

(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
2022年7月28日(28.07.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/158126 A1

(51) 国際特許分類:

H02M 7/48 (2007.01) G01R 31/56 (2020.01)
G01R 31/50 (2020.01) G01R 31/58 (2020.01)
G01R 31/52 (2020.01)

SYSTEMS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1010021 東京
都千代田区外神田一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 景山 寛 (KAGEYAMA Hiroshi);
〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6
号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/043977

(22) 国際出願日: 2021年11月30日(30.11.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2021-008729 2021年1月22日(22.01.2021) JP

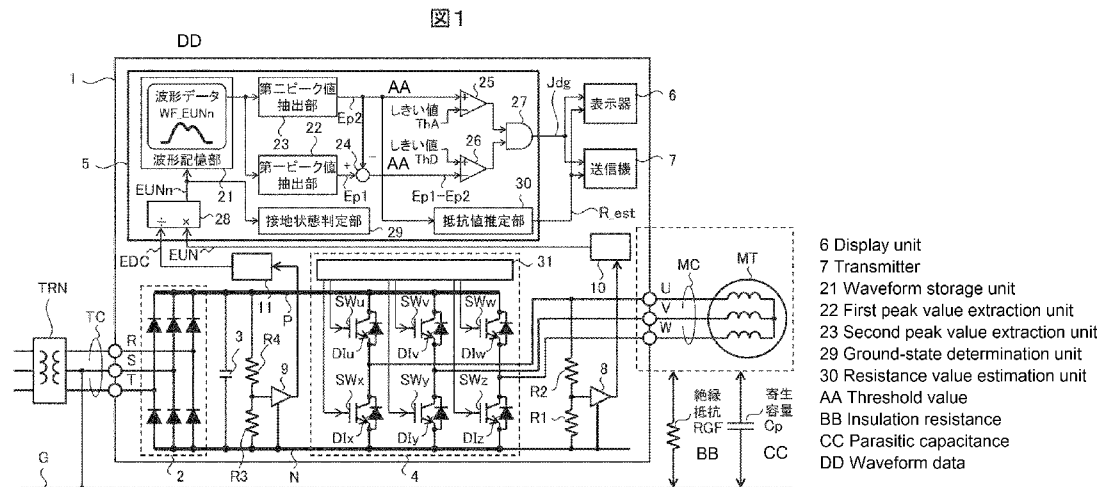
(74) 代理人: 青稜特許業務法人 (SEIRYO I.P.C.);
〒2200004 神奈川県横浜市西区北幸二丁目
10番27号 Kanagawa (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH,

(71) 出願人: 株式会社日立産機シ
ステム (HITACHI INDUSTRIAL EQUIPMENT

(54) Title: POWER CONVERSION DEVICE AND GROUND FAULT DETECTION METHOD

(54) 発明の名称: 電力変換装置および地絡検出方法



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to reduce the scope of capacitance conditions under which erroneous detection occurs due to a parasitic capacitance and suppress the erroneous detection when diagnosing a ground fault occurring in an external device and a connecting cable. In order to achieve the above purpose, this power conversion device has a diode bridge circuit for converting three-phase AC power to DC power, an inverter circuit provided with a plurality of switching elements for controlling current flowing through an external device and a connecting cable, and two DC voltage wires connecting the diode bridge circuit and the inverter circuit, wherein: mountain-like waves that have two peaks including a preceding first peak and a following second peak and occur periodically are extracted from a first voltage information signal obtained by dividing the voltage between the cable and one of the DC voltage wires; and it is determined that a ground fault occurs in the external device and the connecting cable when the value of the second peak is higher than a preset first threshold value and the difference value between the values of the first and second peaks is lower than a preset second threshold value.

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,
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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 外部装置および接続するケーブルに発生する地絡を診断する際に、寄生容量によって誤検知が発生する容量条件の範囲を縮小し、誤検知を抑制することを目的とする。上記目的を達成するために、三相交流電力を直流電力に変換するダイオードブリッジ回路と、外部装置と接続するケーブルに流れる電流を制御する複数のスイッチ素子を備えたインバータ回路と、ダイオードブリッジ回路と前記インバータ回路を接続する2つの直流電圧配線を有する電力変換装置であって、ケーブルと直流電圧配線のうちの1つとの間の電圧を分圧した第一の電圧情報信号から、先行する第一のピークと後行する第二のピークの2つのピークを持った周期的に発生する山状の波形を抽出し、第二のピーク値があらかじめ設定された第一のしきい値より高く、かつ、第一のピーク値と第二のピーク値の差分値があらかじめ設定された第二のしきい値より低い場合、外部装置および接続するケーブルに地絡が発生していると判定する。

明 細 書

発明の名称：電力変換装置および地絡検出方法

技術分野

[0001] 本発明は、モータを駆動する電力変換装置およびそれを用いたケーブルあるいはモータの地絡検出方法に関する。

背景技術

[0002] 電力変換装置に接続するモータおよび、電力変換装置とモータ間を接続するケーブルに地絡が発生した場合、モータに正常な電流が流せずモータの制御に悪影響が出るため、使用者に報知する必要がある。また、モータの制御に影響が出ない高抵抗な地絡であっても、今後絶縁劣化が進行することによって制御に影響が出る可能性があるため、高抵抗な地絡であっても使用者に報知することは有益である。

[0003] 本技術分野における背景技術として特許文献1がある。特許文献1には、抵抗を介した地絡を検知する方法として、インバータの停止時に、インバータ出力端子の少なくとも一つの相と前記直流母線の一方の極との間の電位差と基準電圧とを比較することにより、インバータ出力端の地絡を検出している。また、検出するための回路構成として、分圧抵抗器と比較器を用いている。地絡が発生すると、出力端子と大地間のインピーダンスが低くなり、インバータ出力端子の電圧が上昇する。前述の比較器は、この電圧上昇を基準電圧と比較し、基準電圧を超過した場合に地絡発生と判断している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2001-218474号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ケーブルおよびモータと、大地の間には、寄生的な静電容量成分が存在する（以降、この静電容量成分を寄生容量 C_p と記載する）。寄生容量 C_p の

インピーダンスの絶対値を式で表すと $Z_{Cp} = 1 / (2 \pi f C_p)$ であるから、寄生容量 C_p が大きくなると、それに反比例してインバータの出力端子と大地間のインピーダンスが低下する。そのため、特許文献 1 で示した電圧上昇を検知することで地絡と判定する方法では、寄生容量 C_p が大きい場合に、地絡が発生していなくても地絡発生と誤判定してしまう問題がある。地絡の誤検知が発生すると、装置の使用開始ができないなど使用者にとって不利益をもたらすので極力避けねばならない。

[0006] 本発明の目的は、上記課題に鑑み、寄生容量 C_p によって誤検知が発生する容量条件の範囲を縮小し、誤検知を抑制することができる電力変換装置および地絡検出方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、その一例を挙げるならば、三相交流電力を直流電力に変換するダイオードブリッジ回路と、外部装置と接続するケーブルに流れる電流を制御する複数のスイッチ素子を備えたインバータ回路と、ダイオードブリッジ回路と前記インバータ回路を接続する 2 つの直流電圧配線を有する電力変換装置であって、ケーブルと直流電圧配線のうちの 1 つとの間の電圧を分圧した第一の電圧情報信号から、先行する第一のピークと後行する第二のピークの 2 つのピークを持った周期的に発生する山状の波形を抽出し、第二のピーク値があらかじめ設定された第一のしきい値より高く、かつ、第一のピーク値と第二のピーク値の差分値があらかじめ設定された第二のしきい値より低い場合、外部装置および接続するケーブルに地絡が発生していると判定する。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、寄生容量 C_p によって誤検知が発生する容量条件の範囲を縮小し、誤検知を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施例 1 における電力変換装置の構成図である。

[図2]実施例 1 における直流電圧バス N に対する U 相出力電圧 V_{UN} に関連す

る回路部分を抽出した回路図である。

[図3A]実施例1における寄生容量 C_p が0の場合の電圧波形のシミュレーション計算結果である。

[図3B]実施例1における寄生容量 C_p が10nFの場合の電圧波形のシミュレーション計算結果である。

[図4]実施例1における地絡診断のための全体処理フローチャートである。

[図5]実施例1における地絡診断の処理フローチャートである。

[図6]実施例1における電源ケーブルTCが一相接地および中性点接地の場合の電圧情報 E_{UNn} 波形の一例である。

[図7]実施例1における電圧情報 E_{UNn} の波形の一例である。

[図8]実施例1における第一ピーク値 E_{p1} と第二ピーク値 E_{p2} を抽出するための処理フローチャートである。

[図9A]実施例1における抽出された第一のピーク値 E_{p1} の値を纏めた表である。

[図9B]実施例1における抽出された第二のピーク値 E_{p2} の値を纏めた表である。

[図10]実施例1における差分値 $E_{p1} - E_{p2}$ を纏めた表である。

[図11]実施例1における制御回路の出力する判定結果 J_{dg} の値を纏めた表である。

[図12]実施例2における制御回路の構成図である。

[図13]実施例2における地絡診断の処理フローチャートである。

[図14]実施例2における平均値 E_{avg} の値の例を纏めた表である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。

