、特徴周波数を決定した後の対象SOC $\xi_2 \sim \xi_n$ のそれぞれでのインピーダンス Z の周波数特性の計測では、蓄電池6のインピーダンス Z を計測する計測周波数範囲に特徴周波数が含まれることを条件として、対象SOC ξ_1 でのインピーダンス Z の周波数特性の計測に比べて、計測周波数範囲を縮小する。これにより、対象SOC $\xi_2 \sim \xi_n$ のそれぞれでのインピーダンス Z の周波数特性の計測において、計測時間が短縮されるとともに、データ量を削減可能となる。

[0090] また、蓄電池6のインピーダンスを計測する計測周波数範囲は、疑似ランダムパルス信号の信号長 Y 、疑似ランダムパルス信号に含まれるパルス p のいずれか1つ以上のパルス幅 w 、及び、疑似ランダムパルス信号に含まれるパルス p の数のいずれかを調整することにより、調整される。このため、ス

イッチ 32 のスイッチング動作を調整する等して駆動回路 30 の駆動状態を調整することにより、蓄電池 6 のインピーダンスを計測する計測周波数範囲を容易に調整可能となる。

[0091] また、本実施形態では、蓄電池 6 に入力される電流の疑似ランダムパルス信号の信号長 Y が基準信号長 Y_{ref} より長いことに基づいて、電源回路 11 から蓄電池 6 に出力されている充電電流 I_c の充電レートが、リアルタイムから減少される。これにより、蓄電池 6 に疑似ランダムパルス信号が入力されている間に蓄電池 6 の SOC が大きく変化することが、有効に防止される。したがって、複数の対象 SOC $\xi_1 \sim \xi_n$ のそれぞれにおいて、蓄電池 6 のインピーダンス Z の周波数特性が、さらに適切に計測される。

[0092] また、本実施形態では、計測装置 5 は、電源回路 11 を備える充電装置 2、及び、蓄電池 6 を備える蓄電装置 3 とは別体で設けられる。このため、充電装置 2 及び蓄電装置 3 の構成等を変更することなく、計測装置 5 を用いて、蓄電池 6 のインピーダンス Z を計測可能となる。したがって、インピーダンス Z を計測するための電源を、充電装置 2 の電源回路 11 とは別に設ける必要はない。

[0093] (変形例)

なお、前述の実施形態等では、計測装置 5 は、電源回路 11 を備える充電装置 2、及び、蓄電池 6 を備える蓄電装置 3 とは別体であるが、これに限るものではない。図 13 に示す第 1 の変形例では、充電装置 2 に計測装置 5 が内蔵される。本変形例でも、ゼロより大きい第 1 の電流値と第 1 の電流値より大きい第 2 の電流値との間で変化する電流の疑似ランダムパルス信号を蓄電池 6 に入力することにより、蓄電池 6 のインピーダンス Z を計測する。このため、本変形でも、前述の実施形態等と同様に、容易な構成で蓄電池 6 のインピーダンス Z を計測可能になるとともに、蓄電池 6 の充電及びインピーダンス Z の計測における利便性が向上する。

[0094] また、本変形例でも、電源回路 11 から蓄電池 6 に出力された充電電流 I_c を分流させることにより、インピーダンス Z の計測において蓄電池 6 に入

力する疑似ランダムパルス信号が、発生する。このため、駆動回路 3 1 等の充電電流 I_c から疑似ランダムパルス信号を発生される構成を、小型化することが可能となる。充電装置 2 に内蔵される計測装置 5 において疑似ランダムパルス信号を発生される構成が小型化するため、充電装置 2 に、高い処理性能の演算装置、サーバ及び通信モジュール等のいずれかを、搭載可能となる。これにより、充電装置 2 において、データの解析及び管理を容易に行うことが可能になるとともに、データの解析の精度が向上する。

[0095] 図 1 4 に示す第 2 の変形例では、蓄電装置 3 に計測装置 5 が内蔵される。本変形例でも、ゼロより大きい第 1 の電流値と第 1 の電流値より大きい第 2 の電流値との間で変化する電流の疑似ランダムパルス信号を蓄電池 6 に入力することにより、蓄電池 6 のインピーダンス Z を計測する。このため、本変形でも、前述の実施形態等と同様に、容易な構成で蓄電池 6 のインピーダンス Z を計測可能になるとともに、蓄電池 6 の充電及びインピーダンス Z の計測における利便性が向上する。

[0096] また、本変形例では、計測装置 5 が蓄電装置 3 に内蔵されるため、充電装置 2 の構成等を変更することなく、蓄電装置 3 に内蔵される計測装置 5 を用いて、蓄電池 6 のインピーダンス Z を計測可能となる。したがって、インピーダンス Z を計測するための電源を、充電装置 2 の電源回路 1 1 とは別に設ける必要はない。

[0097] これらの少なくとも一つの実施形態又は実施例によれば、ゼロより大きい第 1 の電流値と第 1 の電流値より大きい第 2 の電流値との間で変化する電流の疑似ランダムパルス信号が、蓄電池に入力される。そして、蓄電池に入力される電流の疑似ランダムパルス信号、及び、電流の疑似ランダムパルス信号が蓄電池に入力されている状態での蓄電池の電圧の時間変化に基づいて、蓄電池のインピーダンスが計測される。これにより、容易な構成で蓄電池のインピーダンスを計測可能にし、蓄電池の充電及びインピーダンスの計測における利便性を向上させる計測装置、蓄電システム及び計測方法を提供することができる。

