

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7559688号
(P7559688)

(45)発行日 令和6年10月2日(2024.10.2)

(24)登録日 令和6年9月24日(2024.9.24)

| | | | | |
|--------------------------|----------------|--|---|--|
| (51)国際特許分類 | F I | | | |
| G 0 1 R 31/389 (2019.01) | G 0 1 R 31/389 | | | |
| G 0 1 R 27/02 (2006.01) | G 0 1 R 27/02 | | A | |
| H 0 1 M 10/48 (2006.01) | H 0 1 M 10/48 | | P | |
| H 0 2 J 7/00 (2006.01) | H 0 2 J 7/00 | | Q | |
| 請求項の数 9 (全19頁) | | | | |

| | | | |
|----------|-----------------------------|----------|--------------------|
| (21)出願番号 | 特願2021-109557(P2021-109557) | (73)特許権者 | 000004260 |
| (22)出願日 | 令和3年6月30日(2021.6.30) | | 株式会社デンソー |
| (65)公開番号 | 特開2023-6784(P2023-6784A) | | 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 |
| (43)公開日 | 令和5年1月18日(2023.1.18) | (74)代理人 | 100121821 |
| 審査請求日 | 令和5年7月26日(2023.7.26) | | 弁理士 山田 強 |
| | | (74)代理人 | 100139480 |
| | | | 弁理士 日野 京子 |
| | | (74)代理人 | 100125575 |
| | | | 弁理士 松田 洋 |
| | | (74)代理人 | 100175134 |
| | | | 弁理士 北 裕介 |
| | | (72)発明者 | 北川 昌明 |
| | | | 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式 |
| | | | 会社デンソー内 |
| | | (72)発明者 | 宮内 駿 |
| 最終頁に続く | | | |

(54)【発明の名称】 電池測定装置及び電池測定方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

蓄電池（42）の状態を測定する電池測定装置（50）において、

周波数が異なる複数の交流信号を重ね合わせた合成波を前記蓄電池から出力させる、又は前記蓄電池に入力させる電流制御部（54a）と、

前記合成波に対する前記蓄電池の電圧変動を測定する電圧測定部（52）と、

前記合成波を構成する前記交流信号及び前記電圧変動に基づいて、前記交流信号の周波数ごとに前記電圧変動を解析し、前記蓄電池の複素インピーダンスに関する情報を算出する演算部（54b）と、

前記合成波を構成する前記交流信号の周波数ごとに、複素インピーダンスの大きさを推定する推定部（54）と、を備え、

前記電流制御部は、前記合成波を構成する前記各交流信号についてそれぞれ予め決められた波数を入出力させる一方、前記合成波を構成するいずれかの前記交流信号について予め決められた波数の入出力が完了した場合、他の前記交流信号の入出力を継続させつつ、入出力が完了した前記交流信号を他の周波数を有する交流信号に切り替えるものであり、前記電流制御部は、前記合成波を構成する前記交流信号の振幅を決定する際、当該交流信号の周波数に応じた複素インピーダンスの推定値を前記推定部から取得し、その推定値の大きさに応じて当該交流信号の振幅を決定する電池測定装置。

【請求項2】

蓄電池（42）の状態を測定する電池測定装置（50）において、

周波数が異なる複数の交流信号を重ね合わせた合成波を前記蓄電池から出力させる、又は前記蓄電池に入力させる電流制御部（５４ａ）と、

前記合成波に対する前記蓄電池の電圧変動を測定する電圧測定部（５２）と、

前記合成波を構成する前記交流信号及び前記電圧変動に基づいて、前記交流信号の周波数ごとに前記電圧変動を解析し、前記蓄電池の複素インピーダンスに関する情報を算出する演算部（５４ｂ）と、を備え、

前記電流制御部は、前記合成波を構成する前記各交流信号についてそれぞれ予め決められた波数を入出力させる一方、前記合成波を構成するいずれかの前記交流信号について予め決められた波数の入出力が完了した場合、他の前記交流信号の入出力を継続させつつ、入出力が完了した前記交流信号を他の周波数を有する交流信号に切り替えるものであり、前記電流制御部は、前記蓄電池に接続される電気負荷の起動中、停止中である場合に比較して入出力させる波数を多く設定する電池測定装置。

10

【請求項３】

前記合成波を構成する前記交流信号の周波数ごとに、複素インピーダンスの大きさを推定する推定部（５４）を備え、

前記電流制御部は、前記合成波を構成する前記交流信号の振幅を決定する際、当該交流信号の周波数に応じた複素インピーダンスの推定値を前記推定部から取得し、その推定値の大きさに応じて当該交流信号の振幅を決定する請求項２に記載の電池測定装置。

【請求項４】

前記電流制御部は、前記合成波の振幅が所定の範囲内となるように前記合成波を構成する前記交流信号の振幅及び入出力タイミングを設定する請求項１～３のうちいずれか１項に記載の電池測定装置。

20

【請求項５】

前記電流制御部は、前記合成波を構成する前記交流信号のうち、周波数が低い前記交流信号の瞬時値が当該交流信号の最大値又は最小値よりも平均値に近い期間中に、周波数が高い前記交流信号の出力期間を設定して、前記合成波を生成する請求項１～４のうちいずれか１項に記載の電池測定装置。

【請求項６】

前記電流制御部は、前記合成波を構成する前記交流信号のうちいずれかの前記交流信号の周波数が、他の前記交流信号の周波数の整数倍とならないように、前記合成波を構成する前記各交流信号の周波数を設定する請求項１～５のうちいずれか１項に記載の電池測定装置。

30

【請求項７】

演算処理部５４は、合成波を構成する交流信号の数に相当する複数のロックインアンプ（１０１，１０２）を備え、

測定された応答信号を、交流信号ごとにそれぞれ前記ロックインアンプで同時期に解析して、複素インピーダンスに関する情報を取得する請求項１～６のうちいずれか１項に記載の電池測定装置。

【請求項８】

蓄電池（４２）の状態を測定する電池測定装置（５０）が実施する電池測定方法において、

40

周波数が異なる複数の交流信号を重ね合わせた合成波を前記蓄電池から出力させる、又は前記蓄電池に入力する電流制御ステップと、

前記合成波に対する前記蓄電池の電圧変動を測定する電圧測定ステップと、

前記合成波を構成する前記交流信号及び前記電圧変動に基づいて、前記交流信号の周波数ごとに前記電圧変動を解析し、前記蓄電池の複素インピーダンスに関する情報を算出する演算ステップと、

前記合成波を構成する前記交流信号の周波数ごとに、複素インピーダンスの大きさを推定する推定ステップと、を備え、

前記電流制御ステップでは、前記合成波を構成する前記各交流信号についてそれぞれ予

50

め決められた波数を入出力させる一方、前記合成波を構成するいずれかの前記交流信号について予め決められた波数の入出力が完了した場合、他の前記交流信号の入出力を継続させつつ、入出力が完了した前記交流信号を他の周波数を有する交流信号に切り替えるとともに、

前記電流制御ステップでは、前記合成波を構成する前記交流信号の振幅を決定する際、当該交流信号の周波数に応じた複素インピーダンスの推定値を前記推定ステップから取得し、その推定値の大きさに応じて当該交流信号の振幅を決定する電池測定方法。

【請求項 9】

蓄電池（42）の状態を測定する電池測定装置（50）が実施する電池測定方法において、

周波数が異なる複数の交流信号を重ね合わせた合成波を前記蓄電池から出力させる、又は前記蓄電池に入力する電流制御ステップと、

前記合成波に対する前記蓄電池の電圧変動を測定する電圧測定ステップと、

前記合成波を構成する前記交流信号及び前記電圧変動に基づいて、前記交流信号の周波数ごとに前記電圧変動を解析し、前記蓄電池の複素インピーダンスに関する情報を算出する演算ステップと、を備え、

