

(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
2016年1月14日(14.01.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/006114 A1

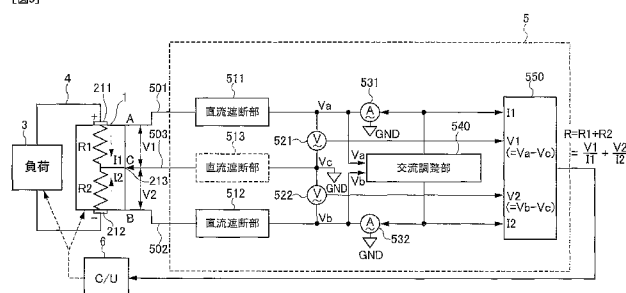
- (51) 国際特許分類:
G01R 31/36 (2006.01) *G01R 27/02* (2006.01)
G01N 27/02 (2006.01) *H01M 8/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/068634
- (22) 国際出願日: 2014年7月11日(11.07.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日産自動車株式会社(NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2210023 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 松本 充彦(MATSUMOTO, Michihiko); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 明石 耕太郎(AKASHI, Kotaro); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 金子 庸平(KANEKO, Yohei); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 佐藤 雅士(SATO, Masashi); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 後藤 政喜, 外(GOTO, Masaki et al.); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目3番1号 尚友会館 後藤特許事務所 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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, 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, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, 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).

[続葉有]

(54) Title: FUEL CELL IMPEDANCE MEASUREMENT DEVICE AND FUEL CELL IMPEDANCE MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: 燃料電池のインピーダンス測定装置および燃料電池のインピーダンス測定方法

[図3]



3... LOAD
511... DC BREAKER UNIT
512... DC BREAKER UNIT
513... DC BREAKER UNIT
540... AC ADJUSTMENT UNIT

(57) Abstract: This impedance measurement device for a fuel cell adjusts an AC current such that a positive electrode-side AC potential difference, which is the difference between the potential on the positive electrode side of the fuel cell and an intermediate potential, matches a negative electrode-side AC potential difference, which is the difference between the potential on the negative electrode side of the fuel cell and the intermediate potential, and calculates the impedance of the fuel cell on the basis of the positive electrode-side AC potential difference and/or the negative electrode-side AC potential difference, and of the adjusted AC current. The frequency of the AC current output to the fuel cell is adjusted so as not to coincide with a frequency based on the fluctuation of a load connected to the fuel cell.

(57) 要約:

[続葉有]

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

燃料電池のインピーダンス測定装置は、燃料電池の正極側の電位と中途電位との差である正極側交流電位差、および、燃料電池の負極側の電位と中途電位との差である負極側交流電位差とが一致するように交流電流を調整し、正極側交流電位差および負極側交流電位差のうちの少なくとも一方の交流電位差と、調整された交流電流とに基づいて、燃料電池のインピーダンスを算出する。燃料電池に出力する交流電流の周波数は、燃料電池と接続されている負荷の変動に基づく周波数と一致しない周波数となるように調整する。

明 細 書

発明の名称：

燃料電池のインピーダンス測定装置および燃料電池のインピーダンス測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、燃料電池のインピーダンスを測定する技術に関する。

背景技術

[0002] WO 2 0 1 2 / 0 7 7 4 5 0 Aには、燃料電池から負荷に電力を供給した状態で、燃料電池の内部抵抗を測定できる内部抵抗測定装置が開示されている。この内部抵抗測定装置は、測定精度を確保するため負荷側に電流が漏れ出ないように、燃料電池の正極端子と負極端子とに同一の交流信号を出力する。そして、燃料電池の正極端子の電位から、その正極端子と負極端子との間に位置する中途端子の電位を引いた電位差と、負極端子の電位から上記の中途端子の電位を引いた電位差とが一致するように、夫々の電極端子に出力される交流信号の振幅を調整する。その後、調整された電位差信号と交流出力信号とに基づいて燃料電池の内部インピーダンスを測定している。

発明の概要

[0003] しかしながら、負荷が変動して、交流信号の周波数と負荷変動の周波数とが一致してしまうと、燃料電池の正極端子と負極端子とに印加した交流信号が負荷側に流れてしまい、燃料電池のインピーダンスを精度良く測定することができなくなる可能性がある。

[0004] 本発明は、負荷が変動した場合でも、燃料電池のインピーダンスを精度良く測定する技術を提供することを目的とする。

[0005] 本発明の一態様における燃料電池のインピーダンス測定装置は、燃料電池の正極側の電位と中途電位との差である正極側交流電位差、および、燃料電池の負極側の電位と中途電位との差である負極側交流電位差とが一致するように交流電流を調整し、正極側交流電位差および負極側交流電位差のうちの

少なくとも一方の交流電位差と、調整された交流電流とに基づいて、燃料電池のインピーダンスを算出する。燃料電池に出力する交流電流の周波数は、燃料電池と接続されている負荷の変動に基づく周波数と一致しない周波数となるように調整する。

[0006] 本発明の実施形態については、添付された図面とともに以下に詳細に説明される。

図面の簡単な説明

[0007] [図1A]図 1 Aは、本発明による燃料電池のインピーダンス測定装置の測定対象である燃料電池の外観斜視図である。

[図1B]図 1 Bは、燃料電池の発電セルの構造を示す分解図である。

[図2]図 2は、一実施形態における燃料電池のインピーダンス測定装置を燃料電池車に搭載した場合のシステム構成図である。

[図3]図 3は、一実施形態における燃料電池のインピーダンス測定装置の回路図である。

[図4]図 4は、正極側直流遮断部、負極側直流遮断部、中途点直流遮断部、正極側交流電位差検出部及び負極側交流電位差検出部の詳細な構成を示す図である。

[図5]図 5は、正極側電源部及び負極側電源部の詳細な構成を示す図である。

[図6]図 6は、交流調整部の詳細な構成を示す図である。

[図7]図 7は、インピーダンス演算部の詳細な構成を示す図である。

[図8]図 8は、主に燃料電池のインピーダンス測定装置のコントロールユニットが実行する制御フローチャートである。

[図9A]図 9 Aは、負荷が低い状態で燃料電池の両端の電圧を測定した際に、負荷の増大に応じて振幅が大きい周波数が増えることを表す実験結果の一例を示す図である。

[図9B]図 9 Bは、負荷が高い状態で燃料電池の両端の電圧を測定した際に、負荷の増大に応じて振幅が大きい周波数が増えることを表す実験結果の一例を示す図である。

[図10]図10は、負荷がある大きさの状態で燃料電池の両端の電圧を測定した際の電圧の大きさと周波数との関係を示す図である。

[図11]図11は、負荷の変動周波数と一致しないように、正極側電源部及び負極側電源部から出力される交流信号の周波数を設定するとともに、交流信号の振幅を決定し、決定した周波数および振幅の交流信号を正極側電源部及び負極側電源部から出力する手順を示すフローチャートである。

[図12]図12は、相電圧周波数と実施周波数との関係の一例を示す図である。

[図13]図13は、相電圧周波数と交流信号の振幅との関係の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0008] 図1Aは、本発明による燃料電池のインピーダンス測定装置の測定対象である燃料電池の外観斜視図である。図1Bは、燃料電池の発電セルの構造を示す分解図である。

[0009] 図1Aに示されるように、燃料電池スタック1（以下、単に燃料電池1とも呼ぶ）は、積層された複数の発電セル10と、集電プレート20と、絶縁プレート30と、エンドプレート40と、4本のテンションロッド50とを備える。

[0010] 発電セル10は、燃料電池の単位セルである。各発電セル10は、例えば1ボルト(V)程度の起電圧を生じる。各発電セル10の構成の詳細については後述する。

[0011] 集電プレート20は、積層された複数の発電セル10の外側にそれぞれ配置される。集電プレート20は、ガス不透過性の導電性部材、例えば緻密質カーボンで形成される。集電プレート20は、正極端子211及び負極端子212を備える。また正極端子211及び負極端子212の間には、中途端子213が設けられる。中途端子213は、正極端子211及び負極端子212の間の中点であってもよいし、中点から外れた位置であってもよい。燃料電池スタック1は、正極端子211及び負極端子212によって、各発電

セル 10 で生じた電子 e^- が取り出されて出力する。

[0012] 絶縁プレート 30 は、集電プレート 20 の外側にそれぞれ配置される。絶縁プレート 30 は、絶縁性の部材、例えばゴムなどで形成される。

[0013] エンドプレート 40 は、絶縁プレート 30 の外側にそれぞれ配置される。エンドプレート 40 は、剛性のある金属材料、例えば鋼などで形成される。

[0014] 一方のエンドプレート 40 (図 1 A では、左手前のエンドプレート 40) には、アノード供給口 41 a と、アノード排出口 41 b と、カソード供給口 42 a と、カソード排出口 42 b と、冷却水供給口 43 a と、冷却水排出口 43 b とが設けられている。本実施形態では、アノード排出口 41 b、冷却水排出口 43 b 及びカソード供給口 42 a は図中右側に設けられている。また、カソード排出口 42 b、冷却水供給口 43 a 及びアノード供給口 41 a は図中左側に設けられている。

[0015] テンションロッド 50 は、エンドプレート 40 の四隅付近にそれぞれ配置される。燃料電池スタック 1 は、内部に貫通した孔(不図示)が形成されている。この貫通孔にテンションロッド 50 が挿通される。テンションロッド 50 は、剛性のある金属材料、例えば鋼などで形成される。テンションロッド 50 は、発電セル 10 同士の電気短絡を防止するため、表面には絶縁処理されている。このテンションロッド 50 にナット(奥にあるため図示されない)が螺合する。テンションロッド 50 とナットとが燃料電池スタック 1 を積層方向に締め付ける。

[0016] アノード供給口 41 a にアノードガスとしての水素を供給する方法としては、例えば水素ガスを水素貯蔵装置から直接供給する方法、又は水素を含有する燃料を改質して改質した水素含有ガスを供給する方法などがある。なお、水素貯蔵装置としては、高圧ガスタンク、液化水素タンク、水素吸蔵合金タンクなどがある。水素を含有する燃料としては、天然ガス、メタノール、ガソリンなどがある。また、カソード供給口 42 a に供給するカソードガスとしては、一般的に空気が利用される。