[0098] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

請求の範囲

- [請求項1] ゼロより大きい第1の電流値と前記第1の電流値より大きい第2の電流値との間で変化する電流の疑似ランダムパルス信号を蓄電池に入力させ、
- 前記蓄電池に入力される前記電流の前記疑似ランダムパルス信号、及び、前記電流の前記疑似ランダムパルス信号が前記蓄電池に入力されている状態での前記蓄電池の電圧の時間変化に基づいて、前記蓄電池のインピーダンスを計測する、
- 処理回路を具備する、計測装置。
- [請求項2] 前記処理回路は、電源回路から前記蓄電池に出力された充電電流を分流させることにより、前記電流の前記疑似ランダムパルス信号を発生させる、請求項1の計測装置。
- [請求項3] 前記蓄電池の前記電圧の前記時間変化を示すアナログ信号において、0Vに対する電圧オフセットを減少させるバンドパスフィルタをさらに具備する、請求項1の計測装置。
- [請求項4] 前記処理回路は、周波数の対数スケールにおいて処理後のデータ点が等間隔になる状態に、前記蓄電池の前記インピーダンスの周波数特性の計測データに対して平均化処理を行う、請求項1の計測装置。
- [請求項5] 前記処理回路は、前記電流の前記疑似ランダムパルス信号に基づいた第1の電流時系列データ、及び、前記疑似ランダムパルス信号が前記蓄電池に入力されている状態での前記蓄電池の前記電圧の前記時間変化に基づいた第1の電圧時系列データのそれぞれに対して、アナログ信号において発生するピークの影響が除去され、かつ、データ点が減少する状態に、リサンプリングを行う、請求項1の計測装置。
- [請求項6] 前記処理回路は、前記蓄電池の前記インピーダンスの周波数特性の計測において、基準周波数以上の周波数については、前記第1の電流時系列データ及び前記第1の電圧時系列データに基づいて前記蓄電池の前記インピーダンスを算出し、前記基準周波数より低い周波数につ

いては、前記第1の電流時系列データをリサンプリングした第2の電流時系列データ及び前記第1の電圧時系列データをリサンプリングした第2の電圧時系列データに基づいて前記蓄電池の前記インピーダンスを算出する、請求項5の計測装置。

[請求項7] 前記処理回路は、前記蓄電池の前記インピーダンスの周波数特性の計測結果に基づいて、前記蓄電池の前記インピーダンスについての特徴周波数を決定し、

前記処理回路は、前記特徴周波数を決定した後の前記蓄電池の前記インピーダンスの前記周波数特性の計測において、前記蓄電池の前記インピーダンスを計測する計測周波数範囲に前記特徴周波数が含まれることを条件として、前記計測周波数範囲を縮小する、

請求項1の計測装置。

[請求項8] 前記処理回路は、前記蓄電池に入力される前記電流の前記疑似ランダムパルス信号の信号長、前記疑似ランダムパルス信号に含まれるパルスのいずれか1つ以上のパルス幅、及び、疑似ランダムパルス信号に含まれる前記パルスの数のいずれかを調整することにより、前記蓄電池の前記インピーダンスを計測する前記計測周波数範囲を調整する、請求項7の計測装置。

[請求項9] 前記処理回路は、前記蓄電池に入力される前記電流の前記疑似ランダムパルス信号の信号長が基準信号長より長いことに基づいて、電源回路から前記蓄電池に出力されている充電電流の充電レートを減少させる、請求項7の計測装置。

[請求項10] 請求項1乃至9のいずれか1項の計測装置と、
前記電流の前記疑似ランダムパルス信号が前記計測装置から入力される前記蓄電池を備え、前記計測装置によって前記蓄電池のインピーダンスが計測される蓄電装置と、
を具備する、蓄電システム。

[請求項11] 前記蓄電池に充電電流を出力する電源回路を備える充電装置をさら

に具備し、

前記計測装置の前記処理回路は、前記電源回路から出力された前記充電電流を分流させることにより、前記電流の前記疑似ランダムパルス信号を発生させる、

請求項 10 の蓄電システム。

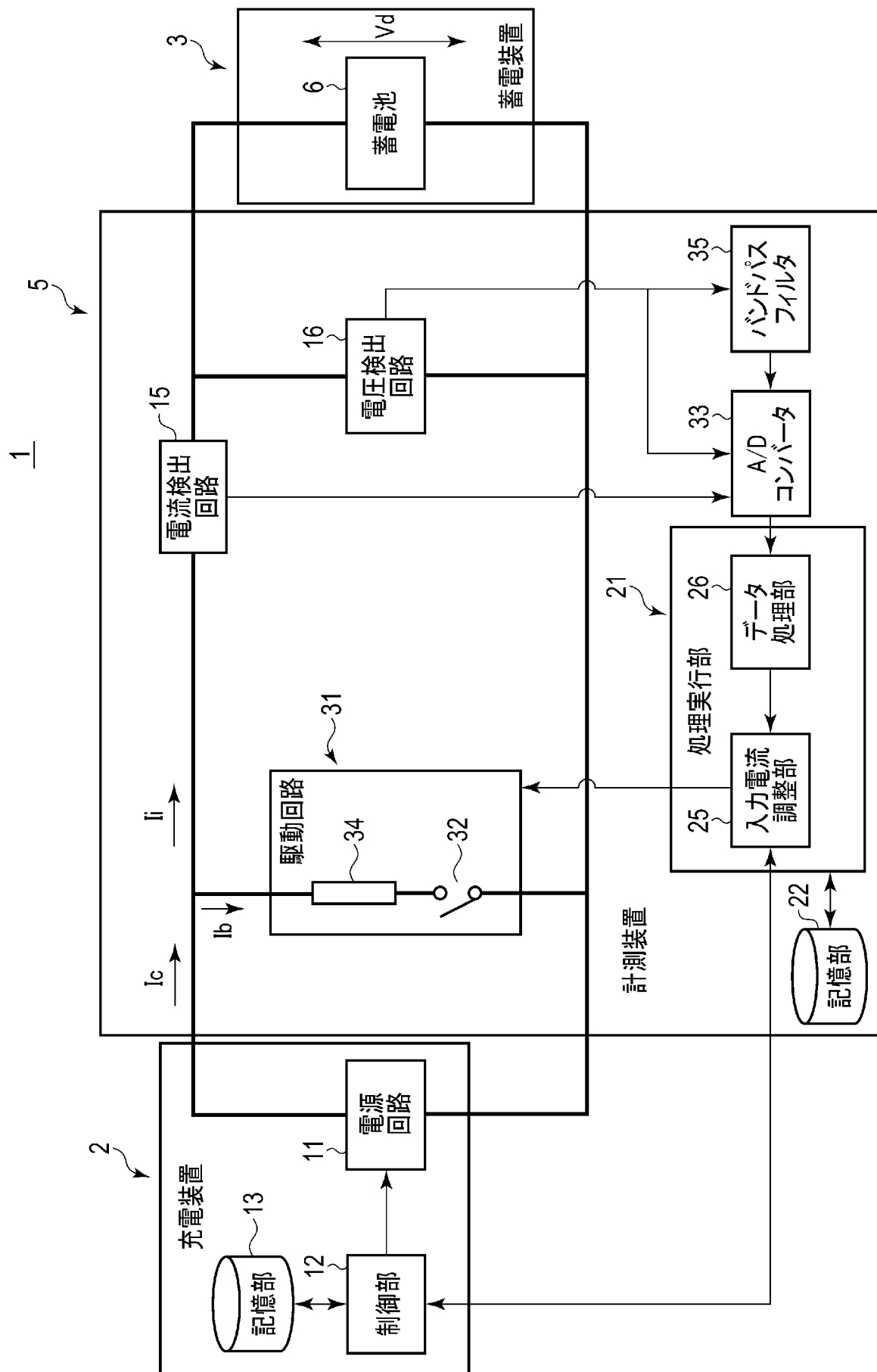
[請求項12] 前記計測装置は、前記蓄電装置及び前記充電装置とは別体で設けられる、又は、前記蓄電装置又は前記充電装置に内蔵される、請求項 1 の蓄電システム。