実施例 1

[0011] 図1は、本実施例における電力変換装置の構成図である。電力変換装置1は、三相交流電力を入力して直流電力に変換するダイオードブリッジ回路2、平滑コンデンサ3、外部装置と接続するケーブルに流れる電流を制御する

複数のスイッチ素子を備えたインバータ回路4を備えている。

[0012] また、電力変換装置1は、電力変換装置1の動作を制御するための制御回路5と、制御回路5からの出力情報を表示するための表示器6、外部のシステムへ送信するための送信機7を備えている。制御回路5は、ハードウェアとしてはCPUもしくはマイコンを含む構成であり、メモリに記憶格納されている各種処理プログラムとデータを用いてソフトウェア処理することにより制御処理を実行する。なお、ソフトウェア処理に代えてFPGA (Field-Programmable Gate Array) で構成してもよい。

[0013] 電力変換装置1の出力端子U、V、Wには3本のモータケーブルMCが接続され、その先にモータMTが接続されている。一方、電力変換装置1の入力端子R、S、Tには3本の電源ケーブルTCが接続され、その先がトランスTRNの2次側に接続されている。電源ケーブルTCおよびトランスTRNの2次側は、一相接地または中性点接地されている。

[0014] 本実施例では、主に、電源ケーブルTCの3本のいずれか1本が大地Gに接続されている一相接地されている場合に有効な地絡判定方法を提供する。なお、図1においては、S相が大地Gに接続された一相接地となっている。

[0015] 破線で囲われた3本のモータケーブルMCおよびモータMT内の配線上と、大地Gとの間には、絶縁抵抗R_{GF}と寄生容量C_pが存在している。本実施例は、インバータ回路4の中の直流電圧バスNに対するU相出力電圧V_{UN}の電圧情報を利用して絶縁抵抗R_{GF}の低下を検出し、これを地絡として判定する。

[0016] なお、U相、V相、W相は配線インダクタンスおよびモータ内の巻き線インダクタンスを介して接続しているが、地絡の判定動作ではモータ駆動に用いられる電流よりも十分に微小な電流しか流れず、これらのインダクタンスの影響を無視できるため、U相、V相、W相は同じ電位にあるとみなすことができる。そのため、U相出力電圧V_{UN}の代わりに、直流電圧バスNに対するV相出力電圧またはW相出力電圧を用いても良い。

[0017] ダイオードブリッジ回路2は6つのダイオードで構成され、入力端子R、

S、Tから入力される交流電力を直流電力に変換し、直流電圧バスNおよびPに出力する。ダイオードブリッジ回路2の整流作用により直流電圧バスPを正電圧、直流電圧バスNを負電圧とした直流電圧VDCが発生する。平滑コンデンサ3はその両端を直流電圧バスNおよびPに接続し、直流電圧VDCを平滑化する。インバータ回路4は、直流電圧バスNおよびPから供給される直流電力を、モータを駆動するための交流電力に変換し、出力端子U、V、Wへ出力する。

[0018] 電力変換装置1は、インバータ回路4の出力部に、抵抗R1、抵抗R2、電流増幅アンプ8、電圧計測回路10を備えている。抵抗R1と抵抗R2は、出力端子Uと直流電圧バスNの間を直列に接続し、出力端子Uと直流電圧バスN間の電圧VUNを分圧し、抵抗分圧回路として機能する。分圧の目的は、100V以上の電圧VUNの電圧情報を後続の電流増幅アンプ8や電圧計測回路10に5V以下の低耐圧部品で処理できるようにするためである。電流増幅アンプ8には入力抵抗が高いものを用い、分圧値に影響を与えないようにしている。電圧計測回路10には電流増幅アンプ8を介して、電圧VUNの分圧された電圧を計測し、アナログの電圧VUNをそれに対応したデジタルの電圧情報EUNに変換して、制御回路5に供給する。

[0019] 同様に、電力変換装置1は、インバータ回路4の直流電圧入力部には、抵抗R3、抵抗R4、電流増幅アンプ9、電圧計測回路11を備えている。抵抗R3と抵抗R4は、直流電圧バスPとNの間を直列に接続し、直流電圧バスPとNの間の電圧VDCを分圧し、抵抗分圧回路として機能する。電流増幅アンプ9には入力抵抗が高いものを用い、分圧値に影響を与えないようにしている。電圧計測回路11には電流増幅アンプ9を介して、電圧VDCの分圧された電圧を計測し、アナログの電圧VDCをそれに対応したデジタルの電圧情報EDCに変換して、制御回路5に供給する。

[0020] 制御回路5は、波形記憶部21、第一ピーク値抽出部22、第二ピーク値抽出部23、引算器24、比較器25および26、論理積ゲート27、除算器28、接地状態判定部29、抵抗値推定部30を備えている。

- [0021] 除算器 28 は、電圧計測回路 10 から送られてきた電圧情報 E_{UN} を、電圧計測回路 11 から送られてきた電圧情報 E_{DC} で除算し、電圧情報 E_{UN} を出力する。この除算作業によって、電圧情報 V_{UN} が正規化されるため、三相交流入力電圧の変動が発生しても診断誤差を抑制する効果が得られる。三相交流入力電圧が変動しない場合は、除算器 28 による正規化動作を省略したり、あるいは、電圧情報 E_{DC} に代えて固定値による除算による正規化動作としても良い。
- [0022] 波形記憶部 21 は三相交流入力電圧の 1 周期の期間の電圧情報 E_{UN} の波形情報 WF_E_{UN} を記憶する。
- [0023] この記憶された波形情報 WF_E_{UN} を基に、第一ピーク値抽出部 22 は、波形情報 WF_E_{UN} に現れる山状の波形の先行する第一ピーク値 E_{p1} を抽出し、第二ピーク値抽出部 23 は、山状の波形の後行する第二ピーク値 E_{p2} を抽出する。引算器 24 は、抽出した 2 つのピーク値の差分値 $E_{p1} - E_{p2}$ を計算する。
- [0024] 比較器 25 は、第二ピーク値 E_{p2} としきい値 ThA を比較し、 $E_{p2} > ThA$ の場合は 1 を、そうでない場合は 0 を出力する。比較器 26 は、差分値 $E_{p2} - E_{p1}$ としきい値 ThD を比較し、 $E_{p2} - E_{p1} < ThD$ の場合は 1 を、そうでない場合は 0 を出力する。論理積ゲート 27 は比較器 25 と比較器 26 の両方の出力が 1 の場合に、地絡判定結果 Jdg に 1 を、そうでない場合に地絡判定結果 Jdg に 0 を出力する。ここで、 $Jdg = 1$ は地絡検出あり、 $Jdg = 0$ が地絡不検出を意味する。制御回路 5 はこの地絡判定結果 Jdg を表示器 6 および送信機 7 に送信し、診断結果はユーザおよび外部システムへ報知される。
- [0025] 接地状態判定部 29 は、波形記憶部 21 が記憶する波形情報 WF_E_{UN} より、ゼロ期間と山状の波形が繰り返し発生することを検出した場合、電源ケーブル TC の 3 本のいずれか 1 本が大地 G に接続されている一相接地状態であると判定する。
- [0026] 抵抗値推定部 30 は、第二ピーク値 E_{p2} を入力して、その値を基に絶縁

抵抗 R_{GF} を推定し、絶縁抵抗の推定値 R_{est} を表示器 6 および送信機 7 に送信し、抵抗推定値の結果はユーザおよび外部システムへ報知される。

[0027] インバータ回路 4 は、U 相、V 相、W 相の 3 つのハーフブリッジ回路と、ドライバ回路 31 から構成されている。U 相のハーフブリッジ回路は、スイッチ SW_u とダイオード D_{lu} が逆並列に接続された上アームと、スイッチ SW_x とダイオード D_{lx} が逆並列に接続された下アームで構成されている。

[0028] 同様に、V 相のハーフブリッジ回路は、スイッチ SW_v とダイオード D_{lv} 、スイッチ SW_y とダイオード D_{ly} で、W 相のハーフブリッジ回路は、スイッチ SW_w とダイオード D_{lw} 、スイッチ SW_z とダイオード D_{lz} で構成されている。

[0029] 全てのスイッチ SW_u 、 SW_v 、 SW_w 、 SW_x 、 SW_y 、 SW_z は、ドライバ回路 31 と接続している。ドライバ回路 31 は制御回路 5 からの指令に基づいてスイッチに電気信号を供給し、スイッチの ON と OFF の切り替え制御を行うことでスイッチ素子を駆動する。

[0030] 図 2 は、直流電圧バス N に対する U 相出力電圧 V_{UN} に関連する回路部分を、図 1 の構成図から抽出した回路図である。前述した通りインダクタンス成分は無視できるため回路図からはケーブルやモータ巻き線のインダクタンスは削除されている。