前記電流制御ステップでは、前記合成波を構成する前記各交流信号についてそれぞれ予め決められた波数を入出力させる一方、前記合成波を構成するいずれかの前記交流信号について予め決められた波数の入出力が完了した場合、他の前記交流信号の入出力を継続させつつ、入出力が完了した前記交流信号を他の周波数を有する交流信号に切り替えるとともに、

前記電流制御ステップでは、前記蓄電池に接続される電気負荷の起動中、停止中である場合に比較して入出力させる波数を多く設定する電池測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電池測定装置及び電池測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、蓄電池の性能を知るために、内部インピーダンス等を測定することが一般的に行われている。特許文献1では、複数の周波数成分をもった交流電流を蓄電池から出力させ、各周波数成分ごとに蓄電池の電圧変動の解析を行ってインピーダンスを求めることにより、短時間で複数の測定周波数におけるインピーダンスを測定することが可能となっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2003-90869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、測定精度を確保するためには、測定値を平均化して誤差を抑制する必要がある、ある程度の波数の交流電流を出力させる必要がある。つまり、ある程度の測定数が必要となる。そして、周波数が異なれば、単位時間あたりの波数も異なる。つまり、低周波数であれば、高周波数である場合に比較して、交流電流を長時間出力させる必要があることとなる。

【0005】

このため、特許文献1のように、複数の周波数成分をもった交流電流を出力させる場合、最も低い周波数成分において必要な波数を出力させるように、交流電流の出力期間を設定する必要がある。つまり、複数の周波数成分のうち最も低い周波数成分を基準として交

10

20

30

40

50

流電流の出力期間が決まる。このため、複数の周波数成分をもった交流電流の場合、その高周波成分においては、不必要に長く出力されることとなり、改善の余地があった。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、効率的にインピーダンスを測定できる電池測定装置及び電池測定方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記課題を解決するために、蓄電池の状態を測定する電池測定装置は、周波数が異なる複数の交流信号を重ね合わせた合成波を前記蓄電池から出力させる、又は前記蓄電池に力させる電流制御部と、前記合成波に対する前記蓄電池の電圧変動を測定する電圧測定部と、前記合成波を構成する前記交流信号及び前記電圧変動に基づいて、前記交流信号の周波数ごとに前記電圧変動を解析し、前記蓄電池の複素インピーダンスに関する情報を算出する演算部と、を備え、前記電流制御部は、前記合成波を構成する前記各交流信号についてそれぞれ予め決められた波数を入出力させる一方、前記合成波を構成するいずれかの前記交流信号について予め決められた波数の入出力が完了した場合、他の前記交流信号の入出力を継続させつつ、入出力が完了した前記交流信号を他の周波数を有する交流信号に切り替える。

10

【 0 0 0 8 】

また、上記課題を解決するために、蓄電池の状態を測定する電池測定装置が実施する電池測定方法は、周波数が異なる複数の交流信号を重ね合わせた合成波を前記蓄電池から出力させる、又は前記蓄電池に入力する電流制御ステップと、前記合成波に対する前記蓄電池の電圧変動を測定する電圧測定ステップと、前記合成波を構成する前記交流信号及び前記電圧変動に基づいて、前記交流信号の周波数ごとに前記電圧変動を解析し、前記蓄電池の複素インピーダンスに関する情報を算出する演算ステップと、を備え、前記電流制御ステップでは、前記合成波を構成する前記各交流信号についてそれぞれ予め決められた波数を入出力させる一方、前記合成波を構成するいずれかの前記交流信号について予め決められた波数の入出力が完了した場合、他の前記交流信号の入出力を継続させつつ、入出力が完了した前記交流信号を他の周波数を有する交流信号に切り替える。

20

【 0 0 0 9 】

これにより、いずれかの交流信号の出力期間終了後、他の交流信号の出力期間が終了することを待つことなく、新たな交流信号を重ね合わせた新たな合成波を交流電流として出力させることができる。このため、他の交流信号の出力期間が終了することを待って、新たな合成波を設定する場合に比較して、効率をよくすることが可能となる。また、各周波数において、予め決められた波数の交流信号を出力させて、複素インピーダンスの算出精度を維持することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】電源システムの概略構成図。

【図 2】電池測定装置の構成図。

【図 3】インピーダンス算出処理のフローチャート。

40

【図 4】合成波を構成する交流信号の遷移を示すタイムチャート。

【図 5】第 2 実施形態のインピーダンス算出処理のフローチャート。

【図 6】コールコールプロットの一例を示す図。

【図 7】比較例における合成波を構成する交流信号を示すタイムチャート。

【図 8】第 3 実施形態における比較例における合成波を構成する交流信号を示すタイムチャート。

【図 9】別例における電池測定装置の構成図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

(第 1 実施形態)

50

以下、「電池測定装置」を車両（例えば、ハイブリッド車や電気自動車）の電源システムに適用した第１実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

【００１２】

図１に示すように、電源システム１０は、回転電機としてのモータ２０と、モータ２０に対して３相電流を流す電力変換器としてのインバータ３０と、充放電可能な組電池４０と、組電池４０の状態を測定する電池測定装置５０と、モータ２０などを制御するＥＣＵ６０と、を備えている。

【００１３】

モータ２０は、車載主機であり、図示しない駆動輪と動力伝達可能とされている。本実施形態では、モータ２０として、３相の永久磁石同期モータを用いている。インバータ３０は、相巻線の相数と同数の上下アームを有するフルブリッジ回路により構成されており、各アームに設けられたスイッチ（半導体スイッチング素子）のオンオフにより、各相巻線において通電電流が調整される。

10

【００１４】

インバータ３０には、図示しないインバータ制御装置が設けられており、インバータ制御装置は、モータ２０における各種の検出情報や、力行駆動及び発電の要求に基づいて、インバータ３０における各スイッチのオンオフにより通電制御を実施する。これにより、インバータ制御装置は、組電池４０からインバータ３０を介してモータ２０に電力を供給し、モータ２０を力行駆動させる。また、インバータ制御装置は、駆動輪からの動力に基づいてモータ２０を発電させ、インバータ３０を介して、発電電力を変換して組電池４０に供給し、組電池４０を充電させる。

20

【００１５】

組電池４０は、インバータ３０を介して、モータ２０に電氣的に接続されている。組電池４０は、例えば百Ｖ以上となる端子間電圧を有し、複数の電池モジュール４１が直列接続されて構成されている。電池モジュール４１は、複数の電池セル４２が直列接続されて構成されている。電池セル４２として、例えば、リチウムイオン蓄電池や、ニッケル水素蓄電池を用いることができる。各電池セル４２は、電解質と複数の電極とを有する蓄電池である。

【００１６】

図１に示すように、組電池４０の正極側電源端子に接続される正極側電源経路Ｌ１には、インバータ３０等の電気負荷の正極側端子が接続されている。同様に、組電池４０の負極側電源端子に接続される負極側電源経路Ｌ２には、インバータ３０等の電気負荷の負極側端子が接続されている。なお、正極側電源経路Ｌ１及び負極側電源経路Ｌ２には、それぞれリレースイッチＳＭＲ（システムメインリレースイッチ）が設けられており、リレースイッチＳＭＲにより、通電及び通電遮断が切り替え可能に構成されている。

30

【００１７】

電池測定装置５０は、各電池セル４２の蓄電状態（ＳＯＣ）及び劣化状態（ＳＯＨ）などを測定する装置である。電池測定装置５０は、ＥＣＵ６０に接続されており、各電池セル４２の状態などを測定し、出力する。電池測定装置５０の構成については、後述する。

【００１８】

ＥＣＵ６０は、各種情報に基づいて、インバータ制御装置に対して力行駆動及び発電の要求を行う。各種情報には、例えば、アクセル及びブレーキの操作情報、車速、組電池４０の状態などが含まれる。

40

【００１９】

次に、電池測定装置５０について詳しく説明する。図２に示すように、電池測定装置５０は、電池セル４２毎の電池状態を測定可能に設けられている。電池測定装置５０は、第１電気経路８１を介して各電池セル４２に接続される交流電流生成部５１と、第２電気経路８２を介して各電池セル４２に接続される電圧応答測定部５２と、交流電流生成部５１に接続される変調信号発生器５３と、電圧応答測定部５２及び変調信号発生器５３に接続される演算処理部５４と、演算処理部５４に接続される通信部５５と、を備える。