[0017] 図 1 B に示されるように、発電セル 10 は、膜電極接合体(Membrane Elect

rode Assembly ; M E A) 1 1 の両面に、アノードセパレーター(アノードバイポーラープレート) 1 2 a 及びカソードセパレーター(カソードバイポーラープレート) 1 2 b が配置される構造である。

[0018] M E A 1 1 は、イオン交換膜からなる電解質膜 1 1 1 の両面に電極触媒層 1 1 2 が形成される。この電極触媒層 1 1 2 の上にガス拡散層(Gas Diffusion Layer ; G D L) 1 1 3 が形成される。

[0019] 電極触媒層 1 1 2 は、例えば白金が担持されたカーボンブラック粒子で形成される。

[0020] G D L 1 1 3 は、十分なガス拡散性及び導電性を有する部材、例えばカーボン繊維で形成される。

[0021] アノード供給口 4 1 a から供給されたアノードガスは、この G D L 1 1 3 a を流れてアノード電極触媒層 1 1 2 (1 1 2 a) と反応し、アノード排出口 4 1 b から排出される。

[0022] カソード供給口 4 2 a から供給されたカソードガスは、この G D L 1 1 3 b を流れてカソード電極触媒層 1 1 2 (1 1 2 b) と反応し、カソード排出口 4 2 b から排出される。

[0023] アノードセパレーター 1 2 a は、G D L 1 1 3 a 及びシール 1 4 a を介して M E A 1 1 の片面(図 1 B の裏面)に重ねられる。カソードセパレーター 1 2 b は、G D L 1 1 3 b 及びシール 1 4 b を介して M E A 1 1 の片面(図 1 B の表面)に重ねられる。シール 1 4 (1 4 a , 1 4 b) は、例えばシリコーンゴム、エチレンプロピレンゴム(ethylene propylene diene monomer ; E P D M)、フッ素ゴムなどのゴム状弾性材である。アノードセパレーター 1 2 a 及びカソードセパレーター 1 2 b は、例えばステンレスなどの金属製のセパレーター基体がプレス成型されて、一方の面に反応ガス流路が形成され、その反対面に反応ガス流路と交互に並ぶように冷却水流路が形成される。図 1 B に示すように、アノードセパレーター 1 2 a 及びカソードセパレーター 1 2 b が重ねられて、冷却水流路が形成される。

[0024] M E A 1 1 、アノードセパレーター 1 2 a 及びカソードセパレーター 1 2

bには、それぞれ孔41a、41b、42a、42b、43a、43bが形成されており、これらが重ねられて、アノード供給口(アノード供給マニホールド)41a、アノード排出口(アノード排出マニホールド)41b、カソード供給口(カソード供給マニホールド)42a、カソード排出口(カソード排出マニホールド)42b、冷却水供給口(冷却水供給マニホールド)43a及び冷却水排出口(冷却水排出マニホールド)43bが形成される。

[0025] 図2は、一実施形態における燃料電池のインピーダンス測定装置を燃料電池車に搭載した場合のシステム構成図である。燃料電池1から出力される直流電力は、インバータ22で交流電力に変換されて、三相交流モータ23に供給される。二次電池25は、DC/DCコンバータ24を介して燃料電池1と並列に接続されている。二次電池25の直流電力は、DC/DCコンバータ24で所望のレベルの電力に変換された後、インバータ22で交流電力に変換されて、三相交流モータ23に供給される。燃料電池1には、後述するインピーダンス測定装置5が接続されている。

[0026] 図3は、一実施形態における燃料電池のインピーダンス測定装置5の回路図である。インピーダンス測定装置5は、正極側直流遮断部511と、負極側直流遮断部512と、中途点直流遮断部513と、正極側交流電位差検出部521と、負極側交流電位差検出部522と、正極側電源部531と、負極側電源部532と、交流調整部540と、インピーダンス演算部550とを備える。

[0027] 正極側直流遮断部511、負極側直流遮断部512、中途点直流遮断部513、正極側交流電位差検出部521及び負極側交流電位差検出部522の詳細については、図4を参照して説明する。

[0028] 正極側直流遮断部511は、燃料電池1の正極端子211に接続される。負極側直流遮断部512は、燃料電池1の負極端子212に接続される。中途点直流遮断部513は、燃料電池1の中途端子213に接続される。なお、中途点直流遮断部513は、図3で波線で示したように設けられなくてもよい。これらの直流遮断部511～513は、直流信号を遮断するが、交流

信号を流す。直流遮断部 5 1 1 ~ 5 1 3 は、例えばコンデンサやトランスである。

[0029] 正極側交流電位差検出部 5 2 1 は、燃料電池 1 の正極端子 2 1 1 の交流電位 V_a と中途端子 2 1 3 の交流電位 V_c とを入力して正極側交流電位差を出力する。負極側交流電位差検出部 5 2 2 は、燃料電池 1 の負極端子 2 1 2 の交流電位 V_b と中途端子 2 1 3 の交流電位 V_c とを入力して負極側交流電位差を出力する。正極側交流電位差検出部 5 2 1 及び負極側交流電位差検出部 5 2 2 は、例えば差動アンプ(計装アンプ)である。

[0030] 正極側電源部 5 3 1 及び負極側電源部 5 3 2 の詳細については、図 5 を参照して説明する。

[0031] 正極側電源部 5 3 1 は、後述する方法により決定した振幅および周波数 f_a の交流信号を出力する。正極側電源部 5 3 1 は、例えば、図 5 に示すようなオペアンプ(OP アンプ)による電圧電流変換回路によって実現できる。この回路によれば、入力電圧 V_i に比例した電流 I_o が出力される。なお $I_o = V_i / R_s$ であり、 R_s は電流センシング抵抗である。すなわち、この電圧電流変換回路は、入力電圧 V_i に応じて出力電流 I_o を調整可能な可変交流電流源である。

[0032] この回路を使用すれば、出力電流 I_o を実測しなくても、出力電流 I_o を入力電圧 V_i ÷ 比例定数 R_s で求めることができる。また、出力が電流なので、電流経路にコンデンサのような位相角が生じる素子が介在しても、積層セル群を流れる交流電流と電流源の出力とは同位相になり、入力電圧 V_i とも同位相になる。したがって、次段のインピーダンス算出において位相差を考慮する必要がなく回路が簡素である。さらに、電流経路中のコンデンサのインピーダンスがばらついていても、位相変化の影響を受けない。このようなことから、正極側電源部 5 3 1 として図 5 に示すような回路を用いることが好適である。負極側電源部 5 3 2 も同様である。

[0033] 交流調整部 5 4 0 の詳細については、図 6 を参照して説明する。

[0034] 交流調整部 5 4 0 は、例えば、図 6 に示すような P I 制御回路によって実

現できる。交流調整部 540 は、正極側検波回路 5411 と、正極側減算器 5421 と、正極側積分回路 5431 と、正極側乗算器 5451 と、負極側検波回路 5412 と、負極側減算器 5422 と、負極側積分回路 5432 と、負極側乗算器 5452 と、基準電圧 544 と、交流信号源 546 とを備える。

[0035] 正極側検波回路 5411 は、燃料電池 1 の正極端子 211 に接続された正極側電源部 531 の配線上の交流電位 V_a から不要信号を除去するとともに、直流信号に変換する。

[0036] 正極側減算器 5421 は、その直流信号と基準電圧 544 との差を検出する。正極側積分回路 5431 は、正極側減算器 5421 から出力された信号を平均化又は感度調節する。

[0037] 正極側乗算器 5451 は、交流信号源 546 の振幅を正極側積分回路 5431 の出力で変調する。

[0038] 交流調整部 540 は、このようにして、正極側電源部 531 への指令信号を生成する。また同様に交流調整部 540 は、負極側電源部 532 への指令信号を生成する。このように生成された指令信号に応じて正極側電源部 531 及び負極側電源部 532 の出力が増減されることで、交流電位 V_a 及び V_b が共に所定のレベルに制御される。これにより交流電位 V_a 及び V_b は等電位になる。本実施形態では特に、後述する方法により決定する交流信号の振幅レベルとなるように、交流電位 V_a 及び V_b を制御する。

[0039] なお、この例ではアナログ演算 IC を例に回路構成を示しているが、交流電位 V_a (V_b) を AD 変換器でデジタル変換した後、デジタル制御回路で構成してもよい。

[0040] インピーダンス演算部 550 の詳細について、図 7 を参照して説明する。

[0041] インピーダンス演算部 550 は、AD 変換器 (ADC) 551 と、マイコンチップ (CPU) 552 とを含む。

[0042] AD 変換器 551 は、アナログ信号である交流電流 (I_1 , I_2) 及び交流電圧 (V_1 , V_2) をデジタル数値信号に変換し、マイコンチップ 552 に転

送する。

[0043] マイコンチップ552は、インピーダンス R_n 及び燃料電池全体のインピーダンス R を算出するプログラムを予め記憶している。マイコンチップ552は、所定の微小時間間隔で順次演算し、又はコントロールユニット6の要求に応じて、演算結果を出力する。なお、インピーダンス R_n 及び燃料電池全体のインピーダンス R は、次式で演算される。本実施形態では、 $n=2$ である。

[0044] [数1]

$$R_n = \frac{V_n}{I_n} \quad (n=1,2,\dots,n) \quad \dots (1-1)$$

$$R = \sum R_n \quad \dots (1-2)$$

[0045] インピーダンス演算部550は、アナログ演算ICを用いたアナログ演算回路で実現してもよい。アナログ演算回路によれば、時間的に連続したインピーダンス変化を出力することができる。

[0046] 図8は、主に燃料電池のインピーダンス測定装置のコントロールユニット6が実行する制御フローチャートである。

[0047] ステップS1においてコントロールユニット6は、正極交流電位 V_a が所定値よりも大きいか否かを判定する。コントロールユニット6は、判定結果が否であればステップS2へ処理を移行し、判定結果が肯であればステップS3へ処理を移行する。

[0048] ステップS2においてコントロールユニット6は、正極交流電位 V_a が所定値よりも小さいか否かを判定する。コントロールユニット6は、判定結果が否であればステップS4へ処理を移行し、判定結果が肯であればステップS5へ処理を移行する。