[0031] 図 2 において、トランス TR_N の二次側は 3 つの正弦波電圧源として表され、それらは、同じ振幅 A 、と同じ周波数 f であるが、互いに 120 度ずつずれた位相 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 となっている。電力変換装置 1 の入力端子 S が大地 G に接地されている場合、他の入力端子 R および T には、前記の電圧源のうち 2 つを直列に繋げて得られる交流電圧が印加される。一方、ダイオードブリッジ回路 2 の整流作用と平滑コンデンサ 3 の電圧平滑化作用によって、直流電圧バス P と N の間の直流電圧 V_{DC} には、トランス TR_N 内の電圧源を 2 つ直列に繋げて得られる電圧の最大値に相当する直流電圧が発生する。また、ダイオードを介して直流電圧バス N と大地 G は接続しているため、

直流電圧バスNの電圧 V_N は大地Gと同じかあるいはより低い電位となっている。ただし、ダイオードのビルトイン電圧は無視できるものとする。

[0032] 電力変換装置1の出力端子Uは、絶縁抵抗 R_{GF} を介して大地Gと、また抵抗 R_1 と R_2 の直列抵抗を介して直流電圧バスNと接続している。また、出力端子Uは、寄生容量 C_p を介して大地Gと、またダイオードDを介して直流電圧バスNと接続している。ダイオードDは、インバータ回路4の下アームの還流ダイオード D_{lx} 、 D_{ly} 、 D_{lz} が並列接続された回路を1つのダイオードで表したものである。

[0033] 寄生容量 C_p が無い($C_p = 0$)の場合は、絶縁抵抗 R_{GF} 、抵抗 R_1 、 R_2 は単純に分圧抵抗として作用するため、大地Gに対する出力端子Uの電圧 V_U (負)は、絶縁抵抗 R_{GF} と、分圧抵抗 R_1 と R_2 の直列抵抗が直流電圧バスNの電圧を分圧した電圧となる。そして、直流電圧バスNに対する出力端子Uの電圧 V_{UN} は、上記の電圧 V_U (負)と電圧 V_N (負)の差電圧、つまり $V_{UN} = V_U - V_N$ となる。

[0034] 一方、寄生容量 C_p が存在する場合は、寄生容量 C_p と絶縁抵抗 R_{GF} 、抵抗 R_1 、 R_2 がCR遅延回路を形成するため、直流電圧バスNの電圧 V_N の電圧変動に対して、出力端子Uの電位追従を遅らせるCR遅延回路として作用する。なお、ダイオードDによって、出力端子Uの電位は直流電圧バスNの電位を下回らないようにクランプされている。

[0035] なお、電圧計測回路10が計測する電圧 U_{mon} は、寄生容量 C_p の大小に関わらず電圧 V_{UN} を $R_1 / (R_1 + R_2)$ 倍とした電圧であって、電圧 U_{mon} は電圧 V_{UN} の情報をそのまま引き継いでいる。

[0036] 図3A、図3Bに、本実施例における電圧 V_N 、 V_U および V_{UN} の電圧波形のシミュレーション計算結果の例を示す。図3Aは寄生容量 C_p が0の場合、図3Bは寄生容量 C_p が 10 nF の場合である。ステップさせたパラメータは、絶縁抵抗 R_{GF} であって、 $R_{FG} = \{0\Omega, 100\text{ k}\Omega, 300\text{ k}\Omega, 1\text{ M}\Omega, 3\text{ M}\Omega, \infty\Omega\}$ としている。その他パラメータは固定であって、抵抗 $R_1 = 5\text{ k}\Omega$ 、抵抗 $R_2 = 295\text{ k}\Omega$ 、振幅 $A = 163.3\text{ V}$ 、周

波数 $f = 50\text{ Hz}$ として計算している。

[0037] 寄生容量 C_p が 0 の場合の図 3 A において、電圧 V_N の波形は図中の一番下側の曲線となり、これは同じ高さの 2 つのボトムを持った負の電圧波形である。電圧 V_U は、電圧 V_N の分圧電圧であるから、電圧 V_U の波形は電圧 V_N が $R_{GF} / (R_1 + R_2 + R_{GF})$ 倍に圧縮された波形となる。例えば、 $R_{GF} = \infty \Omega$ のときは、電圧 V_U の波形は電圧 V_N の波形と同じであるが、 R_{GF} の減少に伴って電圧 V_U の波形は圧縮され、 $R_{GF} = 300\text{ k}\Omega$ では振幅が半分となり、 $R_{GF} = 0 \Omega$ では、電圧 V_U の波形は 0 V 一定の直線となる。電圧 V_{UN} は電圧 V_U と電圧 V_N の差電圧であるから、例えば、 $R_{GF} = 0 \Omega$ のときは、電圧 V_U の波形は電圧 V_N の波形を正負反対にした波形、つまり同じ高さの 2 つのピーク（1 s t および 2 n d ピーク）を持った山状の正の電圧波形となるが、 R_{GF} の増大に伴って電圧 V_U の波形は圧縮され、 $R_{GF} = 300\text{ k}\Omega$ では振幅が半分となり、 $R_{GF} = \infty \Omega$ では、電圧 V_{UN} の波形は 0 V 一定の直線となる。

[0038] 寄生容量 C_p が 10 nF の場合の図 3 B において、電圧 V_N の波形は図 3 A と同じく 2 つのボトムを持った負の電圧波形である。しかしながら、絶縁抵抗 R_{GF} と分圧抵抗 R_1 と R_2 の直列抵抗と寄生容量 C_p が形成する CR 遅延回路によって、電圧 V_U の波形は、図 3 A の波形に対して遅れた波形となる。その結果、電圧 V_{UN} の波形は、絶縁抵抗 R_{GF} が高いほど、および、早い時間ほど、図 3 A の波形と比べて波形が上に持ち上がり、また、2 n d ピークにくらべ 1 s t ピークの高さが高くなってくる。

[0039] 例えば、 $R_{GF} = \infty \Omega$ では、電圧 V_{UN} の波形は 0 V 一定の直線とならず、異なる高さの 1 s t ピークと 2 n d ピークを持った山状の波形となる。

[0040] 図 4 に、本実施例における地絡診断のための全体処理フローチャートを示す。なお、このフローチャートは、電力変換装置 1 への電源投入直後や、ユーザおよび接続システムからの地絡診断開始トリガによって開始される。図 4 において、開始後、制御回路 5 はインバータ回路 4 内のすべスイッチ SW_u 、 SW_v 、 SW_w 、 SW_x 、 SW_y 、 SW_z を OFF にする（S1）。

- [0041] 続いて、接続するモータMCの回転が停止したことを確認する（S2）、具体的にはモータ駆動制御のためにインバータ回路4の複数の出力相に取り付けられた電流センサ（不図示）や、DC電流バスに取り付けられた電流センサ（不図示）を利用して確認することができる。停止していないと確認された場合は停止するまで待機する。また、電流センサを利用しない場合は、あらかじめモータの停止に必要な時間を見積もっておいてその時間待機する。
- [0042] 続いて、電圧VDCが安定しているか確認する（S3）。安定していない場合は平滑コンデンサ3が十分に充電されて電圧VDCが安定するまで待機する。
- [0043] モータ停止と電圧VDCの安定化が確認されたら、地絡診断動作を実施する（S4）。地絡診断の詳細については後述する。診断動作によって得られた判定結果は表示器6に表示され、また送信機7により装置外部に送信される（S5）。
- [0044] 図5に、本実施例における地絡診断（S4）の処理フローチャートを示す。図5において、まず、接地状態判定部29は、除算器28が出力した電圧情報EUN_nを、0より僅かに大きいしきい値EZと、しばらくの時間、比較する（S11）。比較する時間は、想定される入力交流電圧の周波数の最大値より長ければよい。しきい値EZは電圧情報EUN_nが0にある状態を検出するためのしきい値なので、理論的には1より十分に小さく0に限りなく近いほど良いが、実用的にはノイズが含まれること考慮すると、 $EZ = 0.01 \sim 0.1$ 付近の値が好ましい。
- [0045] 図6に、本実施例における電源ケーブルTCが一相接地および中性点接地の場合の電圧情報EUN_n波形の一例を示す。0より僅かに高いしきい値EZに対して、一相接地の場合は、電圧情報EUN_nはEZより高い状態とノイズとか外乱を除くと理論的にゼロのしきい値EZより低い状態を周期的に繰り返す、言い換えれば周期的に理論的にゼロ電圧状態となる、のに対して、中性点接地の場合は、電圧情報EUN_nはEZより常時高い状態になって

いる。

[0046] 上記のような特性を利用して、接地状態判定部29は、 EUN_n が $EUN_n < EZ$ と $EUN_n > EZ$ の状態を周期的に繰り返した場合に、電源ケーブルTCが一相接地されている判断して次のステップS13に進む(S12)。また接地状態判定部29は、常時 $EUN_n > EZ$ であった場合、電源ケーブルTCが中性点接地されていると判断し、本実施例と別の方法で地絡を診断する(S22)。例えば常時 EUN_n が、別のしきい値を超えたことを以って地絡検出と診断しても良いし、あるいは、既に $EUN_n > EZ$ となっていることを以って地絡検出したと診断しても良い。常時 $EUN_n < EZ$ であった場合は、電源ケーブルTCの接地状態は不明であり、地絡不検出として処理する(S23)。