50

【 0 0 2 0 】

交流電流生成部 5 1 は、測定対象である電池セル 4 2 を電源として、交流電流を出力させる。具体的に説明すると、交流電流生成部 5 1 は、変調信号発生器 5 3 から入力される指示信号に基づいて、交流電流を電池セル 4 2 から出力させる。交流電流が電池セル 4 2 から流れることにより、電池セル 4 2 の端子間電圧には、内部複素インピーダンス情報を反映した応答信号（電圧変動）が生じる。電圧応答測定部 5 2 は、電池セル 4 2 の端子間において、電池セル 4 2 の内部複素インピーダンス情報を反映した応答信号（電圧変動）を測定する。このため、電圧応答測定部 5 2 は、電圧測定部に相当する。

【 0 0 2 1 】

変調信号発生器 5 3 は、複数の発振器を備える。本実施形態の変調信号発生器 5 3 は、第 1 発振器 5 3 a と、第 2 発振器 5 3 b の 2 つの発振器を備える。そして、変調信号発生器 5 3 は、演算処理部 5 4 からの命令に従って、各発振器 5 3 a , 5 3 b に交流信号を発生させ、それらを合成して（重ね合わせて）合成波を生成可能に構成されている。本実施形態において、第 1 発振器 5 3 a により発生させた交流信号を第 1 交流信号と示し、第 2 発振器 5 3 b により発生させた交流信号を第 2 交流信号と示す場合がある。

【 0 0 2 2 】

本実施形態における交流信号は、正弦波信号とされているが、交流信号であれば、任意に変更してよく、矩形波や三角波などであってもよい。また、合成波又は交流信号には、直流バイアスがかけられており、電池セル 4 2 から流れる交流電流が負の電流（電池セル 4 2 に対して逆流）とならないようになっている。

【 0 0 2 3 】

そして、変調信号発生器 5 3 は、合成波をデジタル信号に変換して指示信号を生成し、指示信号に基づいて交流電流生成部 5 1 に交流電流を発生させるように指示（出力）する。なお、常に合成波を出力させる必要はなく、必要に応じて、第 1 交流信号又は第 2 交流信号のいずれかを出力させるようにしてもよい。

【 0 0 2 4 】

演算処理部 5 4 は、CPU（演算装置）や記憶装置（各種メモリ）からなるマイコンを備えており、記憶装置に記憶されたプログラムを実行することにより、各種制御機能を実現する。各種機能は、ハードウェアである電子回路によって実現されてもよいし、ハードウェア及びソフトウェアの双方によって実現されてもよい。

【 0 0 2 5 】

例えば、演算処理部 5 4 は、電池セル 4 2 の複素インピーダンスを算出する機能を備える。ここで、複素インピーダンスの算出方法の概要について説明する。演算処理部 5 4 は、複素インピーダンスの測定周波数を変調信号発生器 5 3 に指示する。変調信号発生器 5 3 は、交流電流生成部 5 1 を介して、演算処理部 5 4 の指示に基づいて、電池セル 4 2 から交流電流を発生させる。電圧応答測定部 5 2 は、電池セル 4 2 の端子間電圧を測定して、交流電流に応答する応答信号（電圧変動）を測定し、測定した応答信号を演算処理部 5 4 に出力する。

【 0 0 2 6 】

演算処理部 5 4 は、応答信号に基づいて、電池セル 4 2 の複素インピーダンスに関する情報を算出する。演算処理部 5 4 は、これら一連の処理を、測定範囲内において予め決められた複数の測定周波数についての複素インピーダンスが算出されるまで繰り返す。また、演算処理部 5 4 は、算出結果を ECU 6 0 に通知する。ECU 6 0 は、算出結果に基づいて、例えば、複素インピーダンス平面プロット（コールコールプロット）を作成し、電極及び電解質などの特性を把握する。例えば、蓄電状態（SOC）や劣化状態（SOH）を把握する。

【 0 0 2 7 】

なお、コールコールプロット全体を必ずしも作成する必要はなく、その一部に着目してもよい。例えば、走行時、一定の時間間隔で特定周波数の複素インピーダンスを測定し、当該特定周波数の複素インピーダンスの時間変化に基づいて、SOC、SOH 及び電池温

10

20

30

40

50

度等の走行時における変化を把握してもよい。または、1日毎、1週ごと、若しくは1年ごとといった時間間隔で特定周波数の複素インピーダンスを測定し、当該特定周波数の複素インピーダンスの時間変化に基づいて、SOH等の変化を把握してもよい。

【0028】

ところで、複素インピーダンスの測定精度を確保するためには、電圧変動の測定値を平均化して（積分値にして）誤差を抑制する必要がある、測定周波数ごとに各交流信号について、それぞれある程度の波数を出力させ、その期間中、電圧変動を測定する必要がある。つまり、要求される精度があらかじめ決まっている場合、精度に応じた波数の交流信号を出力させる必要となる。ここで、測定周波数が異なれば、単位時間あたりの波数も異なる。したがって、測定周波数が、低周波数であれば、高周波数である場合に比較して、長時間の交流電流を出力させる必要があることとなる。つまり、測定周波数ごとに、必要となる出力期間が異なる。

10

【0029】

このため、複素インピーダンスを算出するために、周波数が異なる複数の交流信号を重ね合わせた合成波を、交流電流として出力させる場合、次のような問題がある。すなわち、合成波を構成する交流信号のうち最も低い周波数の交流信号において必要な波数を出力させるように、合成波の出力期間を設定した場合、出力期間が長くなる。このことから、最低周波数の交流信号以外の高周波数の交流信号においては、余分に長く出力されることとなり、効率が悪いという問題がある。そこで、本実施形態の電池測定装置50においては、以下のように構成した。図3に基づいてインピーダンス算出処理の詳細について説明する。

20

【0030】

演算処理部54は、所定のタイミングで、図3に示すインピーダンス算出処理を実行する。所定のタイミングとは、車両の起動開始時や、車両停止時、若しくは1日又は1週のうち予め決められた時刻などである。また、車両走行中における任意のタイミングであってもよい。

【0031】

インピーダンス算出処理を開始すると、まず、複素インピーダンスの測定周波数を設定する（ステップS101）。演算処理部54は、測定範囲内において予め決定された複数の周波数の中から複数（本実施形態では2つ）の測定周波数を選択し、設定する。複数の測定周波数を選択する際、いずれかの周波数が他の周波数の整数倍とならないように、選択する（若しくは一方の周波数をわずかにずらして調整する）。これは、高調波成分の影響を受けないようにするためである。なお、必ずしも複数（本実施形態では2つ）の測定周波数を設定する必要はなく、設定可能な測定周波数が1つだった場合、当該測定周波数を設定する。

30

【0032】

演算処理部54は、ステップS101で設定した測定周波数に基づいて、交流信号の出力期間を決定する（ステップS102）。ステップS101で2つの測定周波数を設定した場合、演算処理部54は、第1交流信号及び第2交流信号についてそれぞれ出力期間を決定する。出力期間は、交流信号の波数が所定回数出力させるまでの期間であり、測定周波数に基づいて算出される。波数の回数を示す所定回数は、要求される測定精度に応じて予め決定される。

40

【0033】

次に演算処理部54は、設定された測定周波数を変調信号発生器53に指示する（ステップS103）。変調信号発生器53では、指示された測定周波数に従って、発振器53a、53bに出力させる交流信号の周波数が設定される。そして、変調信号発生器53の発振器53a、53bは、設定された測定周波数に従って、交流信号を生成する。複数の交流信号が生成される場合、変調信号発生器53は、それらを重ね合わせて合成波を生成する。変調信号発生器53は、生成した合成波（又は交流信号）のアナログ信号をデジタル信号に変換して、当該合成波（又は交流信号）を出力させる指示信号を交流電流生成部