[0049] ステップS3においてコントロールユニット6は、正極側電源部531の出力を下げる。これによって正極交流電位 V_a が下がる。

[0050] ステップS4においてコントロールユニット6は、正極側電源部531の

出力を維持する。これによって正極交流電位 V_a が維持される。

- [0051] ステップ S 5 においてコントロールユニット 6 は、正極側電源部 5 3 1 の出力を上げる。これによって正極交流電位 V_a が上がる。
- [0052] ステップ S 6 においてコントロールユニット 6 は、負極の交流電位 V_b が所定値よりも大きいかな否かを判定する。コントロールユニット 6 は、判定結果が否であればステップ S 7 へ処理を移行し、判定結果が肯であればステップ S 8 へ処理を移行する。
- [0053] ステップ S 7 においてコントロールユニット 6 は、負極の交流電位 V_b が所定値よりも小さいかな否かを判定する。コントロールユニット 6 は、判定結果が否であればステップ S 9 へ処理を移行し、判定結果が肯であればステップ S 10 へ処理を移行する。
- [0054] ステップ S 8 においてコントロールユニット 6 は、負極側電源部 5 3 2 の出力を下げる。これによって負極交流電位 V_b が下がる。
- [0055] ステップ S 9 においてコントロールユニット 6 は、負極側電源部 5 3 2 の出力を維持する。これによって負極交流電位 V_b が維持される。
- [0056] ステップ S 10 においてコントロールユニット 6 は、負極側電源部 5 3 2 の出力を上げる。これによって負極交流電位 V_b が上がる。
- [0057] ステップ S 11 においてコントロールユニット 6 は、正極交流電位 V_a 及び負極交流電位 V_b が所定値であるかな否かを判定する。コントロールユニット 6 は、判定結果が肯であればステップ S 12 へ処理を移行し、判定結果が否であれば処理を抜ける。
- [0058] ステップ S 12 においてインピーダンス演算部 5 5 0 は、上述の式 (1-1)、(1-2) に基づいてインピーダンスを演算する。
- [0059] 上述したように、正極側電源部 5 3 1 及び負極側電源部 5 3 2 から出力される交流信号の周波数と、負荷の変動周波数とが一致してしまうと、燃料電池 1 の正極端子と負極端子とに印加した交流信号が負荷側に流れてしまい、燃料電池 1 のインピーダンスを精度良く測定することができなくなる可能性がある。負荷の変動周波数とは、例えば、インバータ 2 2 に設けられている

スイッチング素子（半導体スイッチ）のスイッチング周波数や、DC／DCコンバータ24に設けられているスイッチング素子（半導体スイッチ）のスイッチング周波数である。

[0060] 図9Aおよび図9Bは、燃料電池1の両端の電圧を測定した際に、負荷の増大に応じて振幅が大きい周波数が増えることを表す実験結果の一例を示す図であり、図9Aは負荷が低い場合の結果を、図9Bは負荷が高い場合の結果を示している。図9Bに示すように、負荷が増大すると、負荷の変動に応じて振幅が大きい周波数が増えるため、正極側電源部531及び負極側電源部532から出力される交流信号の周波数と、負荷の変動周波数とが一致する場合が生じる。

[0061] 本実施形態では、負荷の変動周波数と一致しないように、正極側電源部531及び負極側電源部532から出力される交流信号の周波数 f_a を設定する。より具体的には、下記(1)～(4)の周波数と一致しないよう、交流信号の周波数 f_a を設定する。ただし、下記(1)、(2)における相電圧周波数とは、モータ23に印加される三相交流電圧の各相電圧の周波数のことである。

(1) インバータ22に設けられているスイッチング素子のスイッチング周波数±相電圧周波数×2

(2) インバータ22に設けられているスイッチング素子のスイッチング周波数×2±相電圧周波数

(3) インバータ22に設けられているスイッチング素子のスイッチング周波数、および、その高調波周波数

(4) DC／DCコンバータ24に設けられているスイッチング素子のスイッチング周波数、および、その高調波周波数

[0062] 図10は、負荷がある大きさの状態で燃料電池1の両端の電圧を測定した際の電圧の大きさと周波数との関係を示す図である。図10において、電圧の振幅が大きくなっている(a)～(f)の周波数は、それぞれ下記の周波数である。

(a) インバータ 2 2 に設けられているスイッチング素子のスイッチング周波数－相電圧周波数× 2

(b) インバータ 2 2 に設けられているスイッチング素子のスイッチング周波数

(c) インバータ 2 2 に設けられているスイッチング素子のスイッチング周波数＋相電圧周波数× 2

(d) インバータ 2 2 に設けられているスイッチング素子のスイッチング周波数× 2

(e) DC／DCコンバータ 2 4 に設けられているスイッチング素子のスイッチング周波数

(f) インバータ 2 2 に設けられているスイッチング素子のスイッチング周波数× 3

[0063] この場合、少なくとも上記 (a) ～ (f) の周波数と一致しないように、正極側電源部 5 3 1 及び負極側電源部 5 3 2 から出力される交流信号の周波数 f_a を設定する。

[0064] 図 1 1 は、負荷の変動周波数と一致しないように、正極側電源部 5 3 1 及び負極側電源部 5 3 2 から出力される交流信号の周波数 f_a を設定するとともに、交流信号の振幅を決定し、決定した周波数および振幅の交流信号を正極側電源部 5 3 1 及び負極側電源部 5 3 2 から出力する手順を示すフローチャートである。

[0065] ステップ S 1 1 0 では、モータ 2 3 の回転数を検出する。モータ 2 3 の回転数は、図示しない回転数センサにより検出する。

[0066] ステップ S 1 1 1 では、次式 (2) より、相電圧周波数を算出する。

[0067] [数2]

$$\text{相電圧周波数} = \text{モータ回転数 (rpm)} / 60 \text{ (s)} \times \text{モータ 2 3 の極対数 (対)} \\ \dots (2)$$

[0068] ステップ S 1 1 2 では、ステップ S 1 1 1 で算出した相電圧周波数に基づいて、上記 (1) ～ (4) の周波数と一致しないように、正極側電源部 5 3

1 及び負極側電源部 5 3 2 から出力する交流信号の周波数（実施周波数） f_a を決定する。

[0069] 図 1 2 は、相電圧周波数と実施周波数との関係の一例を示す図である。インバータ 2 2 に設けられているスイッチング素子のスイッチング周波数、および、DC/DC コンバータ 2 4 に設けられているスイッチング素子のスイッチング周波数は予め決まっているため、モータ 2 3 の回転数に応じて変動する相電圧周波数が分かれば、実施周波数を決定することができる。実施周波数は、上述した（1）～（4）の周波数と一致しない周波数、すなわち、負荷の変動周波数と一致しない周波数に設定すればよいが、燃料電池 1 のインピーダンスを測定するために適した周波数を設定することが好ましい。従って、相電圧周波数に応じて適切な実施周波数を予め求めて、図 1 2 に示すような相電圧周波数と実施周波数との関係を定めたテーブルを用意しておき、算出した相電圧周波数に基づいて、上記テーブルを参照することにより、実施周波数 f_a を決定する。

[0070] ステップ S 1 1 3 では、ステップ S 1 1 1 で算出した相電圧周波数に基づいて、正極側電源部 5 3 1 及び負極側電源部 5 3 2 から出力する交流信号の振幅を決定する。

[0071] 図 1 3 は、相電圧周波数と交流信号の振幅との関係の一例を示す図である。図 1 3 に示すように、相電圧周波数が高くなると、交流信号の振幅を大きくする。これは、相電圧周波数が高くなるとノイズレベルが大きくなるため、振幅を大きくして S/N 比（信号対雑音比）を大きくするためである。図 1 3 に示すような相電圧周波数と交流信号の振幅との関係を定めたテーブルを予め用意しておき、このテーブルを参照することにより、交流信号の振幅を決定する。

[0072] ステップ S 1 1 4 において、正極側電源部 5 3 1 及び負極側電源部 5 3 2 は、ステップ S 1 1 2 で決定した実施周波数、および、ステップ S 1 1 3 で決定した振幅を有する交流信号を出力する。

[0073] 上述したように、本実施形態では、負荷の変動周波数と一致しないように

、正極側電源部 5 3 1 及び負極側電源部 5 3 2 から出力する交流信号の周波数を設定するが、より確実に負荷の変動周波数と一致しないようにするために、負荷の変動周波数と、設定後の交流信号の周波数との間に余裕代を設ける。ただし、相電圧の周波数が高くなるほど、スイッチング素子のスイッチング周波数の側波帯が広がるので、相電圧の周波数が高くなるほど余裕代を大きくする。これにより、相電圧の周波数が高くなってスイッチング周波数の側波帯が広がった場合でも、正極側電源部 5 3 1 及び負極側電源部 5 3 2 から出力される交流信号の周波数と負荷の変動周波数とが一致するのを防ぐことができるので、燃料電池 1 のインピーダンスを精度良く計測することができる。

[0074] 以上、一実施形態における燃料電池のインピーダンス測定装置によれば、燃料電池 1 の正極側の電位と中途電位との差である正極側交流電位差、および、燃料電池 1 の負極側の電位と中途電位との差である負極側交流電位差とが一致するように燃料電池 1 に出力する交流電流を調整し、正極側交流電位差および負極側交流電位差のうちの少なくとも一方の交流電位差と、調整された交流電流とに基づいて、燃料電池 1 のインピーダンスを算出する。燃料電池 1 に出力する交流電流の周波数は、燃料電池 1 と接続されている負荷の変動に基づく周波数と一致しない周波数となるように調整する。これにより、負荷が変動した場合でも、交流電流の周波数と、負荷の変動に基づく周波数とが一致するのを防ぐことができるので、正極側交流電位差と負極側交流電位差とが異なる値となるのを防いで、燃料電池 1 のインピーダンスを精度良く求めることができる。

[0075] 負荷の変動とは、燃料電池 1 から電力が供給されるモータ 2 3 の動作変動、および、燃料電池 1 と接続されているインバータ（電力変換装置）2 2 に設けられている半導体スイッチの動作変動のうちの少なくとも一方が含まれる。これにより、交流電流の周波数を、モータ 2 3 の動作状態およびインバータ 2 2 に設けられている半導体スイッチの動作状態のうちの少なくとも一方に基づく周波数と一致しないように調整することができ、燃料電池 1 のイ

ンピーダンスを精度良く求めることができる。

[0076] また、インバータ 2 2 とモータ 2 3 との間の相電圧の周波数に基づいて、正極側電源部 5 3 1 及び負極側電源部 5 3 2 から出力される交流電流の周波数を調整するので、モータ 2 3 の動作状態に応じて変化する相電圧周波数に基づいて、交流電流の周波数と負荷の変動に基づく周波数とが一致するのを防ぐことができ、燃料電池 1 のインピーダンスを精度良く求めることができる。