[0047] 接地状態判定部29が一相接地と判定した場合、波形記憶部21は、電圧情報 EUN_n 波形の立ち上がりタイミングを抽出し(S13)、1周期分の波形データ WF_EUN_n を記憶する(S14)。

[0048] 図7に、本実施例における電圧情報 EUN_n の波形の一例を示す。波形記憶部21は、 $EUN_n < EZ$ から $EUN_n > EZ$ となる時刻を立ち上がりタイミングとして検出する。また、波形記憶部21は、連続した2つの立ち上がりタイミングを検出し、その期間Tの電圧情報 EUN_n を波形データ WF_EUN_n として記憶する。なお、期間Tの長さは入力交流電圧の1周期と同じになる($T = 1/f$)。

[0049] 図5に戻って、波形記憶部21が波形データ WF_EUN_n を記憶した後、第一ピーク値抽出部22は、波形情報 WF_EUN_n に現れる山状の波形の先行する第一ピーク値 E_{p1} を抽出し、第二ピーク値抽出部23は、山状の波形の後行する第二ピーク値 E_{p2} を抽出する(S15)。

[0050] 図8に、本実施例における波形データ WF_EUN_n より第一ピーク値 E_{p1} と第二ピーク値 E_{p2} を抽出するための処理フローチャートを示す。図8の処理フローチャートにおいて、まず波形データ WF_EUN_n 時間軸に対して3分割し(S31)、第一ピーク値抽出部22は、分割された1番目

の期間内における波形データWF__EUN_nの最大値をE_{p1}として出力し（S32）、第二ピーク値抽出部23は、分割された2番目の期間内における波形データWF__EUN_nの最大値をE_{p2}として出力する（S33）。なお、図7の波形において、3分割された期間はT₁、T₂、T₃であり、第一ピーク値抽出部22は期間T₁において、第二ピーク値抽出部23は期間T₂において、それぞれ最大値を抽出しピーク値とする。

[0051] 図5に戻って、第一ピーク値E_{p1}および第二のピーク値E_{p2}を抽出した後、比較器25は、第二ピーク値E_{p2}とあらかじめ設定されているしきい値ThAを比較する（S16）。比較結果がE_{p2}<ThAの場合には、制御回路5は地絡不検出と判断する（S23）。

[0052] 比較結果がE_{p2}<ThAでなかった場合、続いて、比較器26は、第一ピーク値E_{p1}と第二ピーク値E_{p2}の差分値E_{p1}−E_{p2}を、あらかじめ設定されているしきい値ThDと比較する（S17）。比較結果がE_{p1}−E_{p2}>ThDの場合、制御回路5は地絡不検出と判断する（S23）。

[0053] 比較結果がE_{p1}−E_{p2}>ThDでなかった場合、制御回路5は地絡ありとして判断する（S17）。

[0054] また、抵抗値推定部30は、第二ピーク値E_{p2}より、絶縁抵抗R_{GF}の値の推定値を計算する（S18）。波形データWF__EUN_nは正規化されているため、寄生容量C_pの影響が無視できる場合には、第二ピーク値E_{p2}は $(R_1 + R_2) / (R_1 + R_2 + R_{GF})$ で表すことができるため、絶縁抵抗R_{GF}の値を下記（数1）より推定することができる。

[0055]
$$R_{GF} = (R_1 + R_2) \cdot ((1 / E_{p2}) - 1) \cdots (\text{数1})$$

ただし、数1から得られるR_{GF}の推定値には寄生容量C_pの影響が含まれていないため、寄生容量C_pが大きいほど誤差は大きくなる。

[0056] 図9Aは、本実施例における抽出された第一のピーク値E_{p1}の値の例を纏めた表であって、図9Bは、本実施例における抽出された第二のピーク値E_{p2}の値の例を纏めた表である。

[0057] 図9A、図9Bの表中の各値は、絶縁抵抗R_{GF}と寄生容量C_pをパラメ

ータとして、回路シミュレーション計算を行い得られた値である。シミュレーション条件は、抵抗 $R_1 = R_3 = 5 \text{ k}\Omega$ 、抵抗 $R_2 = R_4 = 295 \text{ k}\Omega$ 、平滑コンデンサ容量 $= 1 \text{ mF}$ 、入力三相交流相電圧振幅 $A = 163.3 \text{ V}$ としている。

[0058] ここで、 $1 \text{ M}\Omega$ 程度の絶縁抵抗 R_{GF} を地絡と判定させるために、シミュレーション条件 $R_{GF} = 1 \text{ M}\Omega$ 、 $C_p = 0.1 \text{ nF}$ （最小容量）で得られた E_{p1} および E_{p2} の値である 0.23 より僅かに少ない 0.2 をしきい値に設定した。すると、 E_{p1} と E_{p2} は、 A の領域でしきい値より高く、 B の領域でしきい値より低くなる。

[0059] ここで、仮に A の領域を地絡と判定した場合について述べる。これは、特許文献 1 のように、波形のピーク値が、あるしきい値より大きい場合に地絡検出と診断させることに相当する。

[0060] 図 9 A において、寄生容量 C_p が 1 nF 以下の場合、絶縁抵抗 R_{GF} が $1 \text{ M}\Omega$ 以下では地絡検出、 $3 \text{ M}\Omega$ 以上では地絡不検出と判定ができるが、寄生容量 C_p が大きい場合、すなわち、図 9 A においては 3 nF 以上の場合、全ての絶縁抵抗 R_{GF} の条件で地絡検出と判定するため、破線で示した A_2 の条件において誤検知となる。

[0061] 同様に、図 9 B において、寄生容量 C_p が 3 nF 以下の場合、絶縁抵抗 R_{GF} が $1 \text{ M}\Omega$ 以下では地絡検出、 $3 \text{ M}\Omega$ 以上では地絡不検出と判定ができるが、寄生容量 C_p が大きい場合、すなわち、図 9 B においては 10 nF 以上の場合、全ての絶縁抵抗 R_{GF} の条件で地絡検出と判定するため、破線で示した A_2 の条件において誤検知となる。

[0062] そこで、本実施例では、2つのピークの差分値 $E_{p1} - E_{p2}$ を地絡判定に利用する。図 10 は、本実施例における図 9 A に示した第一ピーク値 E_{p1} から図 9 B に示した第二ピーク値 E_{p2} を引いた値である差分値 $E_{p1} - E_{p2}$ を纏めた表である。ここで、図 10 の値に対して、しきい値に 0.1 を設定すると、各値は A の領域でしきい値より高く、 B の領域でしきい値より低くなる。

[0063] そして、本実施例の制御回路5が備えている引算器24、比較器25、比較器26、論理積ゲート27に対して、しきい値 T_{hA} に0.2、閾値 T_{hD} に0.1を設定して、図9Aおよび図9Bに示した第一ピーク値および第二ピーク値を入力すると、図11に示す J_{dg} 値が出力される。

[0064] 制御回路5は、図11のYの範囲を地絡検出として判定し、Nの範囲で地絡不検出として判定する。なお、Yの範囲は、図9BのBの範囲と、図10のAの範囲の論理積に一致する。図11の表では、Y2の範囲が誤検知となるため、本実施例は、寄生容量 C_p が100nF以上の条件で誤検知が発生することが示されている。したがって、本実施例において誤検知を発生させる寄生容量 C_p の条件範囲が、特許文献1において誤検知を発生させる寄生容量 C_p の条件範囲より小さくなることが示された。

[0065] なお、本実施例においては、絶縁抵抗 R_{GF} が1M Ω より小さいにもかかわらず検出しない不感領域N2が存在する。より誤検知を抑制する、つまりY2の範囲を縮小するためには、閾値V1の値をより小さくすることで可能だが、一方でN2の範囲を縮小するためには、閾値V1の値をより大きくすることで可能となるため、これらのトレードオフとなる。

[0066] 以上のように、本実施例によれば、寄生容量 C_p によって誤検知が発生する容量条件の範囲を縮小し、誤検知を抑制することができる。

実施例 2

[0067] 図12は、本実施例における制御回路の構成例である。図12において、制御回路51は、図1の制御回路5において、新たに平均値計算部32が追加されている。

[0068] 図12において、平均値計算部32は、波形データWF__EUNnの1周期分のデータから平均値を計算し、平均値 E_{avg} を出力する。また、比較器25へ供給される信号は、平均値 E_{avg} となっており、比較器25は平均値 E_{avg} としきい値 T_{ha} を比較する。その他構成は、図1に示された制御回路5の構成と同じである。

[0069] 図13は、本実施例における地絡診断(S4)の処理フローチャートであ

る。すなわち、図 13 の処理フローチャートは、図 12 に示した制御回路 51 を用いた場合の、地絡診断の処理フローチャートである。図 13 においては、図 5 のステップ S16 に代えてステップ S41 と S42 が変更されている。