[請求項13] ゼロより大きい第 1 の電流値と前記第 1 の電流値より大きい第 2 の電流値との間で変化する電流の疑似ランダムパルス信号を蓄電池に入力することと、

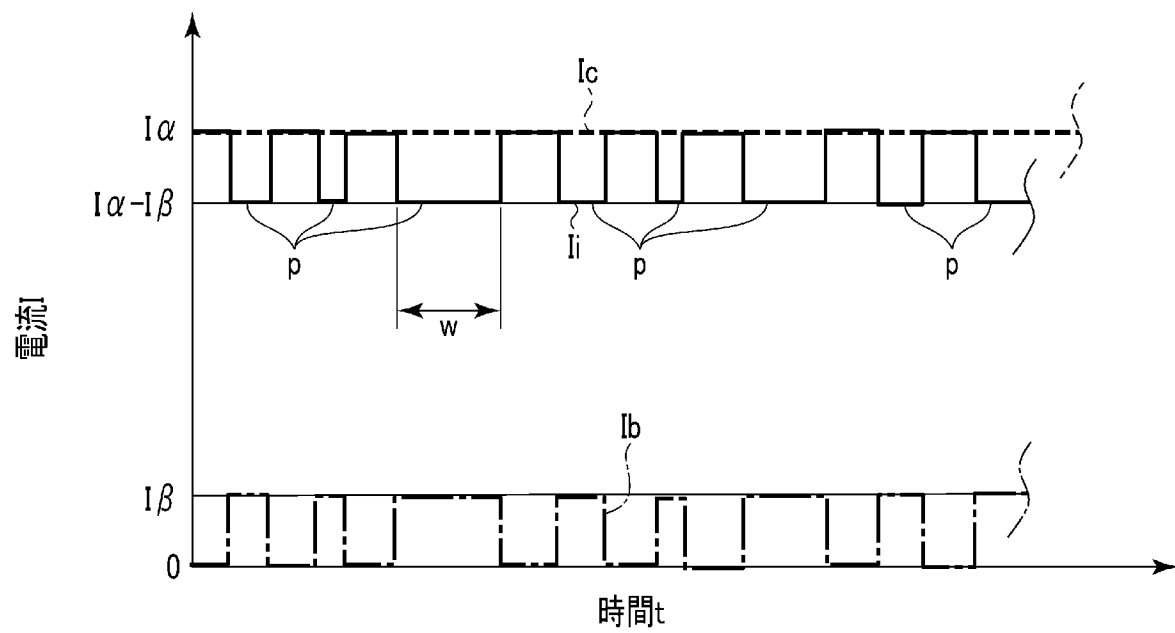
前記蓄電池に入力される前記電流の前記疑似ランダムパルス信号、及び、前記電流の前記疑似ランダムパルス信号が前記蓄電池に入力されている状態での前記蓄電池の電圧の時間変化に基づいて、前記蓄電池のインピーダンスを計測することと、

を具備する、計測方法。

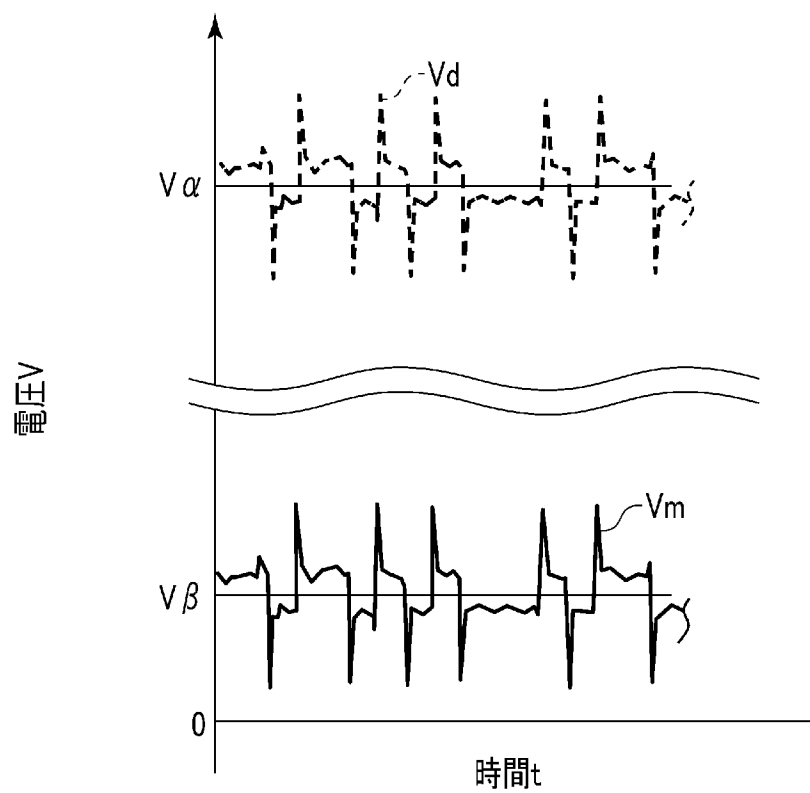
[図1]