[0077] 特に、一実施形態における燃料電池のインピーダンス測定装置によれば、負荷の変動に基づく周波数には、インバータ 2 2 の半導体スイッチのスイッチング周波数、インバータ 2 2 の半導体スイッチのスイッチング周波数を 2 倍した周波数に相電圧周波数を加算または減算した周波数、インバータ 2 2 の半導体スイッチのスイッチング周波数に相電圧の周波数を 2 倍した周波数を加算または減算した周波数、および、インバータ 2 2 の半導体スイッチのスイッチング周波数の高調波周波数のうちの少なくとも一つが含まれる。これにより、インバータ 2 2 の半導体スイッチのスイッチング周波数および相電圧周波数に基づいて、交流電流の周波数と負荷の変動に基づく周波数とが一致するのを適切に防ぐことができ、燃料電池 1 のインピーダンスを精度良く求めることができる。

[0078] 正極側電源部 5 3 1 及び負極側電源部 5 3 2 から出力される交流電流の周波数が負荷の変動に基づく周波数と一致しないように、調整後の交流電流の周波数と負荷の変動に基づく周波数との間に余裕代を設けるが、相電圧周波数が高いほど余裕代を大きく設定する。これにより、相電圧周波数が高くなって、スイッチング素子のスイッチング周波数の側波帯が広がっても、交流電流の周波数と負荷の変動周波数とが一致するのを確実に防ぐことができ、燃料電池 1 のインピーダンスを精度良く求めることができる。

[0079] また、一実施形態における燃料電池のインピーダンス測定装置によれば、相電圧周波数が高いほど、正極側電源部 5 3 1 及び負極側電源部 5 3 2 から出力する交流電流の振幅を大きくする。相電圧周波数が高くなるほどノイズ

レベルが大きくなるが、相電圧周波数が高いほど、交流電流の振幅を大きくすることにより、S/N比（信号対雑音比）を大きくして、燃料電池1のインピーダンスを精度良く求めることができる。

[0080] さらに、モータ23の回転数を検出し、検出したモータ23の回転数に基づいて、相電圧周波数を算出するので、算出した相電圧周波数に基づいて、交流電流の周波数と負荷の変動に基づく周波数とが一致するのを防ぐことができ、燃料電池1のインピーダンスを精度良く求めることができる。

[0081] 本発明は、上述した実施形態に限定されることはない。例えば、正極側電源部531及び負極側電源部532の構成は、図5に示す構成に限定されることはなく、図11に示すフローチャートのステップS112で決定した実施周波数、および、ステップS113で決定した振幅を有する交流信号を出力できる構成であればよい。例えば、正極側電源部531及び負極側電源部532は、決定した実施周波数の正弦波電圧を出力する第1のIC、および、第1のICから出力された正弦波電圧の振幅を、決定された振幅となるように調整して、振幅調整後の正弦波電圧を出力する第2のICとを備えるような構成としてもよい。

[0082] 燃料電池のインピーダンス測定装置5の回路図は、図3に示す回路に限定されることはない。例えば、上述した実施形態では、交流電位差検出部521、522および電源部531、532を一つの経路で燃料電池1に接続していたが、それぞれ別の経路で接続するようにしてもよい。また、接続する中途点を切り替えるための接続切替器を設け、中途点を順次切り替える構成とすることもできる。

[0083] さらに、二つの燃料電池1A、1Bを直列接続し、燃料電池1Aの正極を上記実施形態の正極と捉え、燃料電池1Aと燃料電池1Bとの接続点を上記実施形態の中途点として捉え、燃料電池1Bの負極を上記実施形態の負極と捉えることもできる。この場合、燃料電池1Aの内部インピーダンスをR1として求め、燃料電池1Bの内部インピーダンスをR2として求めることができる。

[0084] 一致するのを避ける周波数として、上記（１）～（４）の周波数を挙げたが、（１）～（４）の周波数に限定されることはない。すなわち、燃料電池１に出力する交流電流の周波数と一致するのを避けるべき周波数は、（１）～（４）の周波数以外の周波数であってもいいし、（１）～（４）のうちの少なくとも一つの周波数であってもよい。

請求の範囲

- [請求項1] 燃料電池に交流電流を出力する交流電源部と、
前記燃料電池の正極側の電位と、前記燃料電池の正極および負極の間の中途点の電位である中途電位との差である正極側交流電位差、および、前記燃料電池の負極側の電位と前記中途電位との差である負極側交流電位差とが一致するように交流電流を調整する交流調整部と、
前記正極側交流電位差および前記負極側交流電位差のうちの少なくとも一方の交流電位差と、前記調整された交流電流とに基づいて、前記燃料電池のインピーダンスを算出するインピーダンス算出手段と、
前記交流電源部から出力される交流電流の周波数を、前記燃料電池と接続されている負荷の変動に基づく周波数と一致しない周波数となるように調整する周波数調整部と、
を備える燃料電池のインピーダンス測定装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の燃料電池のインピーダンス測定装置において、
前記負荷の変動とは、前記燃料電池から電力が供給される電動機の動作変動、および、前記燃料電池と接続されている電力変換装置に設けられている半導体スイッチの動作変動のうちの少なくとも一方が含まれる燃料電池のインピーダンス測定装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の燃料電池のインピーダンス測定装置において、
前記周波数調整部は、前記燃料電池と前記電動機との間に設けられているインバータと、前記電動機との間の相電圧の周波数に基づいて、前記交流電源部から出力される交流電流の周波数を調整する燃料電池のインピーダンス測定装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の燃料電池のインピーダンス測定装置において、
前記負荷の変動に基づく周波数には、前記電力変換装置の半導体スイッチのスイッチング周波数、前記電力変換装置の半導体スイッチのスイッチング周波数を2倍した周波数に前記相電圧の周波数を加算または減算した周波数、前記電力変換装置の半導体スイッチのスイッチ

ング周波数に前記相電圧の周波数を2倍した周波数を加算または減算した周波数、および、前記インバータの半導体スイッチのスイッチング周波数の高調波周波数のうちの少なくとも一つが含まれる燃料電池のインピーダンス測定装置。

[請求項5] 請求項3または請求項4に記載の燃料電池のインピーダンス測定装置において、

前記周波数調整部は、前記交流電源部から出力される交流電流の周波数が前記負荷の変動に基づく周波数と一致しないように、調整後の交流電流の周波数と前記負荷の変動に基づく周波数との間に余裕代を設けるが、前記相電圧の周波数が高いほど前記余裕代を大きく設定する燃料電池のインピーダンス測定装置。