50

5 1 に出力する。

【 0 0 3 4 】

交流電流生成部 5 1 は、指示信号に基づいて電池セル 4 2 から交流電流（合成波、又は第 1 交流信号、又は第 2 交流信号）を出力させる。電圧応答測定部 5 2 は、電池セル 4 2 の端子間電圧を測定して、交流電流に応答する応答信号（電圧変動）を測定し、測定した応答信号を演算処理部 5 4 に出力する。

【 0 0 3 5 】

演算処理部 5 4 は、交流電流及び電圧変動に基づいて、電池セル 4 2 の複素インピーダンスに関する情報を算出する（ステップ S 1 0 4）。具体的に説明すると、演算処理部 5 4 は、交流電流を測定し、交流電流を構成する第 1 交流信号及び第 2 交流信号（又はいずれか）の測定値をそれぞれ取得する。つまり、第 1 電気経路 8 1 に流れる交流電流を測定し、測定された交流電流を各交流信号の周波数（測定周波数）によって解析し、実際に流れた各交流信号（測定信号）を抽出して、取得する。なお、演算処理部 5 4 は、変調信号発生器 5 3 が生成した各交流信号を、変調信号発生器 5 3 から入力して、取得してもよい。

【 0 0 3 6 】

そして、演算処理部 5 4 は、取得した交流信号に基づいて応答信号を解析し、応答信号の実部に比例した値と虚部に比例した値（複素インピーダンスに関する情報）を算出する。なお、応答信号の実部に比例した値と虚部に比例した値は、それぞれ各交流信号の出力開始時からの平均値（積分値）である。

【 0 0 3 7 】

次に、演算処理部 5 4 は、交流信号（第 1 交流信号及び第 2 交流信号）のうち、いずれかの出力期間が終了したか否かを判定する（ステップ S 1 0 5）。この判定結果が否定の場合、演算処理部 5 4 は、ステップ S 1 0 4 に移行する。つまり、演算処理部 5 4 は、測定及び算出を継続する。

【 0 0 3 8 】

一方、ステップ S 1 0 5 の判定結果が肯定の場合、演算処理部 5 4 は、出力期間が終了した交流信号の発生を停止させる（ステップ S 1 0 6）。この結果、変調信号発生器 5 3 は、出力期間が終了した交流信号の生成を停止する。なお、変調信号発生器 5 3 は、出力期間が終了していない交流信号が存在する場合、当該交流信号の生成を継続する。これ以降、新たな交流信号の生成が指示されるまで、残りの交流信号に基づいて、指示信号を生成し、交流電流生成部 5 1 に出力することとなる。

【 0 0 3 9 】

また、演算処理部 5 4 は、出力期間が終了した交流信号に対応する応答信号の実部及び虚部に比例した値を取得し、それらに基づいて、出力期間が終了した交流信号の測定周波数における複素インピーダンスの絶対値、位相のすべて若しくはいずれかを算出する（ステップ S 1 0 7）。また、演算処理部 5 4 は、算出した複素インピーダンスを E C U 6 0 に通知する。

【 0 0 4 0 】

次に、演算処理部 5 4 は、測定範囲内において予め決定された複数の測定周波数が全て選択されたか否かを判定する（ステップ S 1 0 8）。つまり、測定範囲の各周波数において、複素インピーダンスを算出したか否かを判定する。

【 0 0 4 1 】

この判定結果が否定の場合、演算処理部 5 4 は、測定範囲内において予め決定された複数の周波数のうち、未だ選択されていない周波数を測定周波数として選択し、設定する（ステップ S 1 0 9）。なお、ステップ S 1 0 1 と同様に、測定周波数を選択する際、いずれかの周波数が他の周波数の整数倍とならないように、選択する（若しくは一方の周波数をずらして調整する）。

【 0 0 4 2 】

演算処理部 5 4 は、新たに設定する測定周波数に基づいて、新たな交流信号の出力期間を決定する（ステップ S 1 1 0）。出力期間は、ステップ S 1 0 2 と同様に決定され

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 4 3 】

次に演算処理部 5 4 は、所定の出力タイミングで、新たに設定した測定周波数を変調信号発生器 5 3 に指示する（ステップ S 1 1 1）。所定の出力タイミングとは、例えば、前の交流信号の出力期間の終了時から一定時間経過後のタイミングである。

【 0 0 4 4 】

変調信号発生器 5 3 では、指示された測定周波数に従って、発振器 5 3 a, 5 3 b のうち測定周波数が設定されていない（つまり、交流信号を出力していない）発振器 5 3 a, 5 3 b に、新たに出力させる交流信号の周波数が設定される。そして、変調信号発生器 5 3 は、指示された 2 つの測定周波数に従って、それぞれ交流信号を生成し、それらを重ね合わせて合成波を生成する。変調信号発生器 5 3 は、生成した合成波（アナログ信号）をデジタル信号に変換して、当該合成波を出力させる指示信号を交流電流生成部 5 1 に出力する。

10

【 0 0 4 5 】

交流電流生成部 5 1 は、指示信号に基づいて電池セル 4 2 から交流電流（合成波）を出力させる。電圧応答測定部 5 2 は、電池セル 4 2 の端子間電圧を測定して、交流電流にตอบสนองする応答信号（電圧変動）を測定し、測定した応答信号を演算処理部 5 4 に出力する。

【 0 0 4 6 】

そして、演算処理部 5 4 は、ステップ S 1 0 4 に移行して、交流電流及び電圧変動に基づいて、電池セル 4 2 の複素インピーダンスに関する情報を算出する。

20

【 0 0 4 7 】

ステップ S 1 0 8 の判定結果が肯定の場合（予め決定された複数の測定周波数が全て選択された場合）、演算処理部 5 4 は、変調信号発生器 5 3 によって生成されている交流信号が存在しているか否か、すなわち、出力期間が終了していない交流信号が未だに存在しているか否かを判定する（ステップ S 1 1 2）。この判定結果が肯定の場合、演算処理部 5 4 は、ステップ S 1 0 4 に移行して、残りの交流信号について、電池セル 4 2 の複素インピーダンスに関する情報を算出する。

【 0 0 4 8 】

一方、ステップ S 1 1 2 の判定結果が否定の場合、つまり、全ての測定周波数について複素インピーダンスの算出が完了した場合、演算処理部 5 4 は、インピーダンス算出処理を終了する。

30

【 0 0 4 9 】

以上のように、演算処理部 5 4 は、周波数が異なる複数の交流信号を重ね合わせた合成波を前記蓄電池から出力させる電流制御部 5 4 a としての機能を有する。また、演算処理部 5 4 は、交流信号の周波数ごとに電圧変動を解析し、複素インピーダンスに関する情報を算出する演算部 5 4 b として機能する。また、インピーダンス算出方法が、電池測定方法に相当する。ステップ S 1 0 1 ~ 1 0 3、S 1 0 9 ~ S 1 1 1 が、電流制御ステップに相当する。ステップ S 1 0 4 が、電圧測定ステップ及び演算ステップに相当する。

【 0 0 5 0 】

このように構成されたことによる作用について説明する。上述したように合成波を構成する各交流信号の出力期間及び出力タイミングを設定することにより、図 4 に示すように合成波を構成される各交流信号が出力されることとなる。なお、図 4 では、第 1 交流信号は、第 2 交流信号よりも測定周波数が高いものが設定されている。また、図 4 において最初に生成される第 1 交流信号を第 1 交流信号 S 1 1 と示し、2 番目に生成される第 1 交流信号を第 1 交流信号 S 1 2 と示す。また、第 2 交流信号を第 2 交流信号 S 2 1 と示す。

40

【 0 0 5 1 】

最初の第 1 交流信号 S 1 1 は、第 2 交流信号 S 2 1 よりも高周波数であることから、必要な波数の第 1 交流信号 S 1 1 が出力されるまでの出力期間が短くなる。このため、図 4 に示すように、時点 T 0 から第 1 交流信号 S 1 1 及び第 2 交流信号 S 2 1 の合成波を交流電流として出力させる場合、第 1 交流信号 S 1 1 は、第 2 交流信号 S 2 1 よりも早く出力