[0070] ステップ S41 および S42 は、1 周期分の波形データ WF_EUNn を記憶する S14 以降に配置される。ステップ 41 においては、1 周期分の波形データ WF_EUNn の平均値 $Eavg$ を計算する。続くステップ S42 では、比較器 25 は、平均値 $Eavg$ とあらかじめ設定されているしきい値 ThA を比較する。比較結果が $Eavg < ThA$ の場合には、制御回路 5 は地絡不検出と判断する (S23)。比較結果が $Eavg < ThA$ でなかった場合は、比較器 26 による、差分値 $E_{p1} - E_{p2}$ の比較に進む (S17)。

[0071] 図 14 は、本実施例における平均値 $Eavg$ の値の例を纏めた表である。図 14 の表中の各値は、絶縁抵抗 R_{GF} と寄生容量 C_p をパラメータとして、回路シミュレーション計算を行い得られた値である。シミュレーション条件は、図 9 の場合と同じく、抵抗 $R1 = R3 = 5\text{ k}\Omega$ 、抵抗 $R2 = R4 = 295\text{ k}\Omega$ 、平滑コンデンサ容量 $= 1\text{ mF}$ 、入力三相交流相電圧振幅 $A = 163.3\text{ V}$ としている。

[0072] ここで、 $1\text{ M}\Omega$ 程度の絶縁抵抗 R_{GF} を地絡と判定させるために、シミュレーション条件 $R_{GF} = 1\text{ M}\Omega$ 、 $C_p = 0.1\text{ nF}$ (最小容量) で得られた $Eavg$ の値である 0.11 より僅かに少ない 0.1 をしきい値に設定した。

[0073] すると、 $Eavg$ は、A の領域でしきい値より高く、B の領域でしきい値より低くなる。この A と B の領域の範囲は、図 9 B に示した第二ピーク値 E_{p2} の結果と同じである。したがって、図 12 に示すように、比較器 25 に、第二ピーク値 E_{p2} を供給する代わりに平均値 $Eavg$ を供給することによって、制御回路 51 は、図 11 に示した判定結果を出力することができる。

[0074] 以上のように、本実施例によれば、実施例1と同様に、寄生容量 C_p によって誤検知が発生する容量条件の範囲を縮小し、誤検知を抑制することができる。

[0075] 以上実施例について説明したが、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

符号の説明

[0076] 1：電力変換装置、2：ダイオードブリッジ回路、3：平滑コンデンサ、4：インバータ回路、5、51：制御回路、6：表示器、7：送信機、8、9：電流増幅アンプ、10、11：電圧計測回路、21：波形記憶部、22：第一ピーク値抽出部、23：第二ピーク値抽出部、24：引算器、25、26：比較器、27：論理積ゲート、28：除算器、29：接地状態判定部、30：抵抗値推定部、31：ドライバ回路、32：平均値計算部、R1～R4：抵抗、SW_u、SW_v、SW_w、SW_x、SW_y、SW_z：スイッチ素子、D_{1u}、D_{1v}、D_{1w}、D_{1x}、D_{1y}、D_{1z}：ダイオード。

請求の範囲

[請求項1]

三相交流電力を直流電力に変換するダイオードブリッジ回路と、
外部装置と接続するケーブルに流れる電流を制御する複数のスイッチ素子を備えたインバータ回路と、
前記ダイオードブリッジ回路と前記インバータ回路を接続する2つの直流電圧配線と、
前記2つの直流電圧配線の間を接続する平滑コンデンサと、
前記スイッチ素子を駆動するドライバ回路と、
前記ケーブルと前記直流電圧配線のうちの1つとの間の電圧を分圧する第一の抵抗分圧回路と、
前記第一の抵抗分圧回路で分圧された電圧を計測してそれに対応する電圧情報信号を出力する第一の電圧計測回路と、
前記第一の電圧計測回路からの電圧情報信号を入力して地絡診断を行う制御部を有し、
前記制御部は、前記第一の電圧計測回路が出力した電圧情報信号から、先行する第一のピークと後行する第二のピークの2つのピークを持った周期的に発生する山状の波形を抽出し、前記第二のピーク値があらかじめ設定された第一のしきい値より高く、かつ、前記第一のピーク値と前記第二のピーク値の差分値があらかじめ設定された第二のしきい値より低い場合、前記外部装置および接続するケーブルに地絡が発生していると判定することを特徴とする電力変換装置。

[請求項2]

請求項1に記載の電力変換装置であって、
前記の地絡が発生していると判定する条件に代えて、
前記第一の電圧計測回路が出力した電圧情報信号からその平均値を計算し、前記平均値があらかじめ設定された第一のしきい値より高く、かつ、前記第一のピーク値と前記第二のピーク値の差分値があらかじめ設定された第二のしきい値より低い場合に、地絡が発生していると判定することを特徴とする電力変換装置。

- [請求項3] 請求項 1 または 2 に記載の電力変換装置であって、
前記 2 つの直流電圧配線の間電圧を分圧する第二の抵抗分圧回路と、
前記第二の抵抗分圧回路で分圧された電圧を計測してそれに対応する電圧情報信号を出力する第二の電圧計測回路を有し、
前記制御部は除算器を有し、
前記制御部は前記除算器が前記第一の電圧計測回路が出力する電圧情報信号を、前記第二の電圧計測回路が出力する電圧情報信号で除算することで、前記第一の電圧計測回路が出力する電圧情報信号を正規化することを特徴とする電力変換装置。
- [請求項4] 請求項 1 または 2 に記載の電力変換装置であって、
前記制御部は、三相交流電力を入力する外部配線の接地状態を判定する接地状態判定部を有し、前記第一の電圧計測回路が出力する電圧情報信号が周期的に 0 電圧状態となることを検知して、前記外部配線の接地状態が一相接地であると判定することを特徴とする電力変換装置。
- [請求項5] 請求項 1 または 2 に記載の電力変換装置であって、
表示器および送信機を有し、
前記表示器は前記地絡の判定結果を表示し、
前記送信機は外部のシステムに前記地絡の判定結果を送信することを特徴とする電力変換装置。
- [請求項6] 請求項 5 に記載の電力変換装置であって、
前記制御部は、前記第二のピーク値に基づいて、外部装置および接続するケーブルに発生した地絡の抵抗値を推定計算し、
前記表示器は推定された地絡の抵抗値を表示し、
前記送信機は外部のシステムに推定された地絡の抵抗値を送信することを特徴とする電力変換装置。
- [請求項7] 請求項 1 または 2 に記載の電力変換装置であって、

前記制御部は、波形記憶部を有し、前記周期的に発生する山状の波形の少なくとも1周期分の波形データを記憶することを特徴とする電力変換装置。

[請求項8] 三相交流電力を直流電力に変換するダイオードブリッジ回路と、外部装置と接続するケーブルに流れる電流を制御する複数のスイッチ素子を備えたインバータ回路と、前記ダイオードブリッジ回路と前記インバータ回路を接続する2つの直流電圧配線を有する電力変換装置の地絡検出方法であって、

前記ケーブルと前記直流電圧配線のうちの1つとの間の電圧を分圧した第一の電圧情報信号から、先行する第一のピークと後行する第二のピークの2つのピークを持った周期的に発生する山状の波形を抽出し、

前記第二のピーク値があらかじめ設定された第一のしきい値より高く、かつ、前記第一のピーク値と前記第二のピーク値の差分値があらかじめ設定された第二のしきい値より低い場合、前記外部装置および接続するケーブルに地絡が発生していると判定することを特徴とする地絡検出方法。

[請求項9] 請求項8に記載の地絡検出方法であって、

前記の地絡が発生していると判定する条件に代えて、

前記第一の電圧情報信号からその平均値を計算し、前記平均値があらかじめ設定された第一のしきい値より高く、かつ、前記第一のピーク値と前記第二のピーク値の差分値があらかじめ設定された第二のしきい値より低い場合に、地絡が発生していると判定することを特徴とする地絡検出方法。