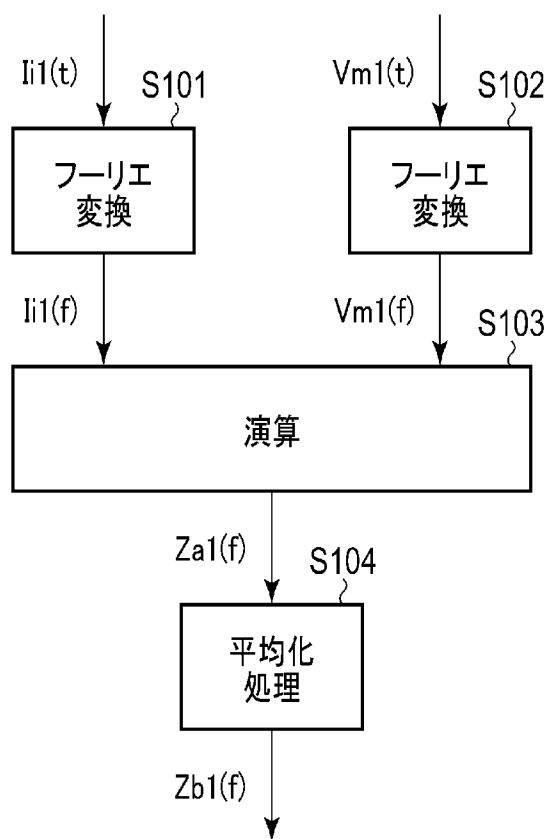
[図2]



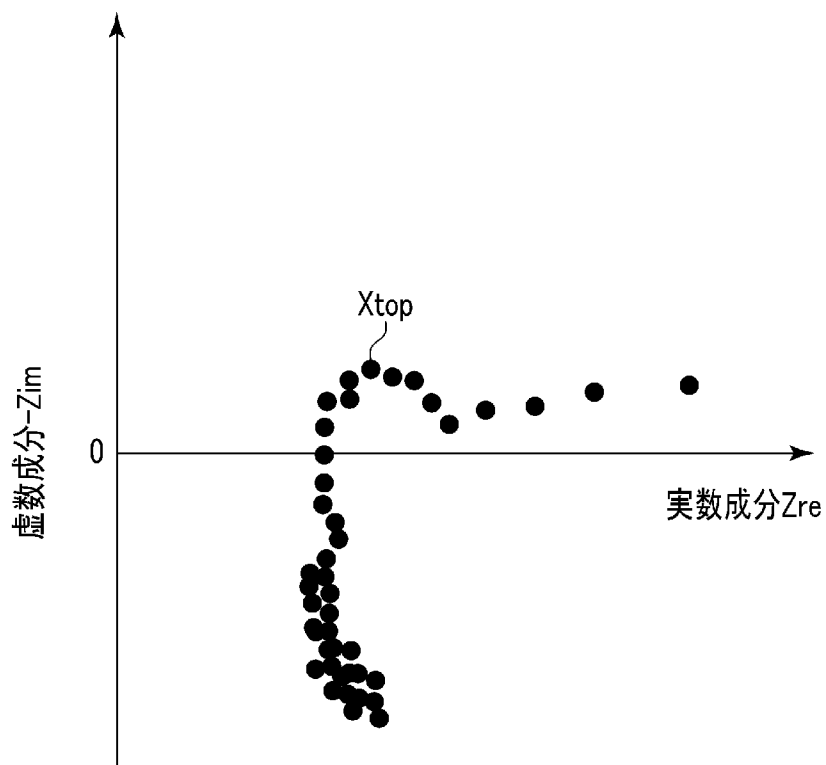
[図3]



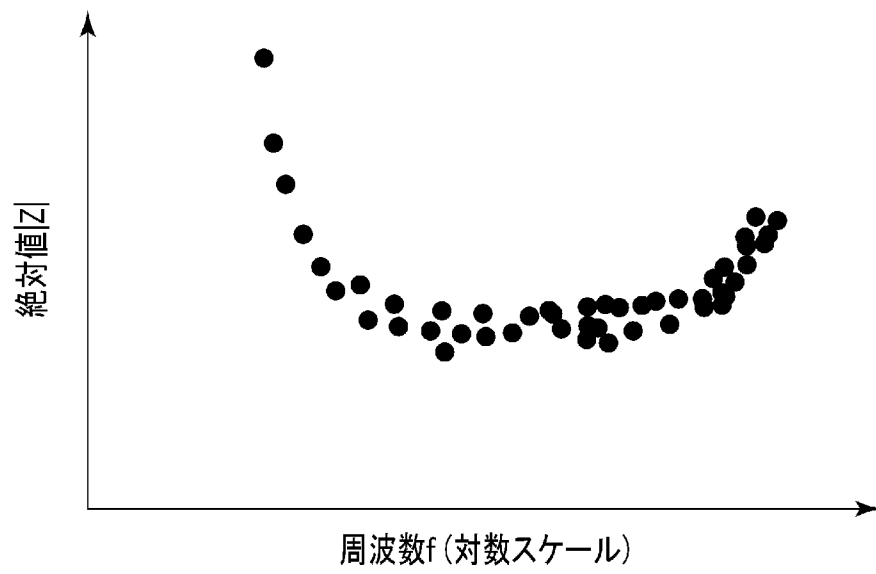
[図4]



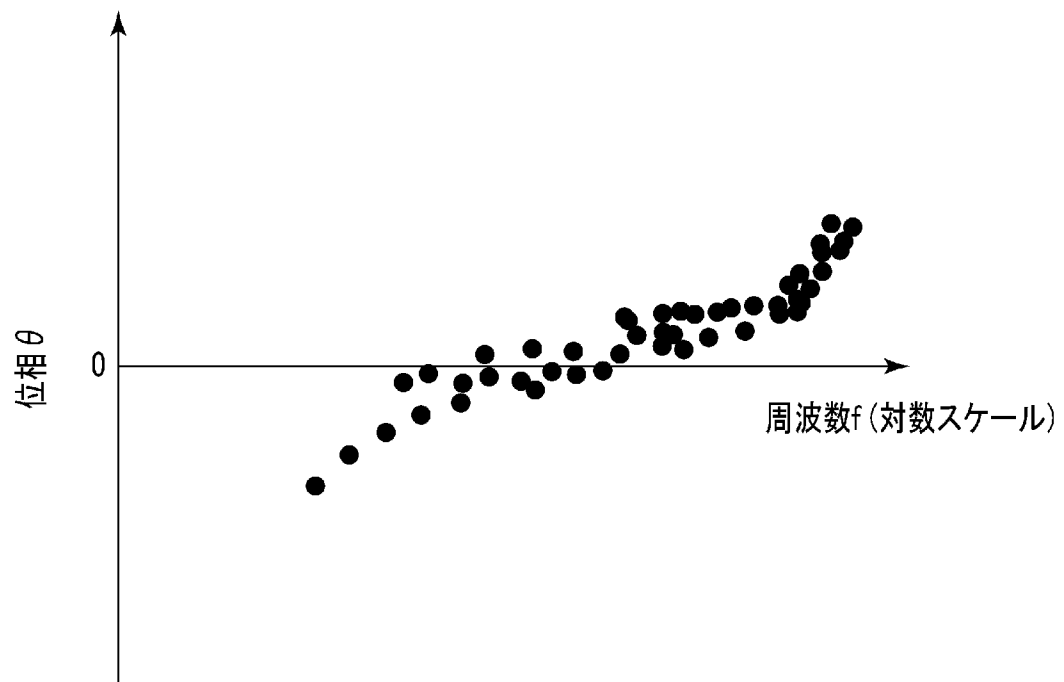
[図5]