50

期間が終了する。つまり、第 1 交流信号 S 1 1 は、時点 T 1 にて出力期間が終了する。

【 0 0 5 2 】

時点 T 1 が経過してから一定期間が経過する時点 T 2 までは、第 2 交流信号 S 2 1 のみが生成され、第 2 交流信号 S 2 1 が交流電流として出力される。時点 T 2 において、新たな第 1 交流信号 S 1 2 の生成が開始される。時点 T 2 以降は、第 1 交流信号 S 1 2 及び第 2 交流信号 S 2 1 の合成波が交流電流として出力される。

【 0 0 5 3 】

以上、第 1 実施形態によれば、以下のような優れた効果を有する。

【 0 0 5 4 】

演算処理部 5 4 は、合成波を構成する各交流信号についてそれぞれ予め決められた波数
10
を出力させる。その一方で、演算処理部 5 4 は、合成波を構成するいずれかの交流信号について予め決められた波数の出力が完了した場合、他の交流信号の出力を継続させつつ、出力が完了した交流信号を他の周波数を有する交流信号に切り替える。例えば、図 4 に示すように、演算処理部 5 4 は、合成波を構成する第 1 交流信号 S 1 1 について予め決められた波数の出力が完了した場合、他の第 2 交流信号 S 2 1 の出力を継続させつつ、出力が完了した第 1 交流信号 S 1 1 を他の周波数を有する第 1 交流信号 S 1 2 に切り替える。

【 0 0 5 5 】

これにより、高周波数の第 1 交流信号 S 1 1 の出力期間終了後、低周波数の第 2 交流信号 S 2 1 の出力期間が終了することを待つことなく、他の測定周波数を有する新たな第 1
20
交流信号 S 1 2 を重ね合わせた新たな合成波を交流電流として出力させることができる。このため、低周波数の第 1 交流信号 S 1 1 の出力期間が終了することを待って、新たな合成波を設定する場合に比較して、効率をよくすることが可能となる。また、各測定周波数において、予め決められた波数の交流信号を出力させて、複素インピーダンスの算出精度を維持することができる。

【 0 0 5 6 】

演算処理部 5 4 は、合成波を構成する交流信号のうちいずれかの交流信号の周波数が、他の交流信号の周波数の整数倍とならないように、合成波を構成する各交流信号の周波数を設定する。これにより、ある周波数若しくはその高調波の周波数が、他の周波数若しくはその高調波の周波数と一致することを防ぎ、交流電流の振幅が異常に高くなることを抑制
30
できる。

【 0 0 5 7 】

(第 2 実施形態)

上記第 1 実施形態の構成を、次の第 2 実施形態のように変更してもよい。以下、第 2 実施形態では、主に、上記各実施形態で説明した構成に対する相違部分について説明する。また、第 2 実施形態では、基本構成として、第 1 実施形態の電源システム 1 0 を例に説明する。

【 0 0 5 8 】

第 2 実施形態のインピーダンス算出処理について図 5 に基づいて説明する。インピーダンス算出処理を開始すると、まず、演算処理部 5 4 は、ステップ S 1 0 1 と同様にして、複素インピーダンスの測定周波数を設定する (ステップ S 2 0 1) 。
40

【 0 0 5 9 】

次に、演算処理部 5 4 は、記憶装置に記憶されている複素インピーダンスの履歴等を参照し、ステップ S 2 0 1 で設定された各測定周波数に基づいて複素インピーダンスの大きさを推定する (ステップ S 2 0 2) 。例えば、記憶装置に、図 6 に示すようなコールコールプロットと、各測定結果が測定されたときにおける測定周波数との関係性を示すマップが記憶されているとする。この場合、演算処理部 5 4 は、マップを参照し、ステップ S 2 0 1 で設定された各測定周波数に基づいて複素インピーダンスの大きさ (絶対値) の推定値を算出すればよい。これにより、演算処理部 5 4 は、複素インピーダンスの大きさを推定する推定部としての機能を有する。

【 0 0 6 0 】

10

20

30

40

50

演算処理部 5 4 は、測定周波数ごとに、推定された複素インピーダンスの大きさに応じて、交流信号の振幅を設定する（ステップ S 2 0 3）。複素インピーダンスの大きさが小さい場合には、通常の振幅よりも、交流信号の振幅を大きくするように決定する。これにより、当該交流信号にตอบสนองする電圧変動を大きくし、測定精度を向上させる。例えば、図 6 に示すように、測定周波数が数 k H z 程度（高周波数）の帯域又は数 1 0 H z 程度（低周波数）の帯域である場合には、複素インピーダンスの大きさの推定値が小さいため、交流信号の振幅を大きくする。一方、測定周波数が、数 1 0 0 H z 程度（中間周波数）の帯域である場合には、複素インピーダンスの大きさの推定値が大きいため、交流信号の振幅を小さく（通常値に）する。

【 0 0 6 1 】

10

各交流信号の振幅を決定する際、演算処理部 5 4 は、合成波の振幅が所定範囲となるように調整する。具体的には、合成波に重ねられる直流バイアスを考慮して、合成波の極大値（瞬時値が最大となる値）が、予め決められた最大電流値以下となっており、合成波の極小値（瞬時値が最小となる値）が、予め決められた最小電流値以上となるように、各交流信号の振幅を決定する。電池セル 4 2 の最大電流値は、例えば、定格電流などで決定される。

【 0 0 6 2 】

演算処理部 5 4 は、ステップ S 1 0 2 と同様にして、ステップ S 2 0 1 で設定した測定周波数に基づいて、交流信号の出力期間を決定する（ステップ S 2 0 4）。次に演算処理部 5 4 は、ステップ S 2 0 2 , S 2 0 3 で設定されたパラメータ（測定周波数及び振幅）を変調信号発生器 5 3 に指示する（ステップ S 2 0 5）。変調信号発生器 5 3 では、指示されたパラメータに従って、発振器 5 3 a , 5 3 b に出力させる交流信号の周波数及び振幅が設定される。

20

【 0 0 6 3 】

そして、変調信号発生器 5 3 の発振器 5 3 a , 5 3 b は、設定された測定周波数及び振幅に従って、交流信号を生成する。複数の交流信号が生成される場合、変調信号発生器 5 3 は、それらを重ね合わせて合成波を生成する。変調信号発生器 5 3 は、生成した合成波（又は交流信号）のアナログ信号をデジタル信号に変換して、当該合成波（又は交流信号）を出力させる指示信号を交流電流生成部 5 1 に出力する。

【 0 0 6 4 】

交流電流生成部 5 1 は、指示信号に基づいて電池セル 4 2 から交流電流を出力させる。電圧応答測定部 5 2 は、電池セル 4 2 の端子間電圧を測定して、交流電流にตอบสนองする応答信号を測定し、測定した応答信号を演算処理部 5 4 に出力する。

30

【 0 0 6 5 】

交流電流生成部 5 1 は、指示信号に基づいて電池セル 4 2 から交流電流を出力させる。電圧応答測定部 5 2 は、電池セル 4 2 の端子間電圧を測定して、交流電流にตอบสนองする応答信号を測定し、測定した応答信号を演算処理部 5 4 に出力する。

【 0 0 6 6 】

以降、ステップ S 2 0 6 ~ S 2 1 1 , S 2 1 6 は、それぞれステップ S 1 0 4 ~ S 1 0 9 , ステップ S 1 1 2 と同様であるため、詳細な説明は省略する。

【 0 0 6 7 】

40

ステップ S 2 1 1 において、新たな測定周波数を設定すると、演算処理部 5 4 は、ステップ S 2 0 2 と同様にして、新たに設定する測定周波数に基づいて、複素インピーダンスの大きさを推定する（ステップ S 2 1 2）。次に、演算処理部 5 4 は、ステップ S 2 0 3 と同様にして、新たな測定周波数について、推定された複素インピーダンスの大きさに応じて、交流信号の振幅を設定する（ステップ S 2 1 3）。