[請求項6] 請求項3から請求項5のいずれか一項に記載の燃料電池のインピーダンス測定装置において、

前記相電圧の周波数が高いほど前記交流電源部から出力される交流電流の振幅を大きくする振幅調整部をさらに備える燃料電池のインピーダンス測定装置。

[請求項7] 請求項3から請求項6のいずれか一項に記載の燃料電池のインピーダンス測定装置において、

前記電動機の回転数を検出する回転数検出手段と、

前記電動機の回転数に基づいて、前記相電圧の周波数を算出する相電圧周波数算出手段と、

をさらに備える燃料電池のインピーダンス測定装置。

[請求項8] 燃料電池に出力する交流電流の周波数を、前記燃料電池と接続されている負荷の変動に基づく周波数と一致しない周波数となるように調整し、

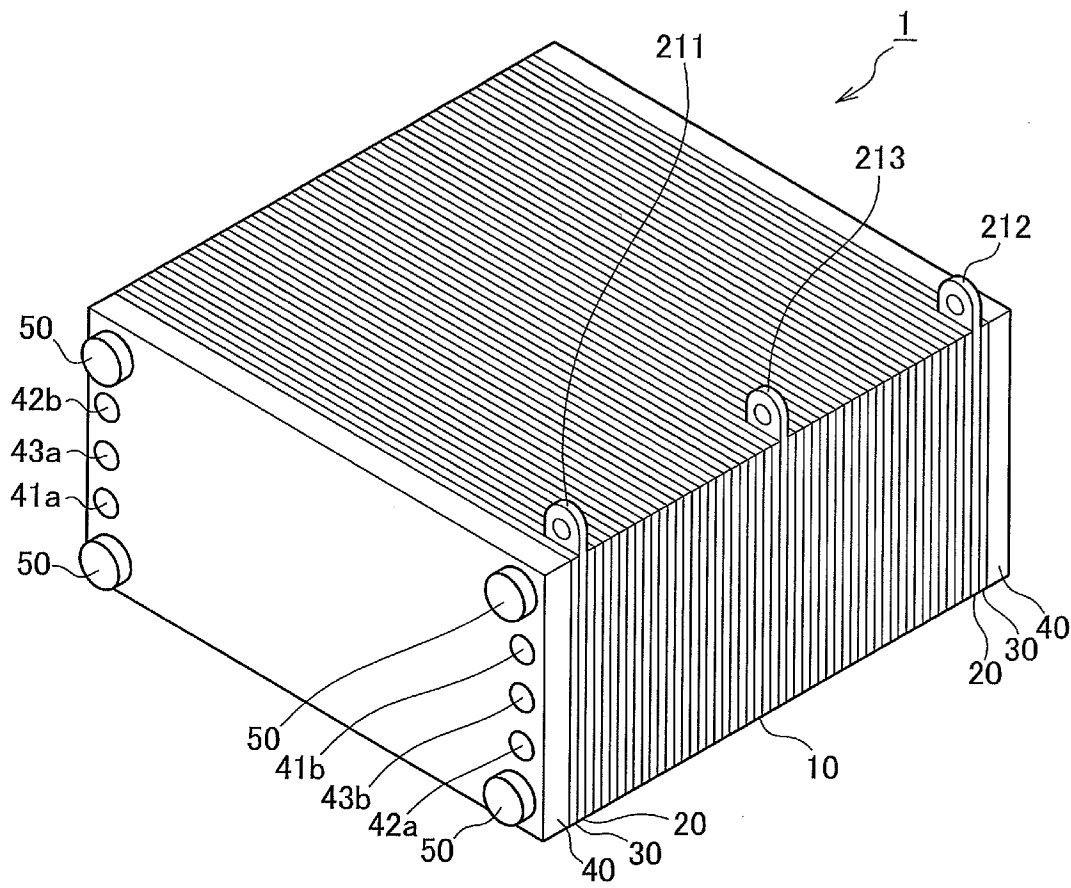
前記調整された周波数の交流電流を前記燃料電池に出力し、

前記燃料電池の正極側の電位と、前記燃料電池の正極および負極の間の中途点の電位である中途電位との差である正極側交流電位差、お

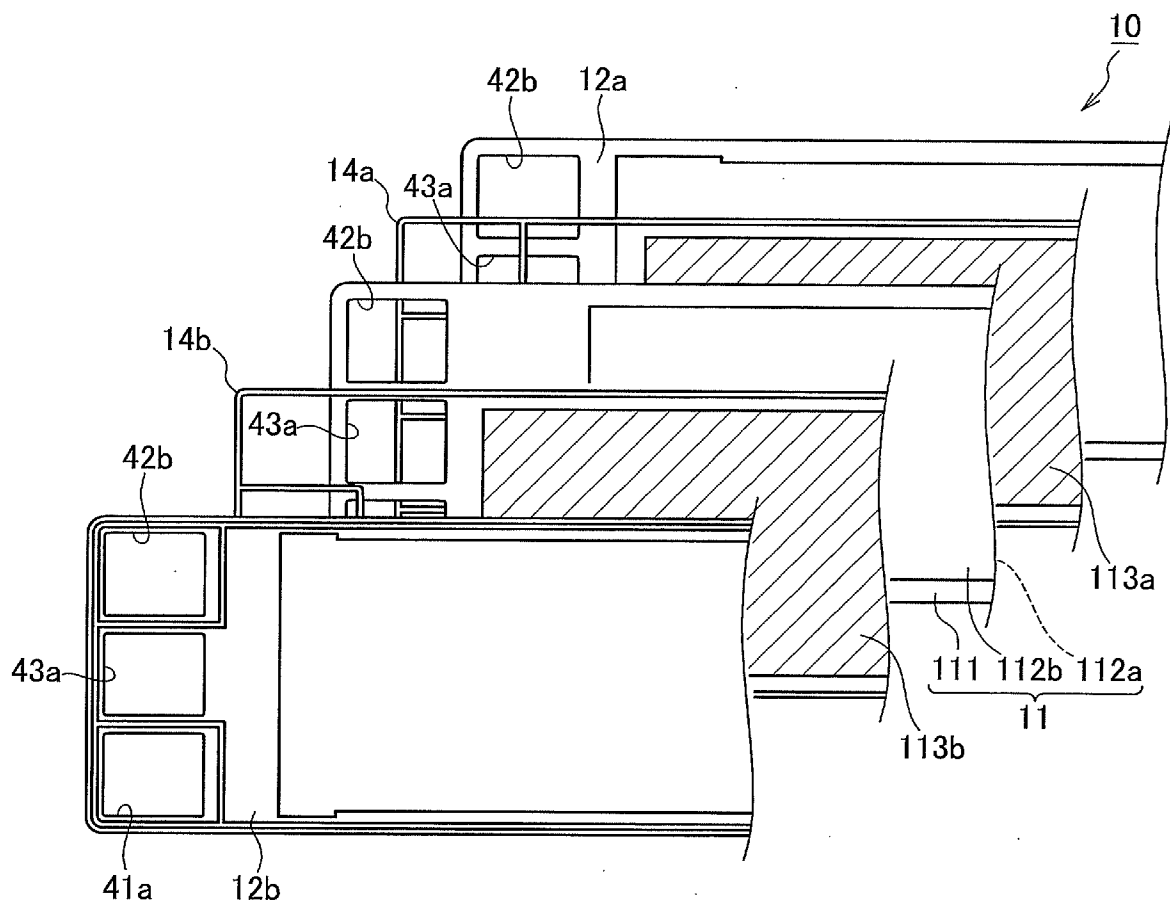
よび、前記燃料電池の負極側の電位と前記中途電位との差である負極側交流電位差とが一致するように交流電流を調整し、

前記正極側交流電位差および前記負極側交流電位差のうちの少なくとも一方の交流電位差と、前記調整された交流電流とに基づいて、前記燃料電池のインピーダンスを算出する、
燃料電池のインピーダンス測定方法。

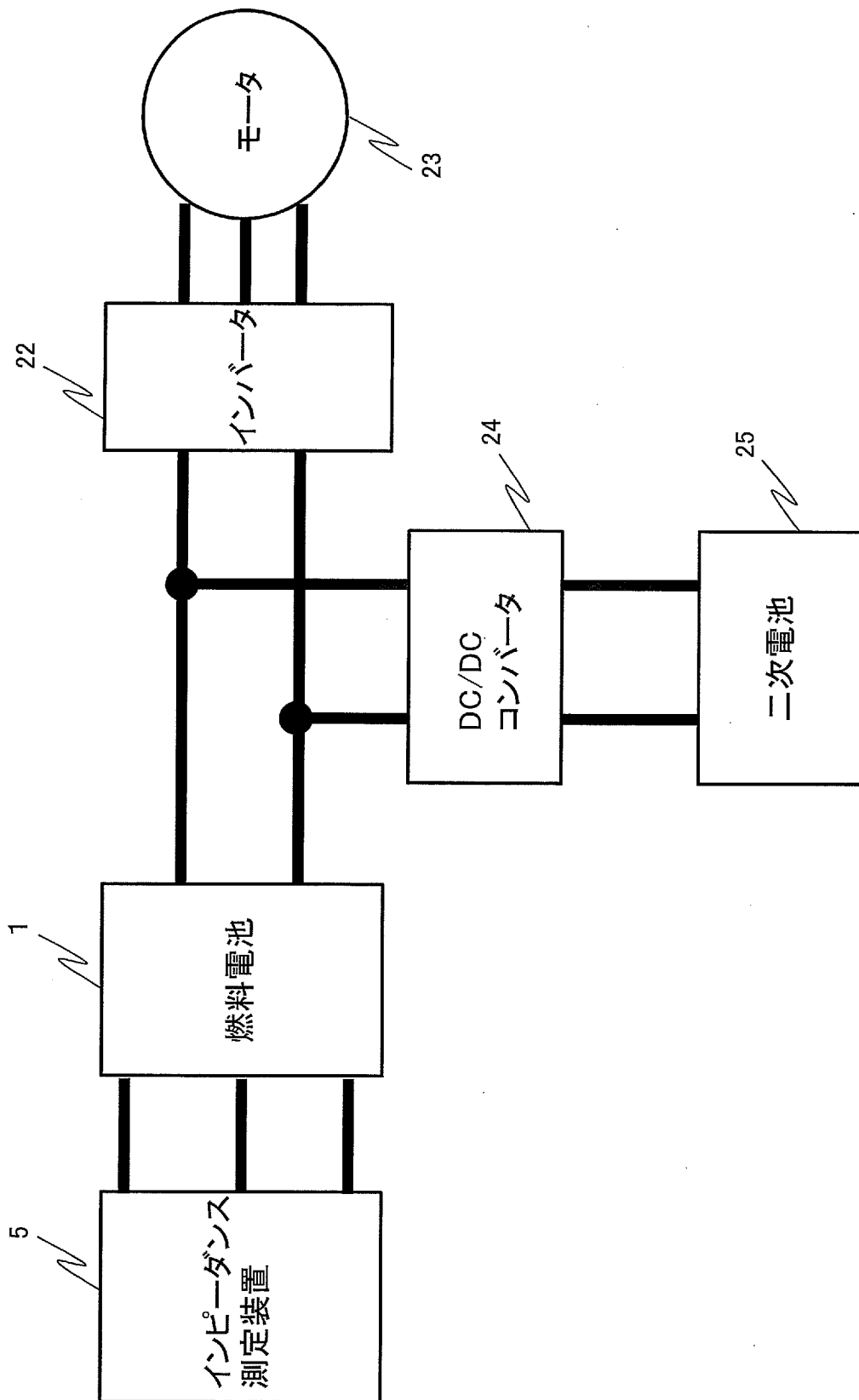
[図1A]



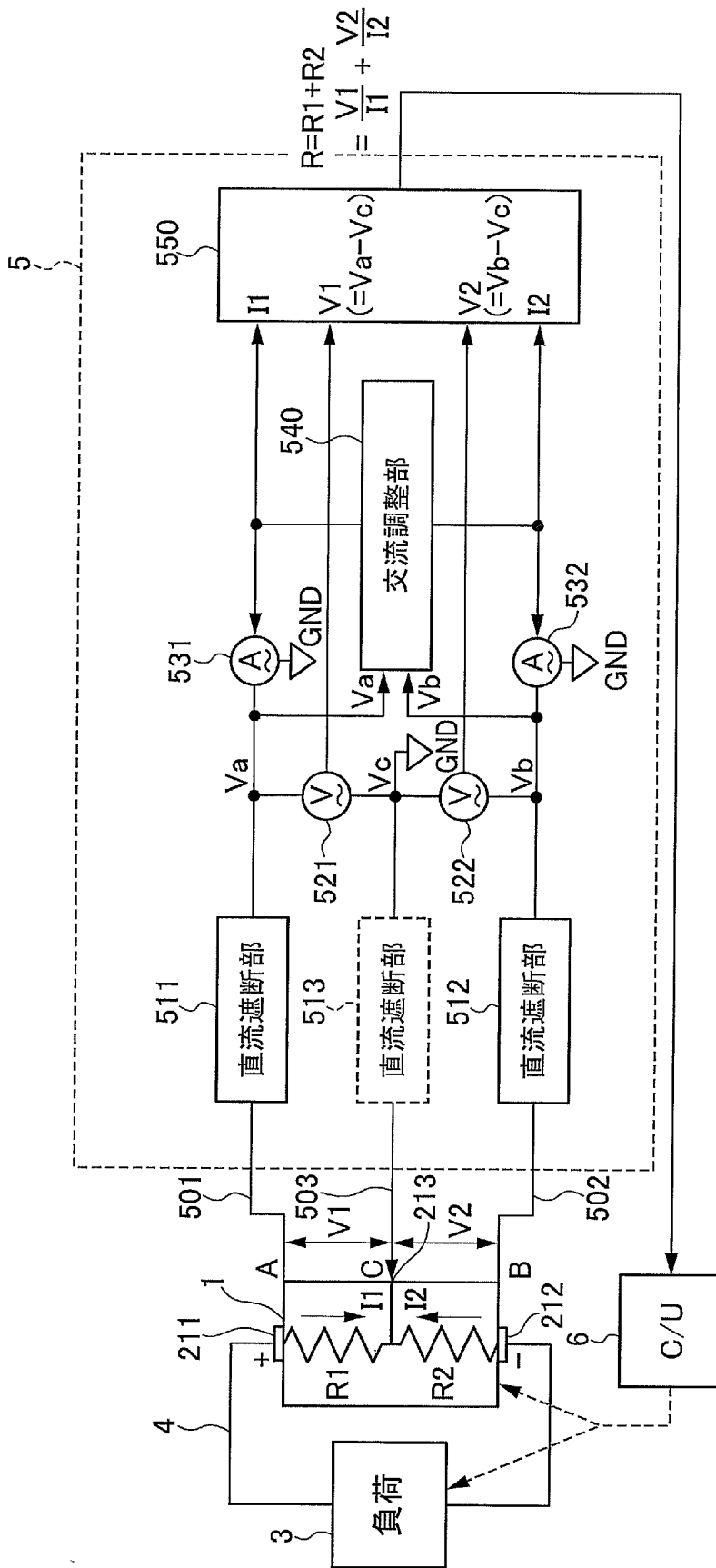
[図1B]