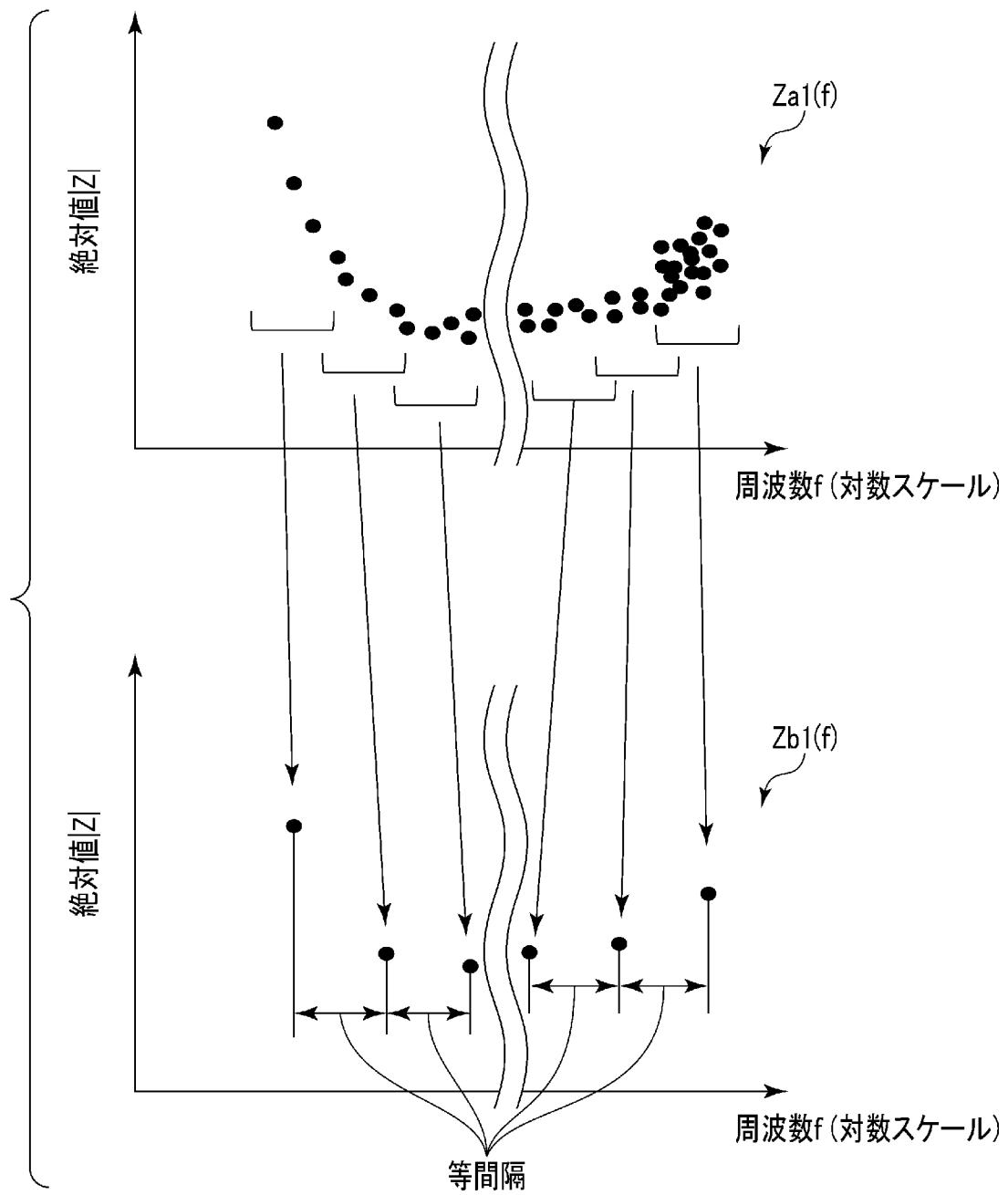
[図6]