【 0 0 6 8 】

その後、演算処理部 5 4 は、ステップ S 2 0 4 と同様にして、新たな測定周波数に基づいて、新たな交流信号の出力期間を決定する（ステップ S 2 1 4）。演算処理部 5 4 は、所定の出力タイミングで、新たに設定した測定周波数及び振幅を変調信号発生器 5 3 に指示する（ステップ S 2 1 5）。所定の出力タイミングとは、例えば、前の交流信号の出力

50

期間の終了時から一定時間経過後のタイミングである。

【 0 0 6 9 】

変調信号発生器 5 3 では、指示された測定周波数及び振幅に従って、発振器 5 3 a , 5 3 b のうち測定周波数及び振幅が設定されていない発振器 5 3 a , 5 3 b に、新たに出力させる交流信号の周波数及び振幅が設定される。そして、変調信号発生器 5 3 は、設定された測定周波数及び振幅に従って、それぞれ交流信号を生成し、それらを重ね合わせて合成波を生成する。変調信号発生器 5 3 は、生成した合成波を出力させる指示信号を交流電流生成部 5 1 に出力する。

【 0 0 7 0 】

交流電流生成部 5 1 は、指示信号に基づいて電池セル 4 2 から交流電流（合成波）を出力させる。電圧応答測定部 5 2 は、電池セル 4 2 の端子間電圧を測定して、交流電流に
10 応答する応答信号を測定し、測定した応答信号を演算処理部 5 4 に出力する。

【 0 0 7 1 】

そして、演算処理部 5 4 は、ステップ S 2 0 6 に移行して、交流電流及び電圧変動に基づいて、電池セル 4 2 の複素インピーダンスに関する情報を算出する。

【 0 0 7 2 】

以上、第 2 実施形態によれば、以下のような優れた効果を有する。

【 0 0 7 3 】

演算処理部 5 4 は、合成波を構成する交流信号の周波数（測定周波数）ごとに、複素インピーダンスの大きさを推定する。そして、演算処理部 5 4 は、合成波を構成する交流信号の振幅を決定する際、測定周波数に応じた複素インピーダンスの推定値に応じて当該交流信号の振幅を決定する。具体的には、複素インピーダンスの推定値が小さい場合には、交流信号の振幅を大きくして、複素インピーダンスの推定値が大きい場合には、交流信号の振幅を小さくする。これにより、複素インピーダンスが小さいと予想される場合、交流信号の振幅を大きくして、当該交流信号に対応する電圧変動を大きくすることができる。このため、複素インピーダンスが小さい場合に、測定精度を向上させる。

20

【 0 0 7 4 】

演算処理部 5 4 は、合成波の振幅が所定の範囲内となるように合成波を構成する交流信号の振幅を調整する。具体的には、合成波に重ねられる直流バイアスを考慮して、合成波の極大値（瞬時値が最大となる値）が、予め決められた電流最大値以下となつて、合成波の極小値（瞬時値が最小となる値）が、予め決められた電流最小値以上となるように、各交流信号の振幅を決定する。

30

【 0 0 7 5 】

これにより、電池セル 4 2 から出力される交流電流（合成波）が大きく変動することを抑制できる。このため、電池セル 4 2 の定格電流を超える大きな電流が流れることを防止できる。また、電池セル 4 2 から出力される交流電流（つまり、放電電流）が大きく変動することにより、電池セル 4 2 の状態（複素インピーダンスや、電圧、SOC 等）に大きな影響を与えることを防止できる。

【 0 0 7 6 】

（第 3 実施形態）

40

上記第 1 実施形態の構成を、次の第 3 実施形態のように変更してもよい。以下、第 3 実施形態では、主に、上記各実施形態で説明した構成に対する相違部分について説明する。また、第 3 実施形態では、基本構成として、第 2 実施形態の電源システム 1 0 を例に説明する。

【 0 0 7 7 】

必要な情報（反応抵抗やオーミック抵抗など）を取得するためにコールコールプロットを作成する際、複素インピーダンスの測定周波数は、高いものは数 k H z 以上となり、低いものは数十 H z となる場合がある。このため、低周波数の交流信号と、高周波数の交流信号とを重ね合わせて合成波とする場合、低周波数の交流信号の出力が半周期以下で、高周波数の交流信号の出力期間が終了する場合がある。

50

【 0 0 7 8 】

そして、図 7 (a) に示すように、低周波数の交流信号の瞬時値が高い期間において高周波数の交流信号を重ね合わせると、結果としてその合成波の瞬時値の最大値は、大きくなる。また、図 7 (b) に示すように、低周波数の交流信号の瞬時値が低い期間において高周波数の交流信号を重ね合わせると、結果としてその合成波の瞬時値の最小値は、小さくなる。このように構成すると、高周波数の交流信号の出力タイミングによっては、交流電流の電流値（瞬時値）が大きくなる時期と、小さくなり時期に偏りができ、結果として、電池セル 4 2 から出力される交流電流の変動が大きくなる。この場合、電池セル 4 2 の状態に影響を与える可能性がある。そこで、第 3 実施形態では以下のように構成している。

【 0 0 7 9 】

演算処理部 5 4 は、複数の交流信号を重ね合わせて合成波を生成する場合、複数の交流信号のうち、高周波数の交流信号の出力期間が、低周波数の交流信号のうちいずれかの交流信号の周期の半分以下であるか否かを判定する。例えば、演算処理部 5 4 は、第 1 交流信号及び第 2 交流信号のうち、高周波数の交流信号の出力期間が、低周波数の交流信号の周期の半分以下であるか否かを判定する。

【 0 0 8 0 】

この判定結果が肯定の場合、演算処理部 5 4 は、低周波数の交流信号の瞬時値（平均値からの変位）が、最大値又は最小値よりも平均値に近い期間において、高周波数の交流信号の出力期間が設定されるように、高周波数の交流信号の出力開始タイミングを調整する。より具体的には、演算処理部 5 4 は、高周波数の交流信号の出力期間の中間時点が、低周波数の交流信号の位相が n （ n は自然数）となる時点と一致するように、高周波数の交流信号の出力期間を設定する。

【 0 0 8 1 】

つまり、図 8 に示すように、演算処理部 5 4 は、高周波数の交流信号の出力期間の中間時点と、低周波数の交流信号の変位がゼロとなる時点（瞬時値が平均値と一致する時点）とが一致するように、高周波数の交流信号の出力期間を設定する。これにより、高周波数の交流信号の出力期間のうち半分は、低周波数の交流信号の変位が基準（平均値、直流バイアス）よりも正となる期間と重複し、残り半分は、負となる期間と重複することとなる。また、高周波数の交流信号の出力期間は、低周波数の交流信号の変位が小さい期間に重複することとなる。

【 0 0 8 2 】

以上、第 3 実施形態によれば、以下のような優れた効果を有する。

【 0 0 8 3 】

演算処理部 5 4 は、低周波数の交流信号の瞬時値（平均値からの変位）が、最大値又は最小値よりも平均値に近い期間において、高周波数の交流信号の出力期間が設定されるように、高周波数の交流信号の出力開始タイミングを調整する。これにより、低周波数の交流信号の瞬時値が、最大値及び最小値に近い期間において、高周波数の交流信号の出力期間が設定される場合に比較して、交流電流の偏りを抑制することができる。このため、交流電力の出力により、電池セル 4 2 の状態に変化を与えることを抑制できる。

【 0 0 8 4 】

（上記第 3 実施形態の変形例）

・上記第 3 実施形態において、演算処理部 5 4 は、低周波数の交流信号の位相 が、 0° 、 45° 、 135° 、 225° 、 315° 、 360° を満たす期間中に、高周波数の交流信号の出力期間を設定するようにしてもよい。つまり、直流バイアスがかけていない正弦波信号である場合、瞬時値（変位）が振幅の半分以下となる期間に、高周波数の交流信号の出力期間を設定してもよい。