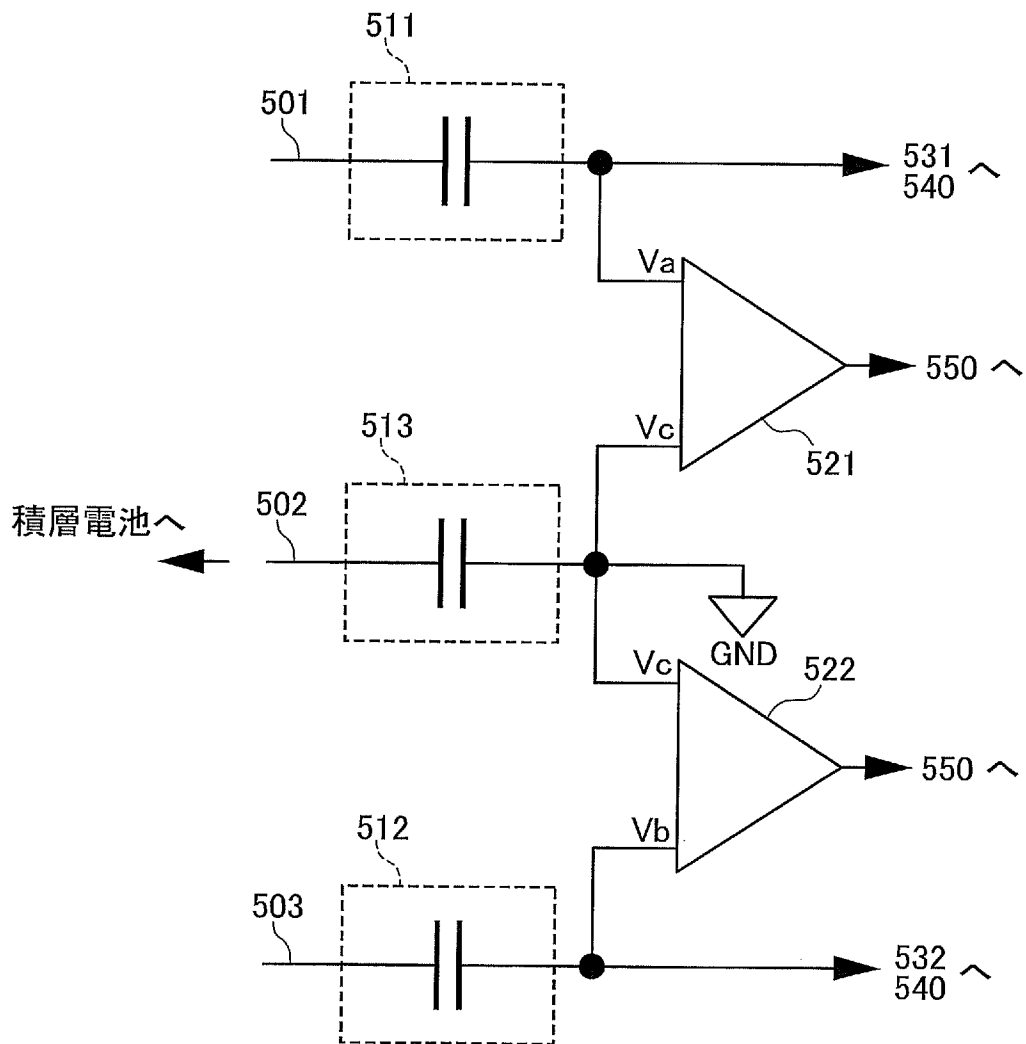
[図2]

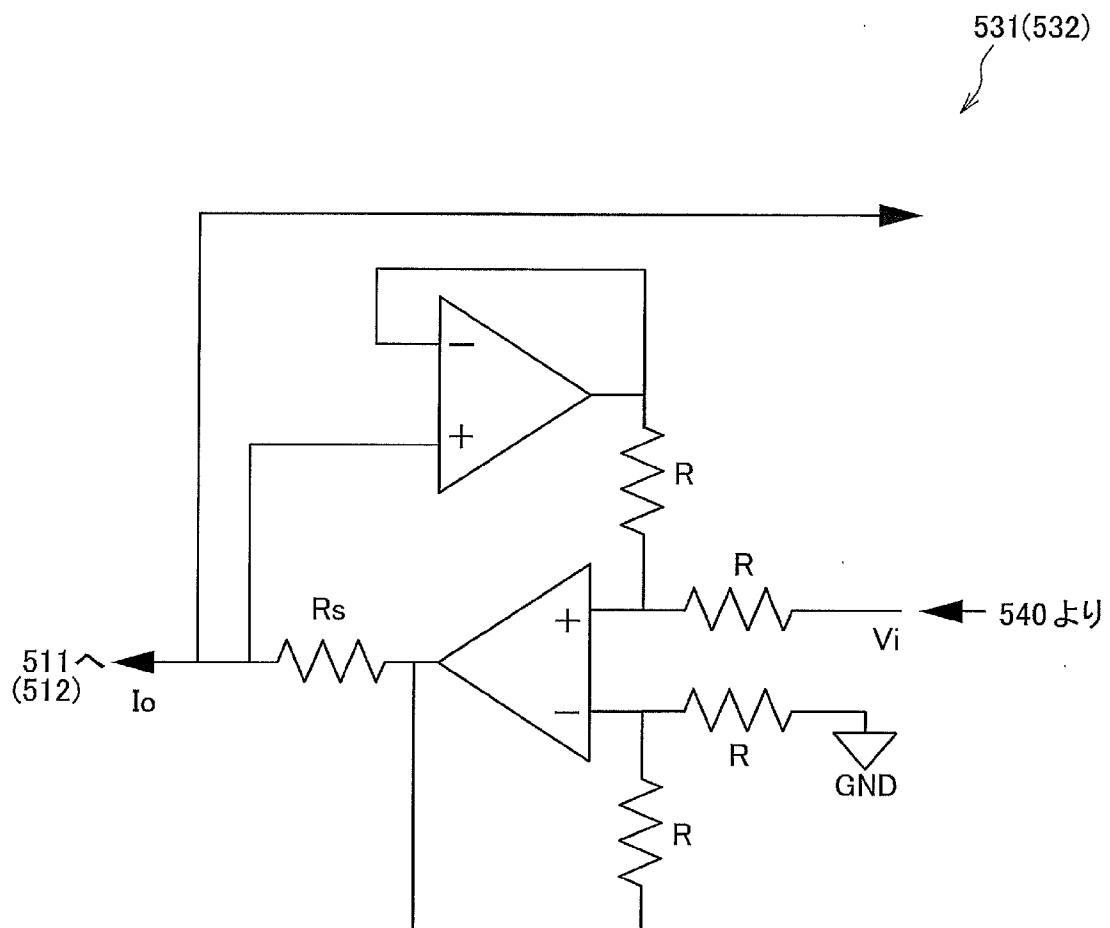


[図3]

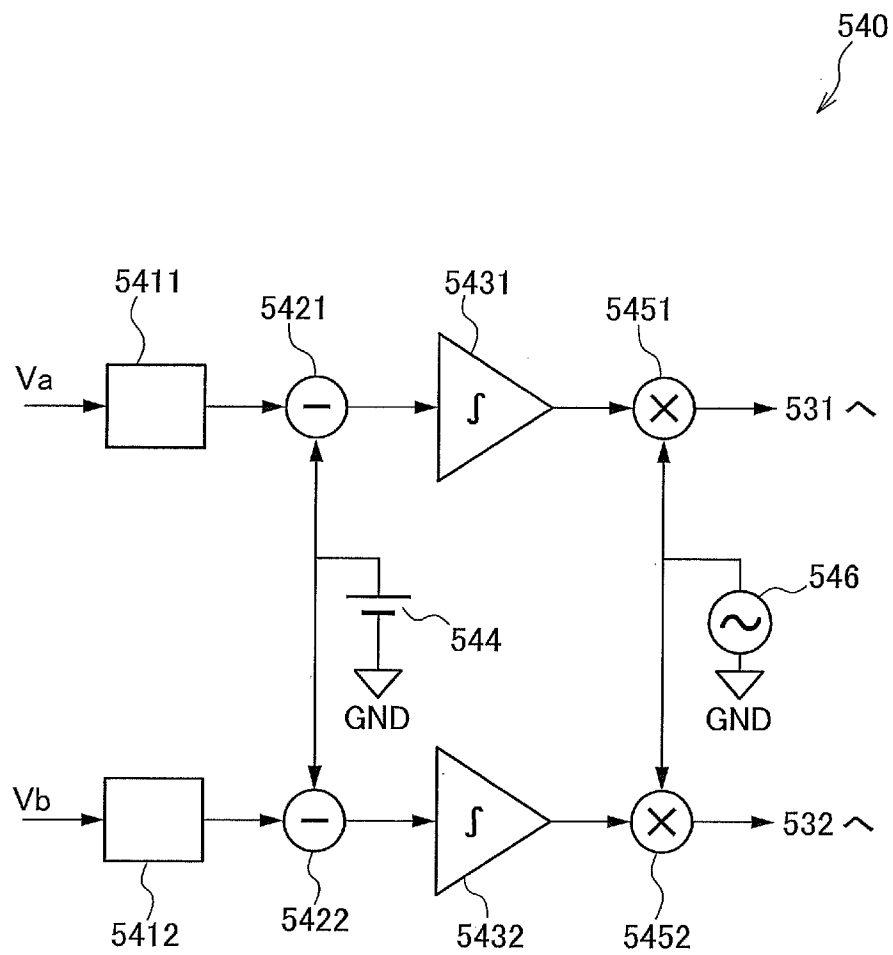


[図4]