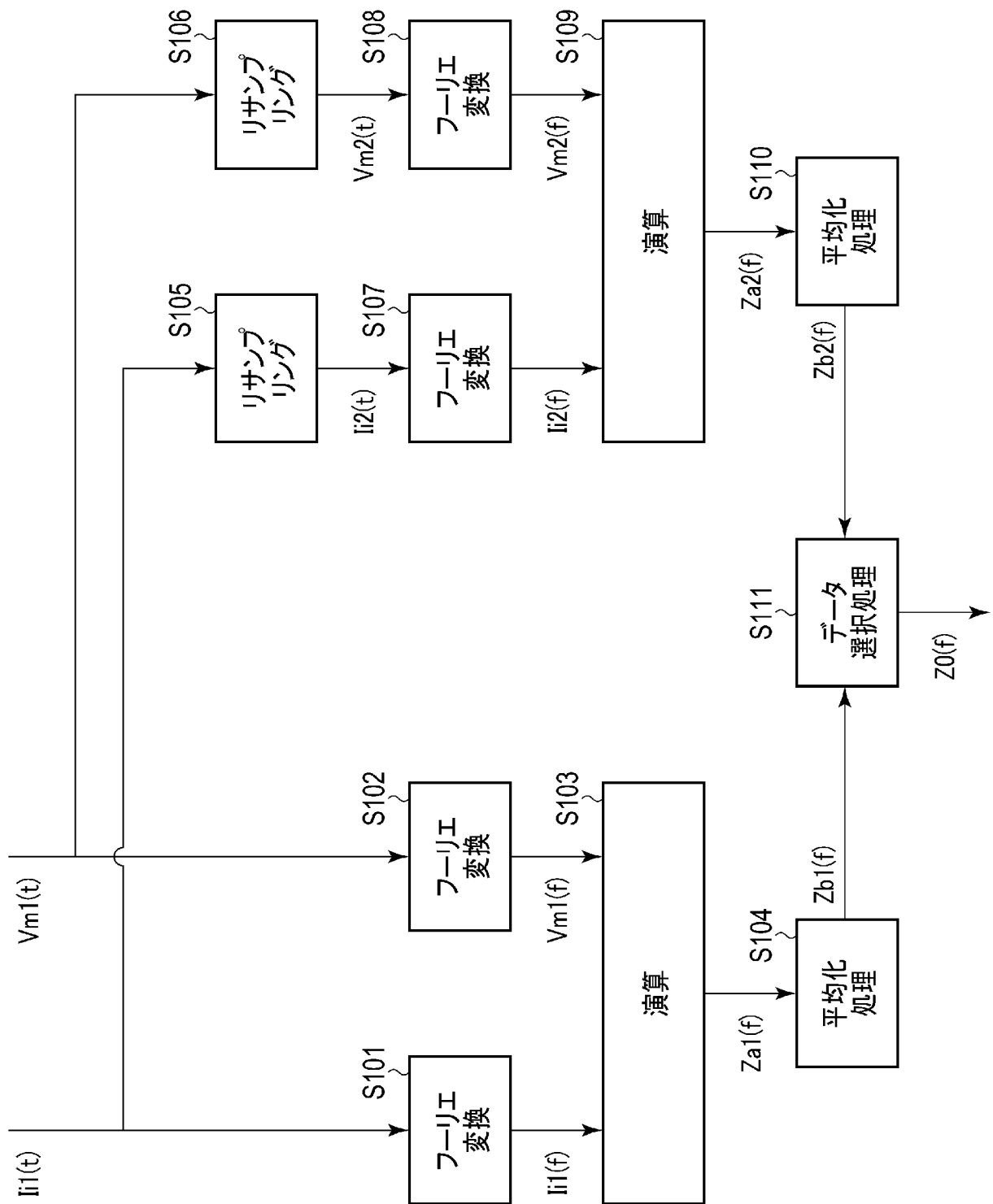
[図7]



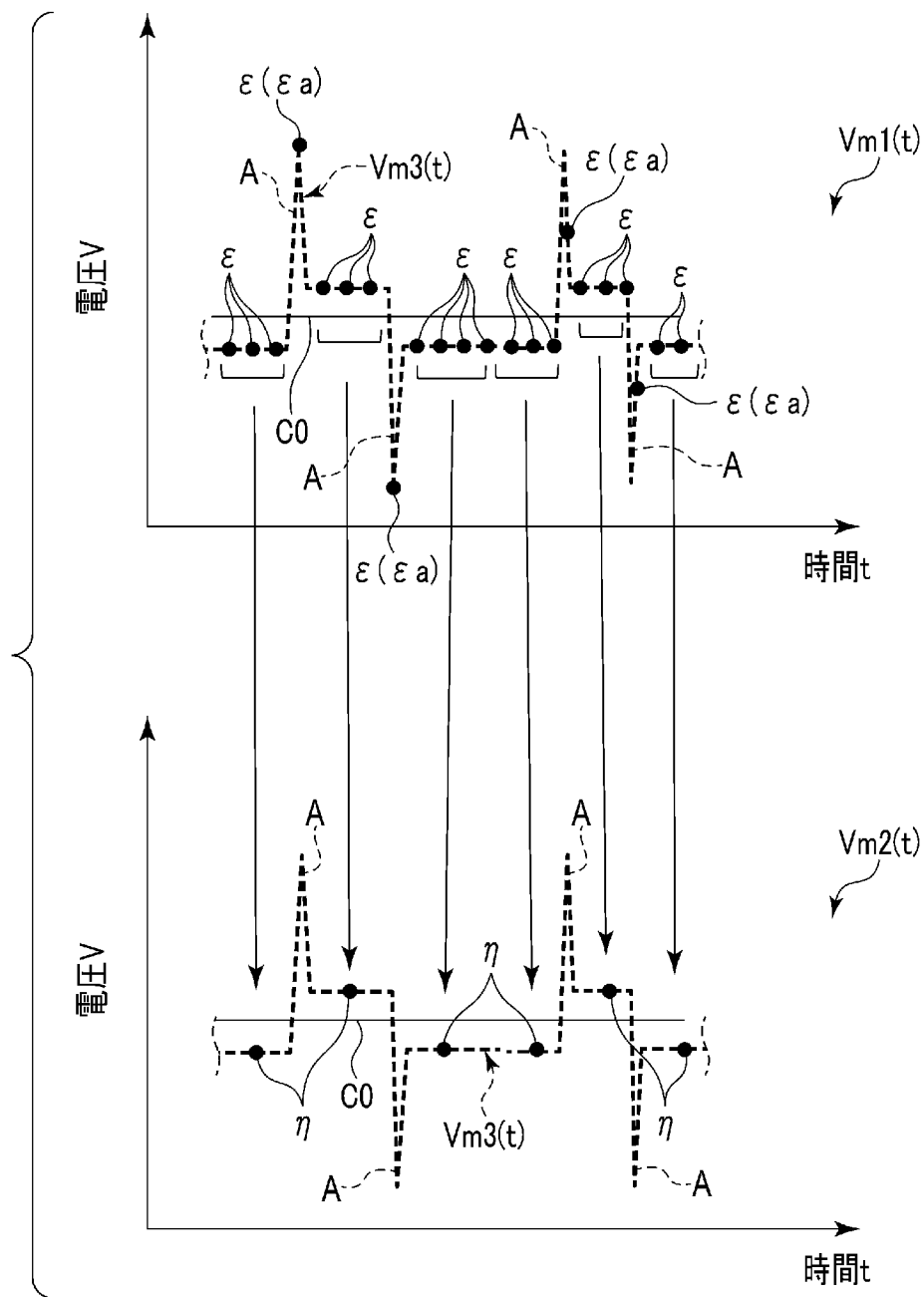
[図8]