【 0 0 8 5 】

（その他の変形例）

・上記実施形態において、測定周波数ごとに応答信号（電圧変動）を解析し、複素インピーダンスの振幅、位相等を測定、算出する方法は、任意の方法でよく、例えば、ロック

10

20

30

40

50

イン検出を利用してもよい。また、ロックイン検出に限らず、ヘテロダイン検出、フーリエ変換等を利用してもよい。

【0086】

・上記実施形態の電池測定装置50において、図9に示すように、合成波を構成する交流信号ごとに、それぞれロックインアンプ101, 102を設けてもよい。そして、複数のロックインアンプ101, 102を利用して、複数チャンネルで同時に応答信号についてロックイン検出(2位相ロックイン検出)を実施し、応答信号を解析し、複素インピーダンスに関する情報(電圧変動の実部及び虚部)を取得してもよい。ロックイン検出を実施する際、応答信号(電圧変動)にかけ合わせる参照信号は、発振器53a, 53bが生成した交流信号でもよいし、フィードバック信号(検出信号)から抽出した交流信号であつてもよい。これにより、同時期に、複数の測定周波数において、複素インピーダンスに関する情報を算出することが可能となる。

10

【0087】

なお、図9において、電池測定装置50には、安定化電源供給部103が設けられている。安定化電源供給部103は、電池セル42の電源ラインに接続されており、電池セル42から供給された電力を、各種回路素子(演算処理部54、発振器53a, 53b及び通信部55等)に対して供給している。

【0088】

・上記実施形態において、測定された応答信号(電圧変動)を一旦記憶しておき、記憶された応答信号を測定周波数ごとに解析してよい。その際、複数の測定周波数について同時に解析して複素インピーダンスに関する情報を算出する必要はなく、順次算出するようにしてもよい。これにより、複数のロックインアンプを設ける必要はなくなる。

20

【0089】

・上記実施形態において、フィードバック信号(検出信号)をロックイン検出(2位相検出)して、実際に電池セル42に流れる交流信号を抽出し、測定された交流信号と応答信号(電圧変動)に基づいて、複素インピーダンスに関する情報を取得してもよい。フィードバック信号をロックイン検出する際、フィードバック信号にかけ合わせる参照信号は、発振器53a, 53bが生成した交流信号とすればよい。

【0090】

・上記実施形態において、演算処理部54が複素インピーダンスの絶対値及び位相差を算出する必要はなく、複素インピーダンスに関する情報を応答信号及び電流信号に基づいて算出し、ECU60等の外部装置に出力してもよい。なお、複素インピーダンスに関する情報は、例えば、複素インピーダンスの絶対値や位相差等を算出するために必要な途中経過(例えば、電流と電圧の実部と虚部のみ)のことである。そして、外部装置に最終結果、つまり、複素インピーダンスの絶対値及び位相差等を算出させてもよい。

30

【0091】

・上記実施形態の電池測定装置50を、車両として、HEV, EV, PHV, 補機電池、電動飛行機、電動バイク、電動船舶に採用してもよい。また、上記実施形態において、電池セル42は、並列に接続されていてもよい。

【0092】

・上記実施形態において、交流信号を電池セル42から出力させたが、外部電源から電池セル42に交流信号を入力して外乱を与えてもよい。このとき、交流信号の入力により電池セル42の蓄電状態(SOC等)に変化がないように、充電電荷量と放電電荷量が等しくなるような交流信号を入力してもよい。なお、充電電荷量と放電電荷量に差をつけて、電池セル42の蓄電状態が所望の値となるように調整してもよい。車両用の電池測定装置50である場合、外部電源は、車載されているものでもよいし、車外の装置であってもよい。

40

【0093】

・上記実施形態において、電池測定装置50は、車載の組電池40以外の蓄電池の状態を測定してもよい。

50

・上記実施形態において、合成波を構成する交流信号の数は、任意に変更してもよい。

・上記実施形態では、複数の発振器 5 3 a , 5 3 b により交流信号を発生させて、それらを合成したが、任意の波形を発生させることができる発振器を備えてもよい。例えば、合成波の波形そのものを記憶しておき、その通りに合成波を発生させることが可能な発振器を備えてもよい。

・上記第 2 実施形態では、合成波を構成する交流信号の周波数ごとに複素インピーダンスの大きさを推定し、推定値に応じて当該交流信号の振幅を決定し、当該交流信号に基づいて複素インピーダンスを測定、算出していた。このとき、算出された複素インピーダンスの値が、測定前の推定値と比較してある基準値以下である場合、当該交流信号の振幅を大きくして、再度測定を行ってもよい。これにより、測定精度を向上させることが可能となる。

10

【 0 0 9 4 】

・上記実施形態において、測定された電圧変動及び交流電流を記憶しておき、記憶された電圧変動及び交流電流に基づいて、測定周波数ごとに順次解析するようにしてもよい。つまり、同時期に複数の交流信号について電圧変動を解析しなくてもよい。

【 0 0 9 5 】

・上記実施形態において、交流信号の波数は、任意に変更してもよい。例えば、演算処理部 5 4 は、電池セル 4 2 に接続される電気負荷（インバータ 3 0 等）の起動中、停止中である場合に比較して入出力させる波数を多く設定するようにしてもよい。

【 0 0 9 6 】

20

この明細書における開示は、例示された実施形態に制限されない。開示は、例示された実施形態と、それらに基づく当業者による変形態様を包含する。例えば、開示は、実施形態において示された部品および／または要素の組み合わせに限定されない。開示は、多様な組み合わせによって実施可能である。開示は、実施形態に追加可能な追加的な部分をもつことができる。開示は、実施形態の部品および／または要素が省略されたものを包含する。開示は、ひとつの実施形態と他の実施形態との間における部品および／または要素の置き換え、または組み合わせを包含する。開示される技術的範囲は、実施形態の記載に限定されない。開示されるいくつかの技術的範囲は、請求の範囲の記載によって示され、さらに請求の範囲の記載と均等の意味及び範囲内での全ての変更を含むものと解されるべきである。

30

【 0 0 9 7 】

本開示に記載の制御部及びその手法は、コンピュータプログラムにより具体化された一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。あるいは、本開示に記載の制御部及びその手法は、一つ以上の専用ハードウェア論理回路によってプロセッサを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。もしくは、本開示に記載の制御部及びその手法は、一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリと一つ以上のハードウェア論理回路によって構成されたプロセッサとの組み合わせにより構成された一つ以上の専用コンピュータにより、実現されてもよい。また、コンピュータプログラムは、コンピュータにより実行されるインストラクションとして、コンピュータ読み取り可能な非遷移有形記録媒体に記憶されていてもよい。

40

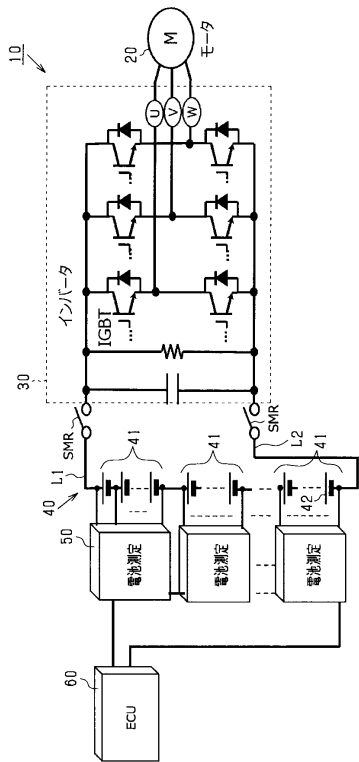
【 符号の説明 】

【 0 0 9 8 】

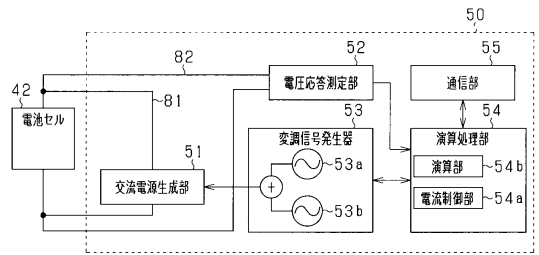
4 2 ... 電池セル、 5 0 ... 電池測定装置、 5 2 ... 電圧応答測定部、 5 4 a ... 電流制御部、 5 4 b ... 演算部。