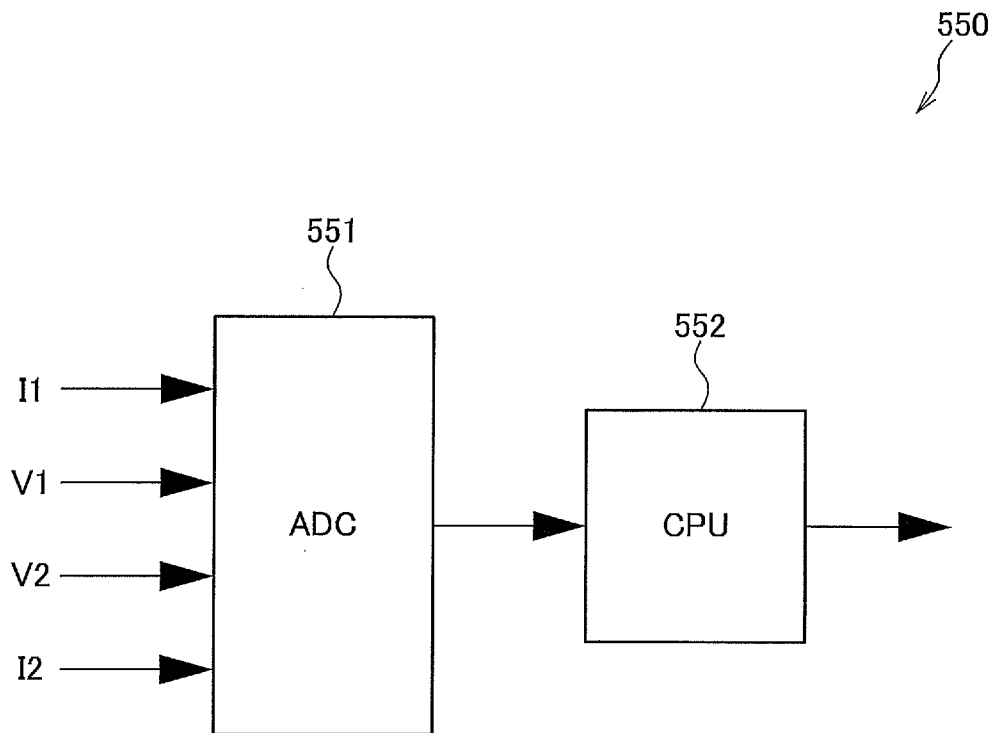




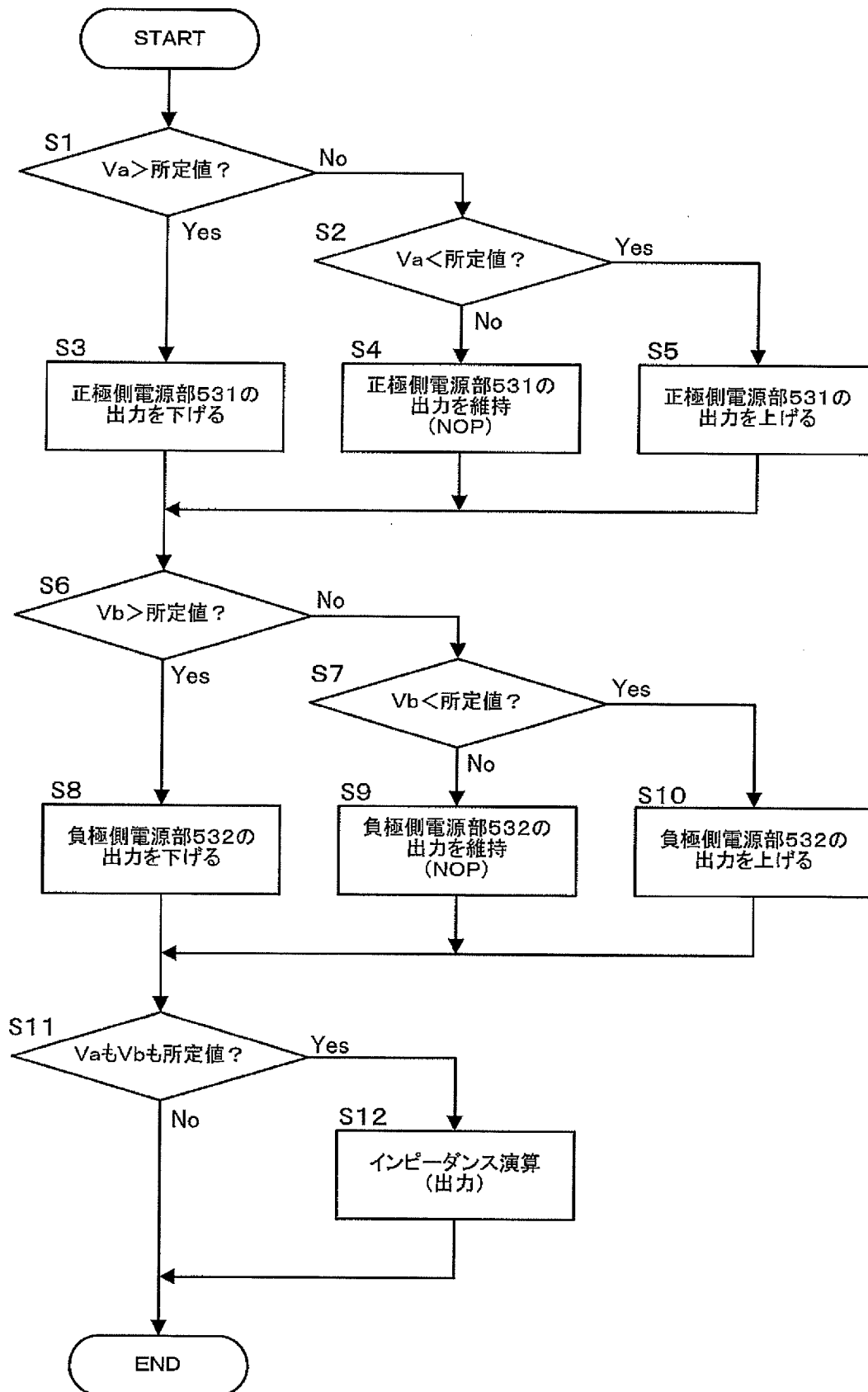
[図6]



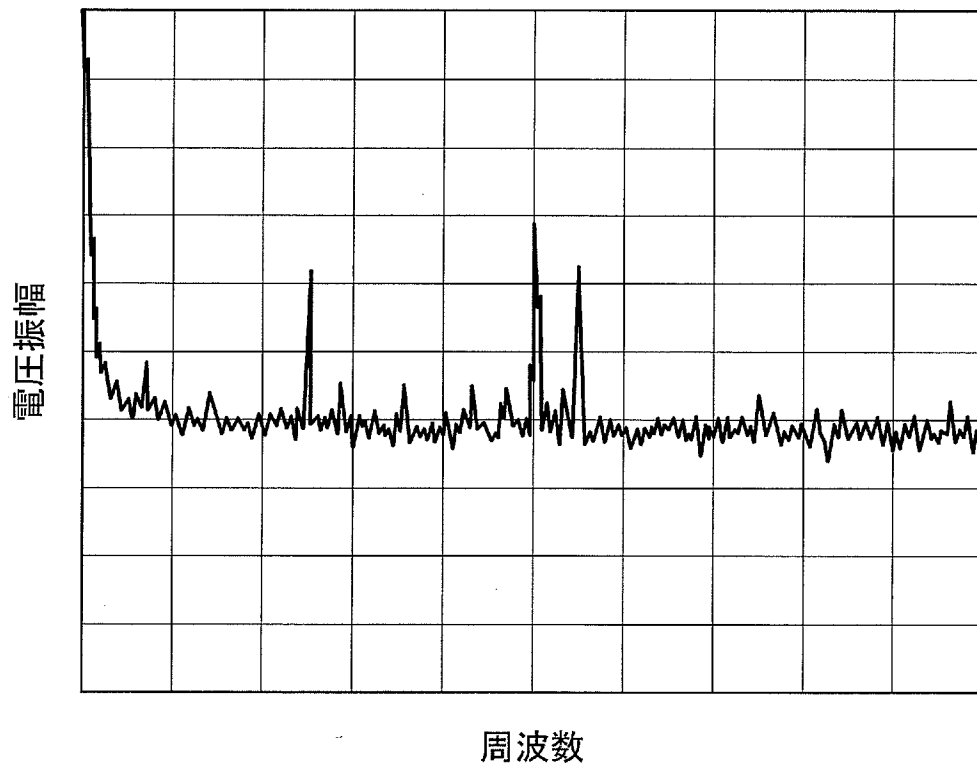
[図7]