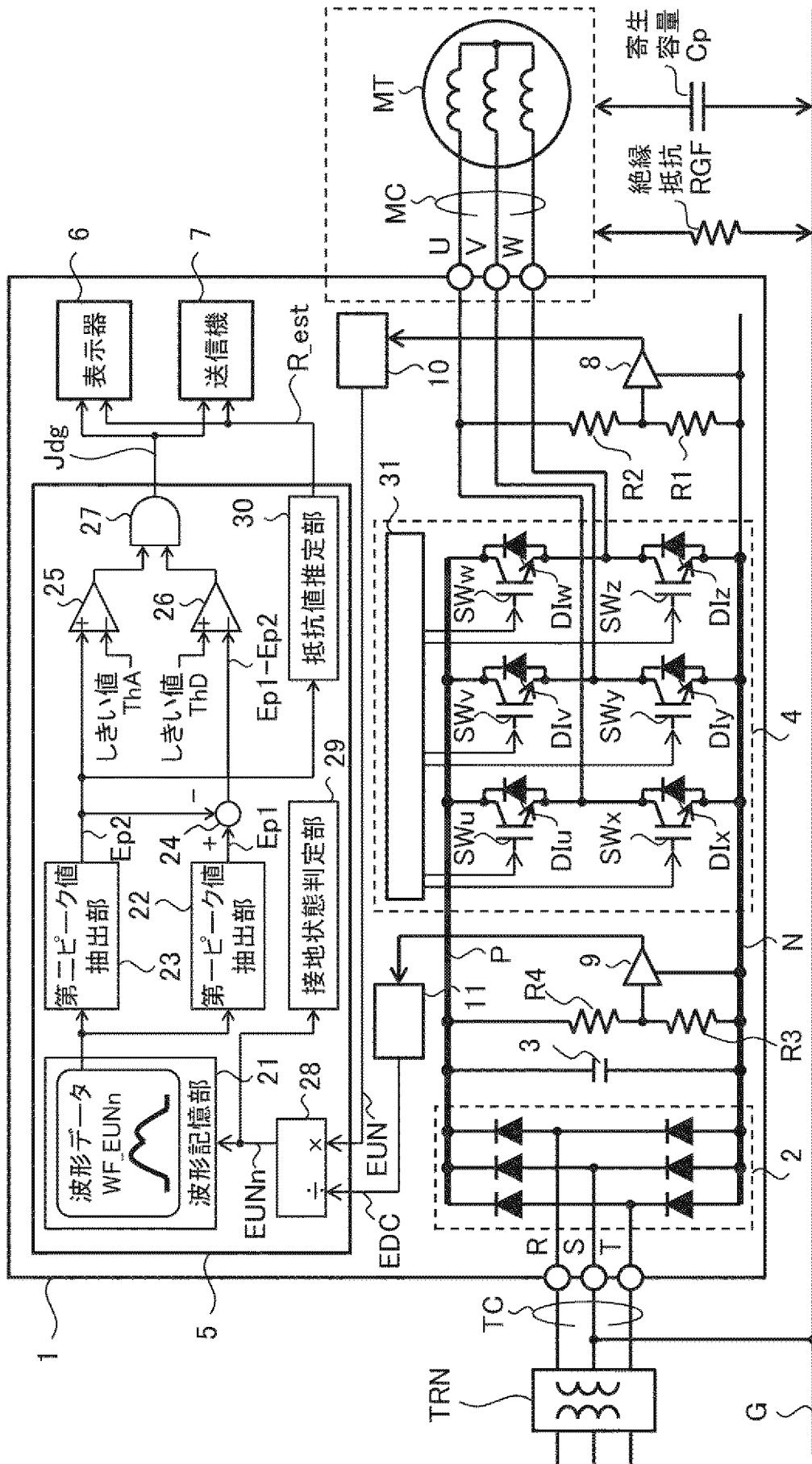
[請求項10] 請求項8または9に記載の地絡検出方法であって、

前記第一の電圧情報信号を、前記2つの直流電圧配線の間の電圧を分圧した第二の電圧情報信号で除算することで、前記第一の電圧情報信号を正規化することを特徴とする地絡検出方法。

- [請求項11] 請求項 8 または 9 に記載の地絡検出方法であって、
前記第一の電圧情報信号が、周期的に 0 電圧状態となることを検知して三相交流電力を入力する外部配線の接地状態が一相接地であると判定することを特徴とする地絡検出方法。
- [請求項12] 請求項 8 または 9 に記載の地絡検出方法であって、
前記地絡の判定結果を表示し、
外部のシステムに前記地絡の判定結果を送信することを特徴とする地絡検出方法。
- [請求項13] 請求項 1 2 に記載の地絡検出方法であって、
前記第二のピーク値に基づいて、外部装置および接続するケーブルに発生した地絡の抵抗値を推定計算し、
推定された地絡の抵抗値を表示し、
外部のシステムに推定された地絡の抵抗値を送信することを特徴とする地絡検出方法。
- [請求項14] 請求項 8 または 9 に記載の地絡検出方法であって、
前記周期的に発生する山状の波形の少なくとも 1 周期分の波形データを記憶することを特徴とする地絡検出方法。

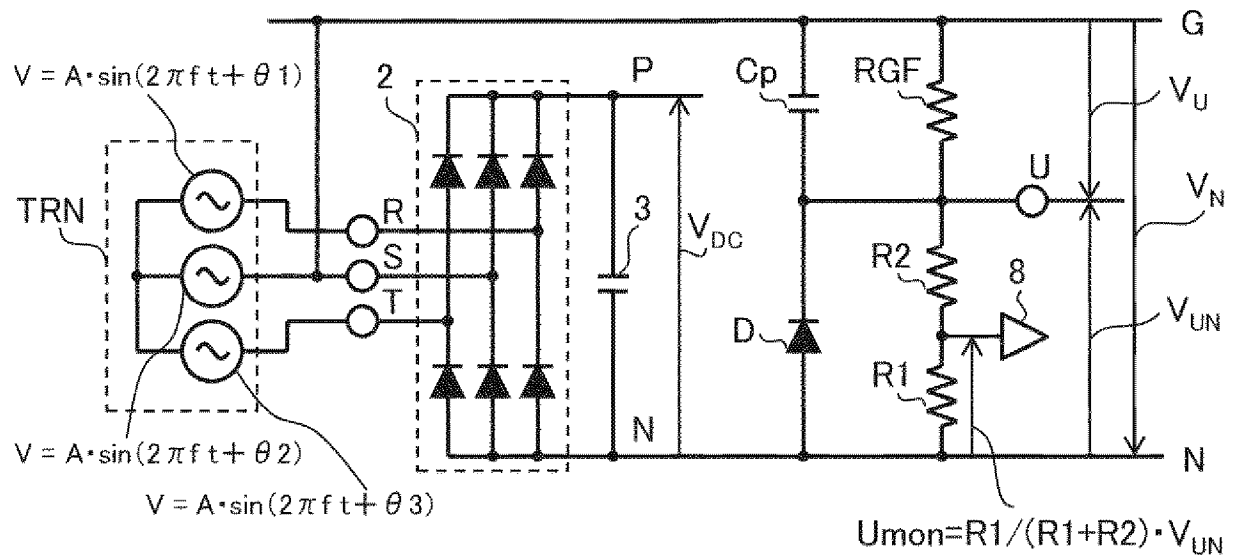
[図1]

図1



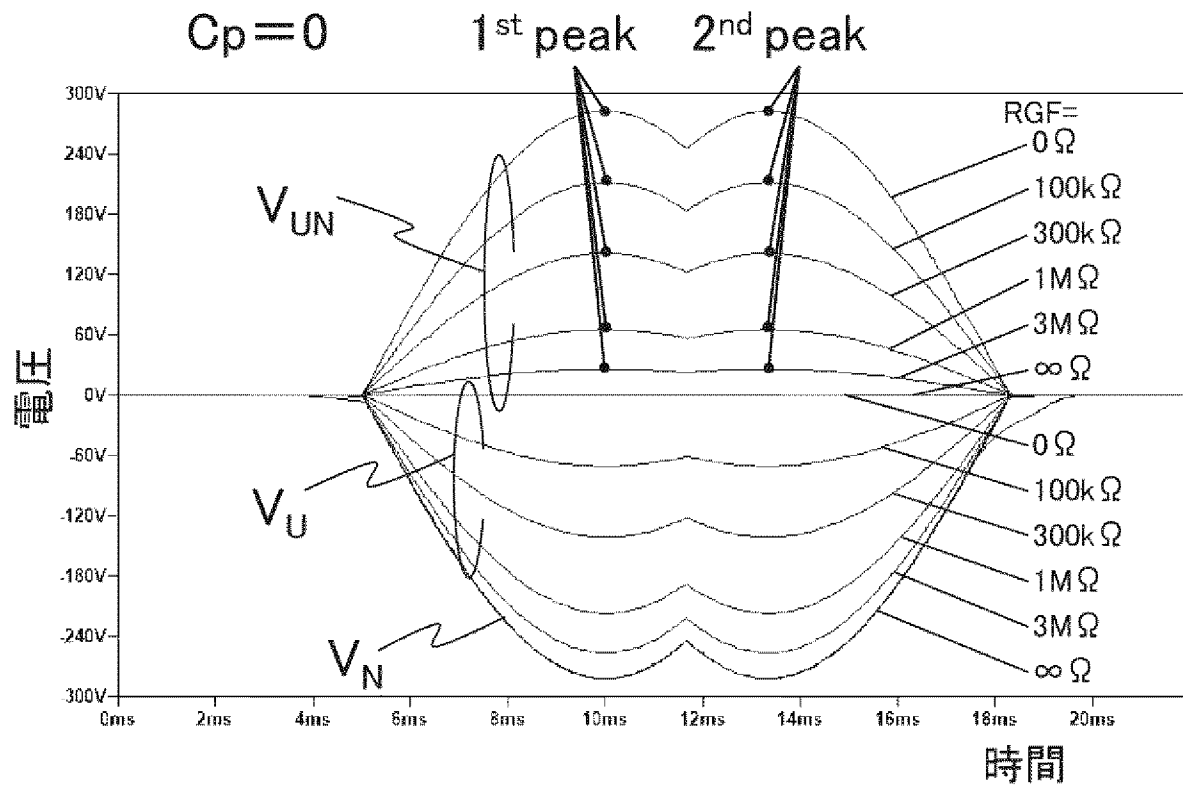
[図2]