【図面】

【図 1】



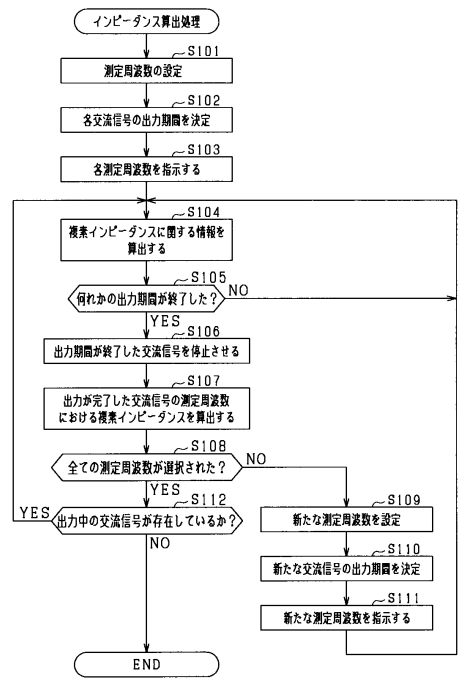
【図 2】



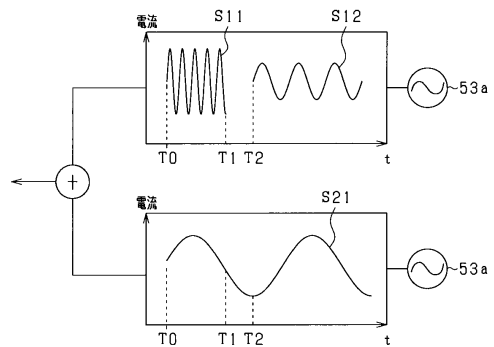
10

20

【図 3】



【図 4】

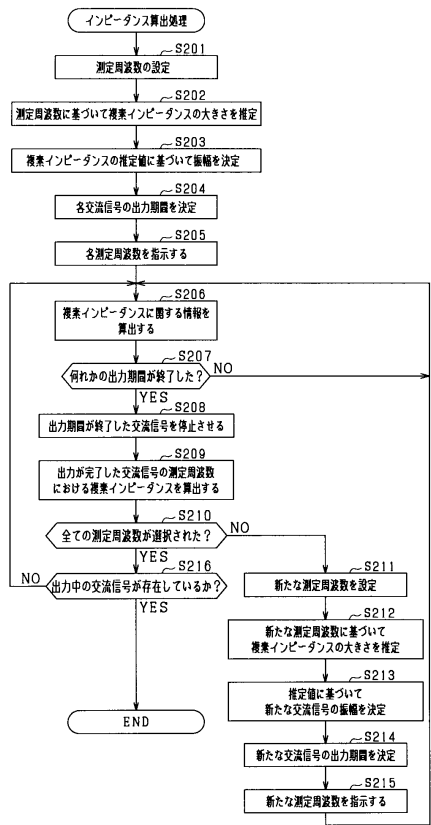


30

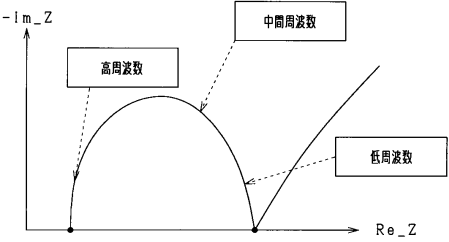
40

50

【図 5】



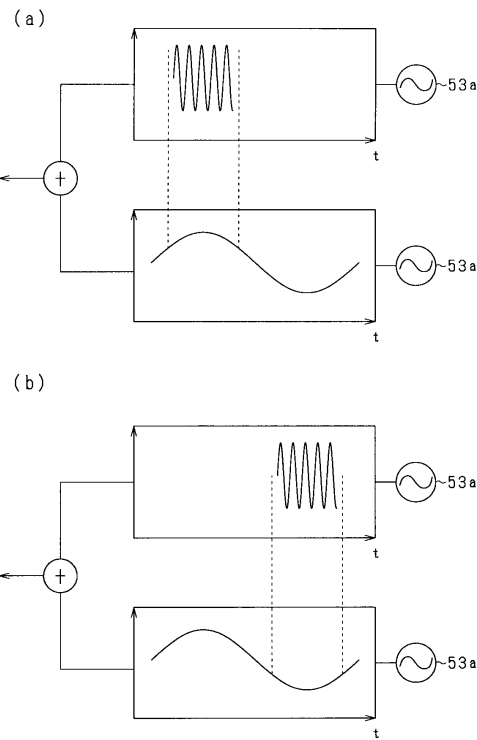
【図 6】



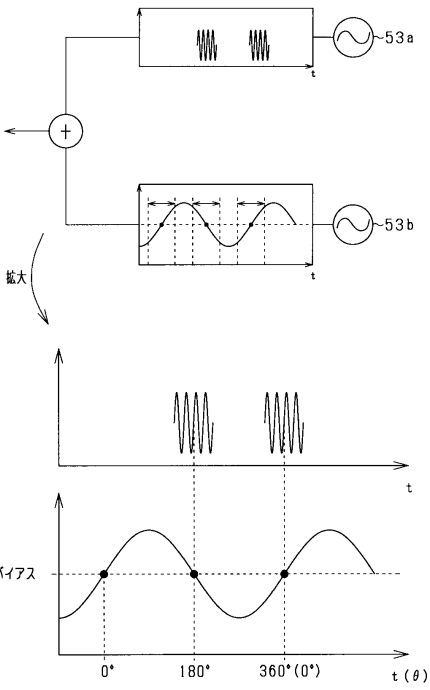
10

20

【図 7】



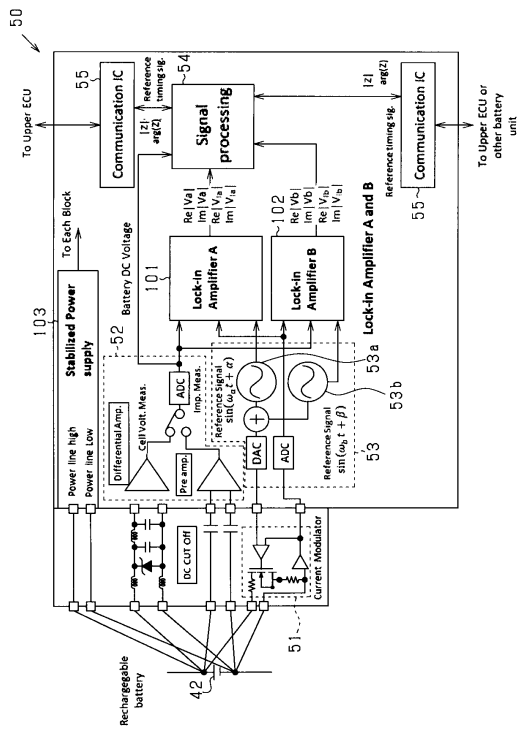
【図 8】



30

40

50



フロントページの続き

愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内
(72)発明者 石部 功
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内
審査官 小川 浩史
(56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 9 0 8 6 9 (J P , A)
韓国登録特許第 1 0 - 1 5 6 7 2 4 8 (K R , B 1)
特開 2 0 2 1 - 1 8 0 6 9 (J P , A)
特開 2 0 1 8 - 1 9 0 5 0 2 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 1 7 6 1 4 2 (U S , A 1)
特開 2 0 1 2 - 7 8 3 3 9 (J P , A)
特開昭 5 5 - 4 7 4 3 3 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 1 8 8 4 1 4 (U S , A 1)
特開 2 0 2 2 - 7 5 1 5 (J P , A)
(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 7 / 0 0 - 2 7 / 3 2
H 0 1 M 1 0 / 4 2 - 1 0 / 4 8
H 0 2 J 7 / 0 0