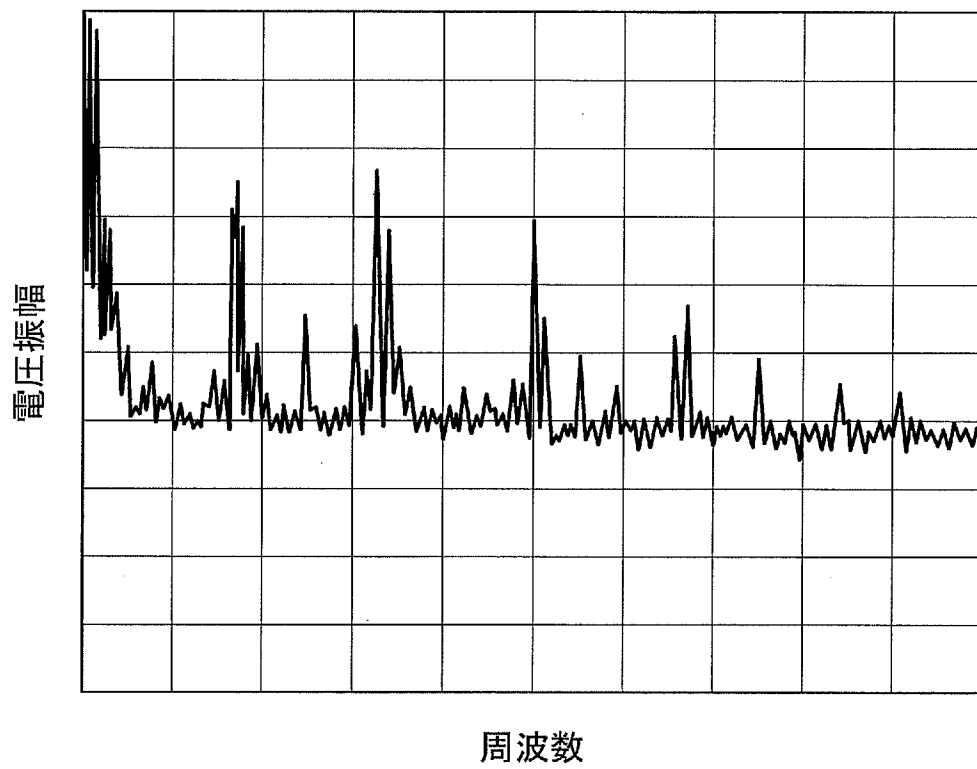
[図8]



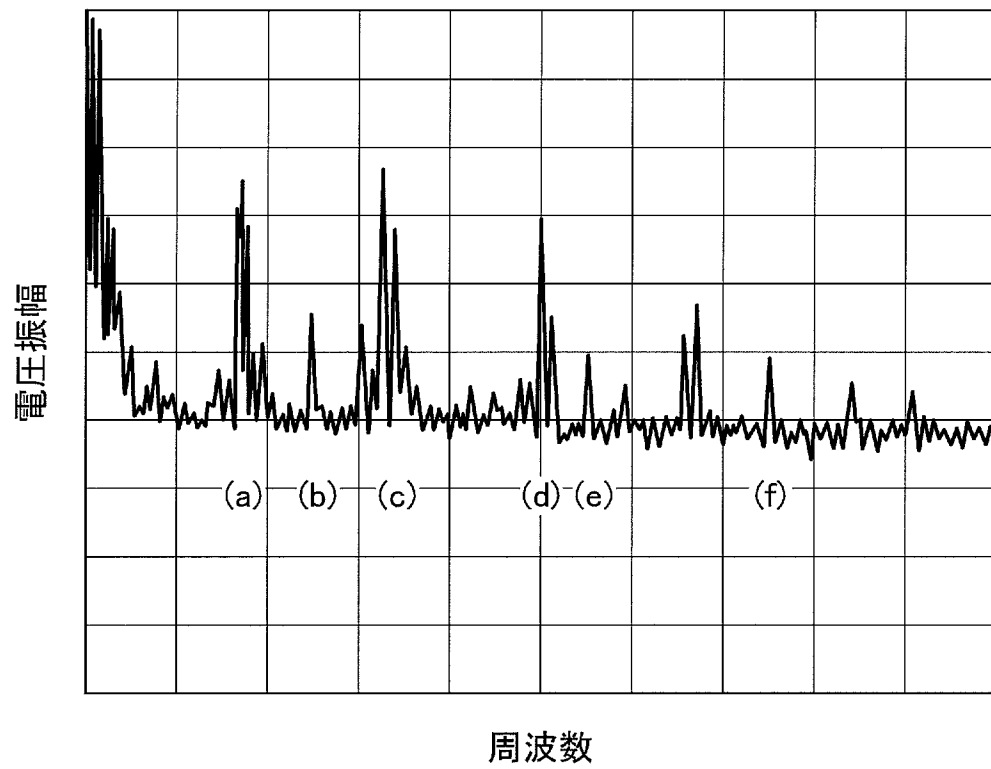
[図9A]



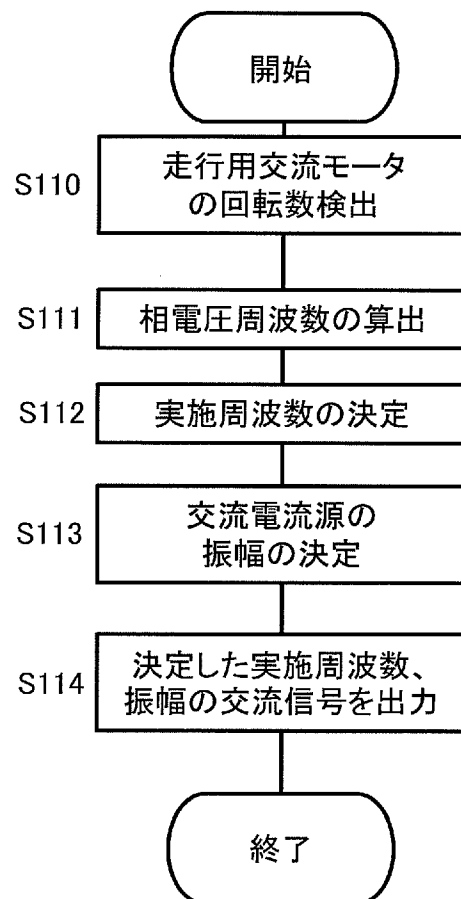
[図9B]



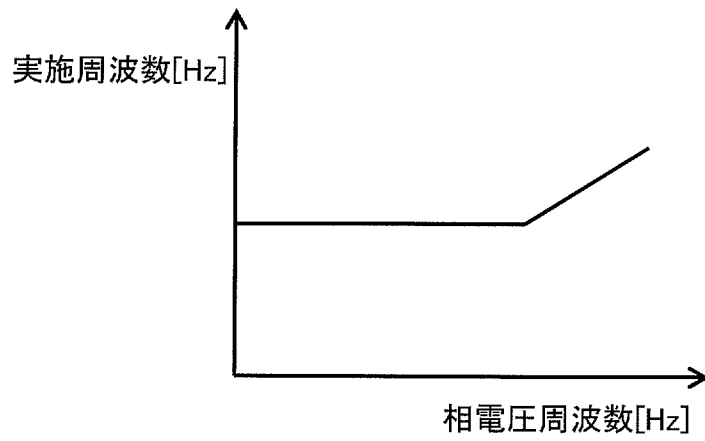
[図10]



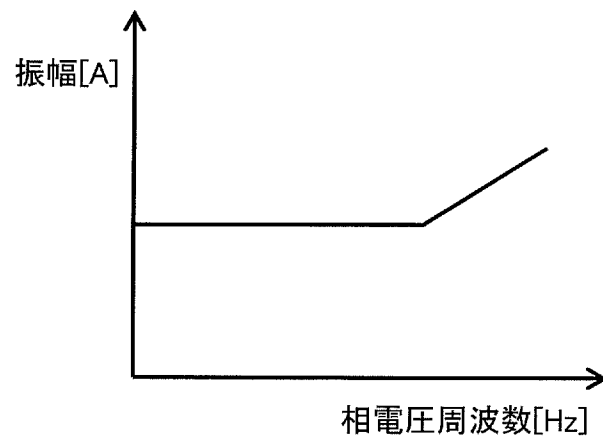
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/068634

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R31/36(2006.01)i, G01N27/02(2006.01)i, G01R27/02(2006.01)i, H01M8/04(2006.01)i

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)

G01R31/36, G01N27/02, G01R27/02, H01M8/04

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y	WO 2012/077450 A1 (Nissan Motor Co., Ltd.), 14 June 2012 (14.06.2012), paragraphs [0009] to [0076]; fig. 1 to 9 & US 2013/0249562 A1 & EP 2650689 A1 & CN 103261898 A & MX 2013006438 A & KR 10-2013-0102106 A	1-8
Y	JP 2008-175687 A (The Furukawa Battery Co., Ltd.), 31 July 2008 (31.07.2008), paragraphs [0020] to [0036]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-8

☒ 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
08 September, 2014 (08.09.14)

Date of mailing of the international search report
16 September, 2014 (16.09.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/068634

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2014/073208 A1 (Alps Green Device Co., Ltd.), 15 May 2014 (15.05.2014), paragraph [0035] (Family: none)	1-8
Y	JP 2012-175776 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 10 September 2012 (10.09.2012), paragraphs [0033], [0055] (Family: none)	2-7
Y	JP 2003-302421 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 24 October 2003 (24.10.2003), paragraph [0014]; fig. 2 (Family: none)	4-7
Y	JP 2009-521197 A (Robert Bosch GmbH), 28 May 2009 (28.05.2009), paragraph [0029]; fig. 3 & US 2009/0001840 A1 & EP 1966871 A1 & WO 2007/074159 A1 & DE 102005061892 A1 & CN 101411038 A & BR PI0620634 A2	6-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01R31/36(2006.01)i, G01N27/02(2006.01)i, G01R27/02(2006.01)i, H01M8/04(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. G01R31/36, G01N27/02, G01R27/02, H01M8/04

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
Y	WO 2012/077450 A1（日産自動車株式会社）2012.06.14 段落[0009]－[0076]、[図1]－[図9] & US 2013/0249562 A1 & EP 2650689 A1 & CN 103261898 A & MX 2013006438 A & KR 10-2013-0102106 A	1-8
Y	JP 2008-175687 A（古河電池株式会社）2008.07.31 段落【0020】－【0036】、【図1】－【図5】 （ファミリーなし）	1-8

☒ 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矛盾するものではなく、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

0 8 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 6 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

續山 浩二

2 S

4 4 5 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

C (続き) . 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
Y	WO 2014/073208 A1 (アルプス・グリーンデバイス株式会社) 2014.05.15, 段落[0035] (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2012-175776 A (三洋電機株式会社) 2012.09.10 段落【0033】、【0055】 (ファミリーなし)	2-7
Y	JP 2003-302421 A (日産自動車株式会社) 2003.10.24 段落【0014】、【図2】 (ファミリーなし)	4-7
Y	JP 2009-521197 A (ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト ミツ ト ベシユレンクテル ハフツング) 2009.05.28 段落【0029】、【図3】 & US 2009/0001840 A1 & EP 1966871 A1 & WO 2007/074159 A1 & DE 102005061892 A1 & CN 101411038 A & BR PI0620634 A2	6-7