図2

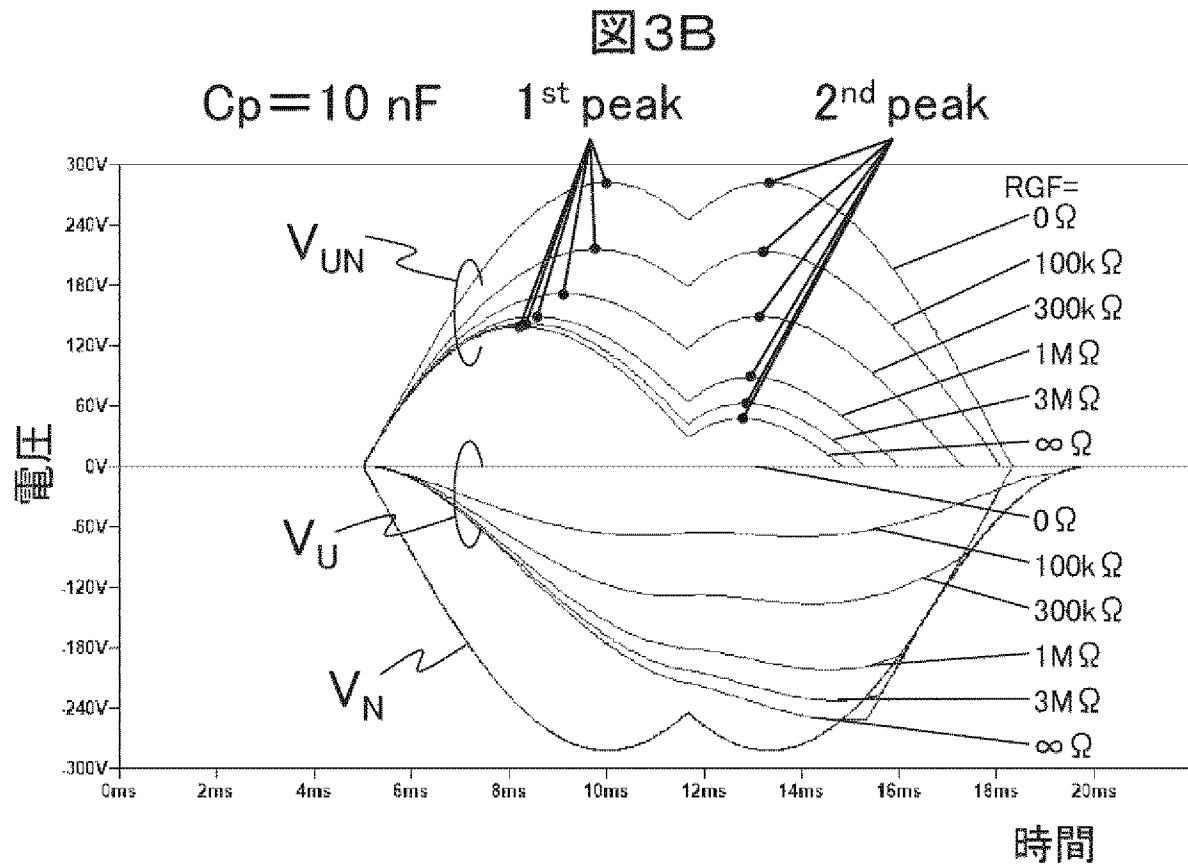


[図3A]

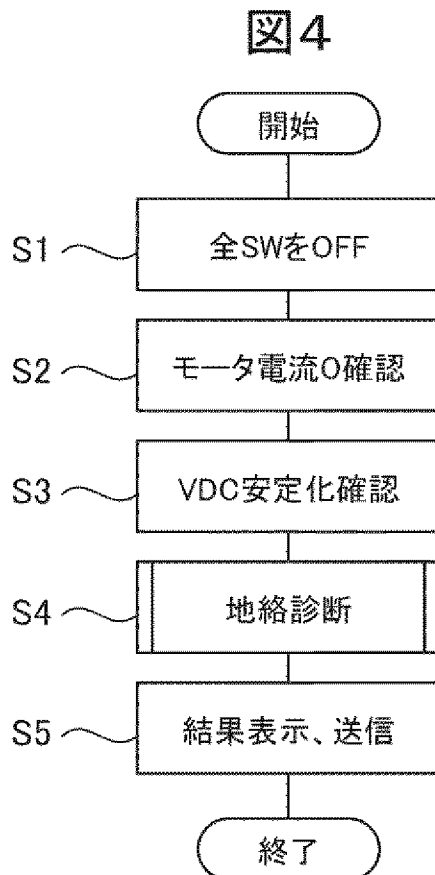
図3A



[図3B]

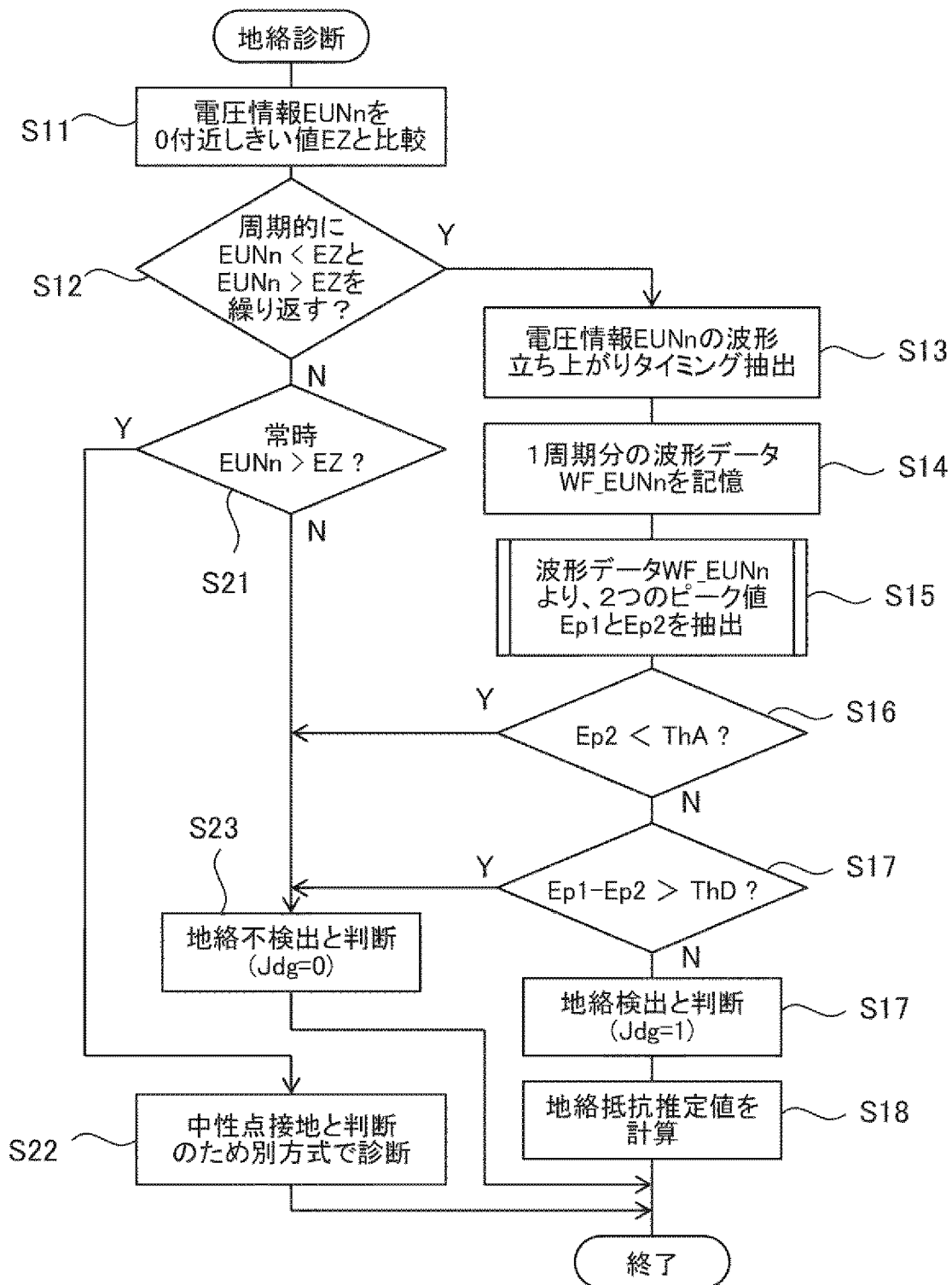


[図4]