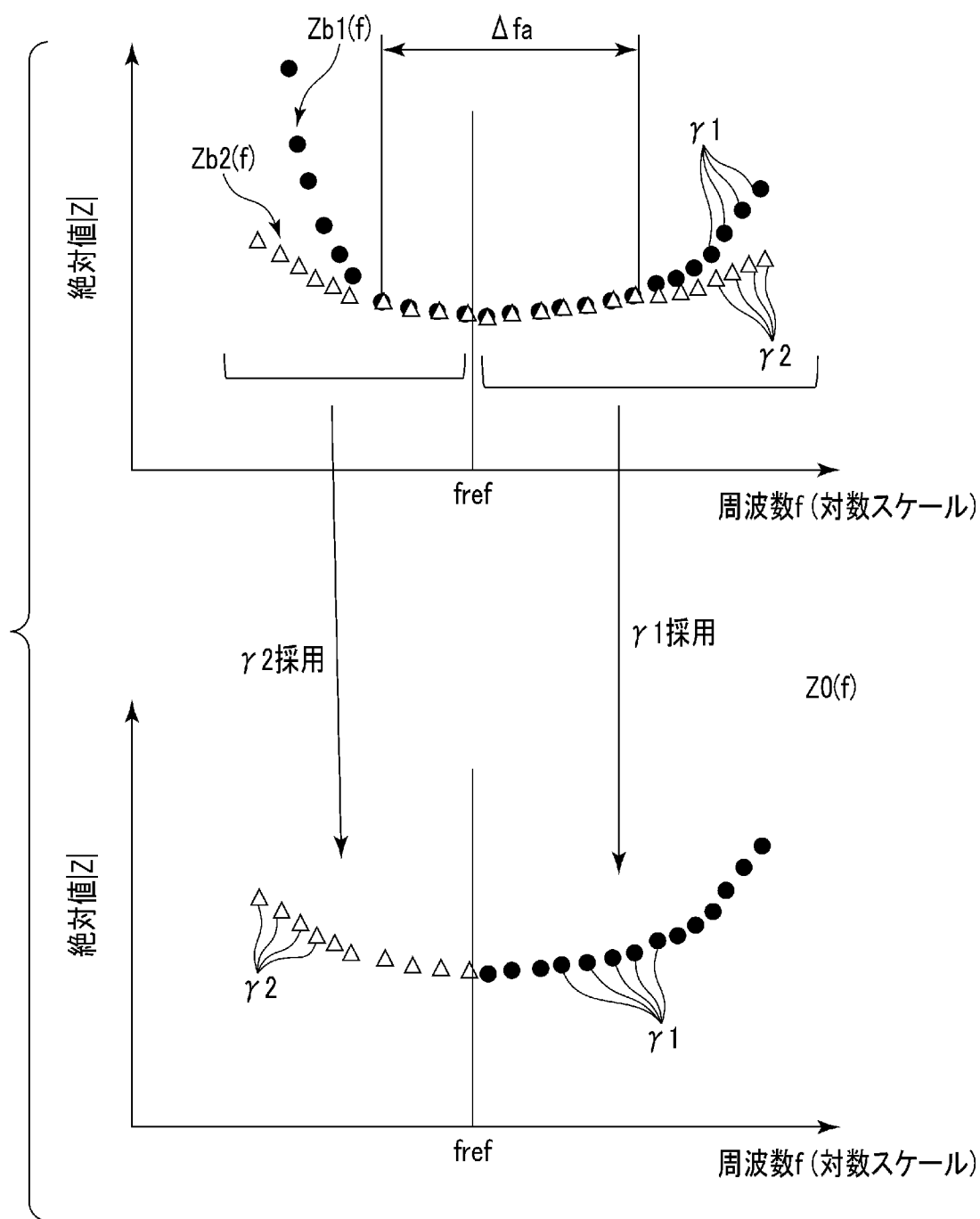
[図9]



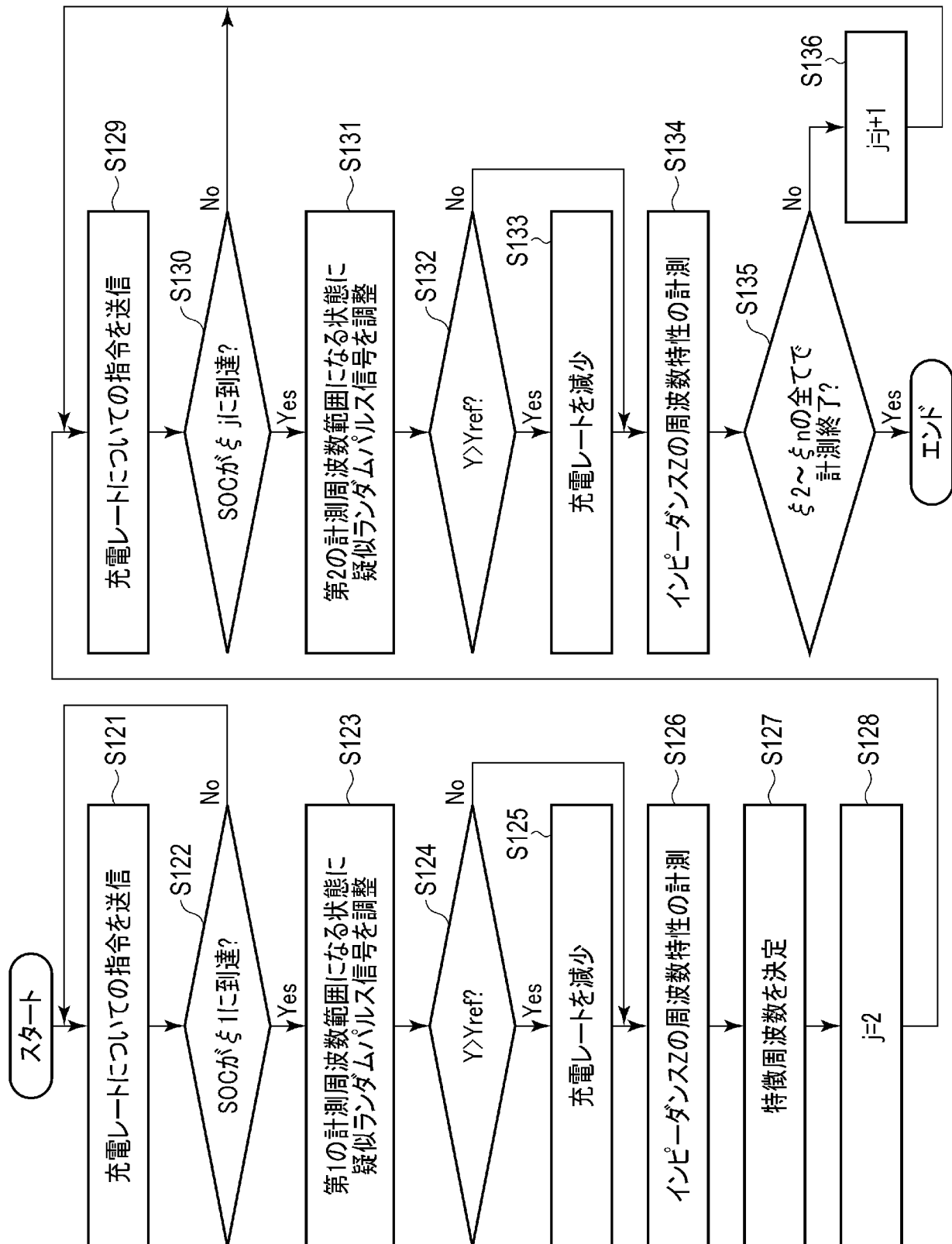
[図10]



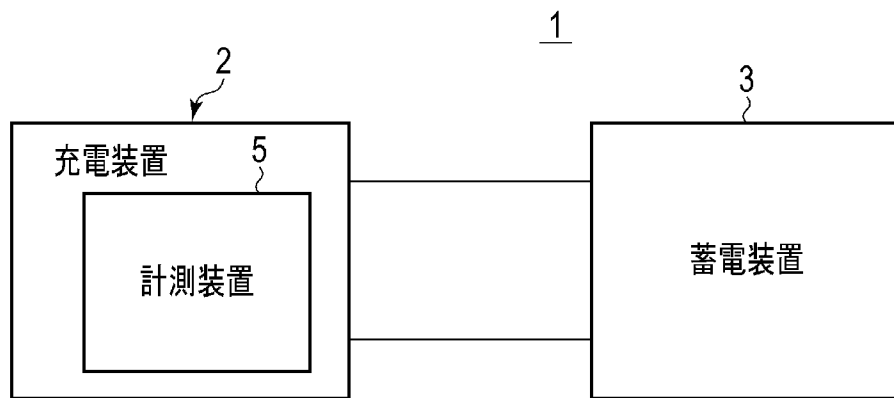
[図11]



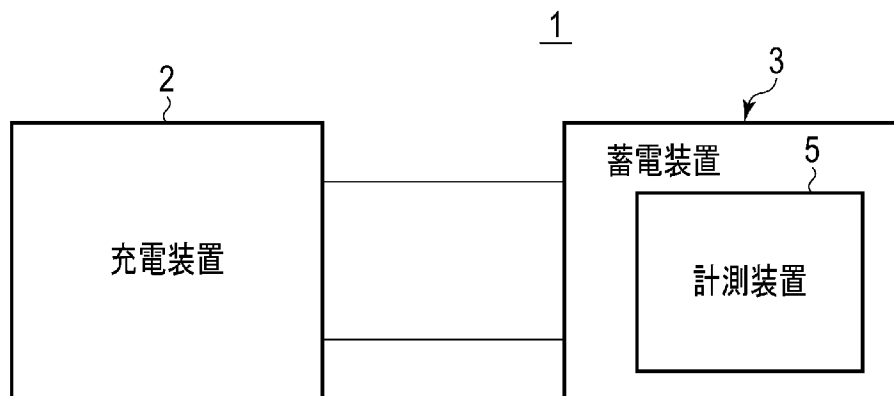
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/004389

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01R 27/02**(2006.01)i; **G01R 31/389**(2019.01)i

FI: G01R27/02 A; G01R31/389

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R27/02; G01R31/389

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2021/0336462 A1 (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC) 28 October 2021 (2021-10-28) fig. 1-7, paragraphs [0001], [0005]-[0007], [0013]-[0017], [0027]-[0059]	1, 3, 10-13
Y		2
A		4-9
Y	WO 2021/191216 A1 (LEEN CONSULTING AB) 30 September 2021 (2021-09-30) column 1, line 1, column 3, line 21 to column 6, line 29, column 21, line 11 to column 22, line 28, fig. 2	2
A	WO 2010/064528 A1 (CALSONIC KANSEI CORPORATION) 10 June 2010 (2010-06-10) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2020-165859 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 08 October 2020 (2020-10-08) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2003-222660 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 08 August 2003 (2003-08-08) entire text, all drawings	1-13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 March 2023

Date of mailing of the international search report

04 April 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/004389

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2021/0336462	A1	28 October 2021	DE	102021105697	A1	
				CN	113640672	A	
WO	2021/191216	A1	30 September 2021	SE	2050319	A1	
WO	2010/064528	A1	10 June 2010	US	2011/0231124	A1	
				entire text, all drawings			
				EP	2375487	A1	
				CN	102232257	A	
				JP	2010-157492	A	
JP	2020-165859	A	08 October 2020	(Family: none)			
JP	2003-222660	A	08 August 2003	JP	10-232273	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01R 27/02(2006.01)i; G01R 31/389(2019.01)i FI: G01R27/02 A; G01R31/389		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01R27/02; G01R31/389		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	US 2021/0336462 A1 (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC) 28.10.2021 (2021 - 10 - 28) Fig.1-Fig.7, [0001], [0005]-[0007], [0013]-[0017], [0027]-[0059]	1,3,10-13
Y		2
A		4-9
Y	WO 2021/191216 A1 (LEEN CONSULTING AB) 30.09.2021 (2021 - 09 - 30) 第1欄第1行、第3欄第21行-第6欄第29行、第21欄第11行-第22欄 第28行、Fig.2	2
A	WO 2010/064528 A1 (カルソニックカンセイ株式会社) 10.06.2010 (2010 - 06 - 10) 全文、全図	1-13
A	JP 2020-165859 A (日産自動車株式会社) 08.10.2020 (2020 - 10 - 08) 全文、全図	1-13
A	JP 2003-222660 A (松下電器産業株式会社) 08.08.2003 (2003 - 08 - 08) 全文、全図	1-13
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 14. 03. 2023		国際調査報告の発送日 04. 04. 2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 永井 皓喜 2S 5701 電話番号 03-3581-1101 内線 3216

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/004389

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
US	2021/0336462	A1	28.10.2021	DE	102021105697	A1	
				CN	113640672	A	
WO	2021/191216	A1	30.09.2021	SE	2050319	A1	
WO	2010/064528	A1	10.06.2010	US	2011/0231124	A1	
				全文, 全図			
				EP	2375487	A1	
				CN	102232257	A	
				JP	2010-157492	A	
JP	2020-165859	A	08.10.2020	(ファミリーなし)			
JP	2003-222660	A	08.08.2003	JP	10-232273	A	