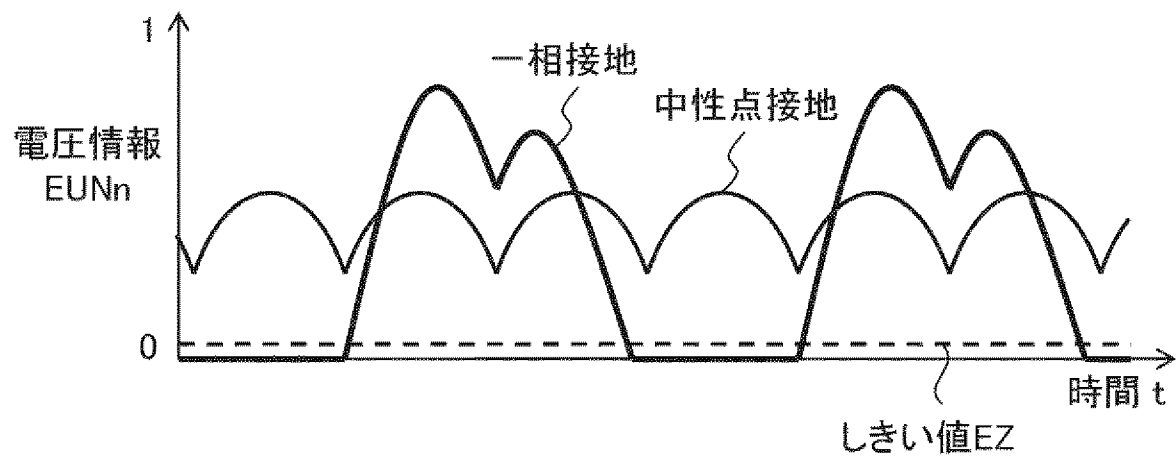
[図5]

図5



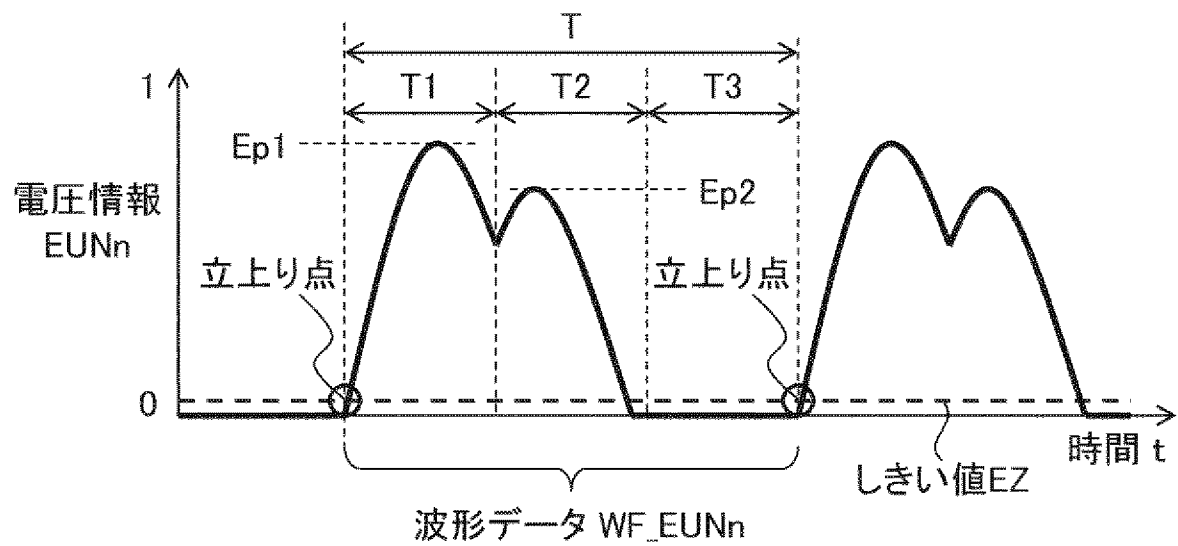
[図6]

図6



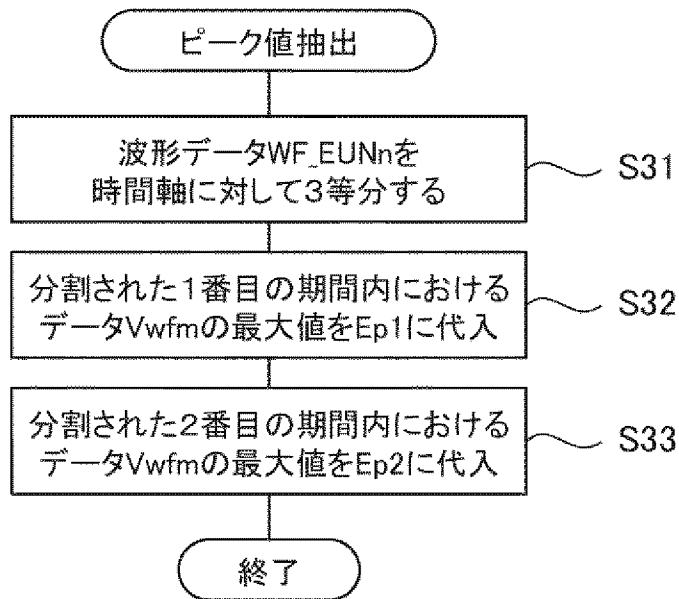
[図7]

図7



[図8]

図8



[図9A]

図9A

Ep1値

絶縁抵抗 RGF	寄生容量 Cp								
	0.1 nF	0.3 nF	1 nF	3 nF	10 nF	30 nF	100 nF	300 nF	1000 nF
1 kΩ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3 kΩ	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
10 kΩ	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99
30 kΩ	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.92	0.94	0.97	0.99
100 kΩ	0.75	0.75	0.75	0.75	0.77	0.83	0.92	0.97	0.99
300 kΩ	0.50	0.50	0.50	0.51	0.61	0.78	0.91	0.97	0.99
1 MΩ	0.23	0.23	0.24	0.31	0.53	0.75	0.91	0.97	0.99
3 MΩ	0.09	0.09	0.12	0.25	0.51	0.75	0.91	0.97	0.99
10 MΩ	0.03	0.04	0.09	0.23	0.50	0.74	0.91	0.97	0.99
30 MΩ	0.01	0.03	0.09	0.23	0.50	0.74	0.91	0.97	0.99
100 MΩ	0.01	0.03	0.09	0.23	0.48	0.74	0.91	0.97	0.99

図9Aは、絶縁抵抗 RGF と寄生容量 Cp の関係を示す表である。表の行は絶縁抵抗 RGF (1 kΩ から 100 MΩ) を、列は寄生容量 Cp (0.1 nF から 1000 nF) を示す。値は 0.01 から 1.00 の範囲で変動する。表には A、B、A2 のラベルが付いている。

[図9B]

図9B

Ep2値

絶縁抵抗 RGF	寄生容量 Cp								
	0.1 nF	0.3 nF	1 nF	3 nF	10 nF	30 nF	100 nF	300 nF	1000 nF
1 kΩ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3 kΩ	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
10 kΩ	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.99
30 kΩ	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.92	0.95	0.98
100 kΩ	0.75	0.75	0.75	0.75	0.76	0.78	0.86	0.94	0.98
300 kΩ	0.50	0.50	0.50	0.51	0.53	0.66	0.83	0.94	0.98
1 MΩ	0.23	0.23	0.24	0.26	0.33	0.61	0.83	0.94	0.98
3 MΩ	0.09	0.09	0.11	0.13	0.26	0.60	0.82	0.93	0.98
10 MΩ	0.03	0.04	0.05	0.07	0.24	0.59	0.82	0.93	0.98
30 MΩ	0.01	0.02	0.03	0.04	0.23	0.59	0.82	0.93	0.98
100 MΩ	0.01	0.01	0.02	0.03	0.23	0.59	0.82	0.93	0.98

図9Bは、絶縁抵抗 RGF と寄生容量 Cp の関係を示す表である。表の行は絶縁抵抗 RGF (1 kΩ から 100 MΩ) を、列は寄生容量 Cp (0.1 nF から 1000 nF) を示す。値は 0.01 から 1.00 の範囲で変動する。表には A、B、A2 のラベルが付いている。

[図10]

図10

Ep1-Ep2値

寄生容量 Cp

	0.1 nF	0.3 nF	1 nF	3 nF	10 nF	30 nF	100 nF	300 nF	1000 nF
絶縁抵抗 RGF									
1 kΩ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3 kΩ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 kΩ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
30 kΩ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01
100 kΩ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.06	0.03	0.01
300 kΩ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.12	0.08	0.03	0.01
1 MΩ	0.00	0.00	0.00	0.05	0.20	0.14	0.08	0.03	0.01
3 MΩ	0.00	0.00	0.01	0.12	0.24	0.15	0.08	0.03	0.01
10 MΩ	0.00	0.00	0.04	0.17	0.26	0.15	0.08	0.03	0.01
30 MΩ	0.00	0.01	0.06	0.19	0.27	0.16	0.08	0.03	0.01
100 MΩ	0.00	0.01	0.07	0.20	0.27	0.16	0.08	0.03	0.01

A

B

[図11]

図11

Jdg値

寄生容量 Cp

	0.1 nF	0.3 nF	1 nF	3 nF	10 nF	30 nF	100 nF	300 nF	1000 nF
絶縁抵抗 RGF									
1 kΩ	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3 kΩ	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10 kΩ	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30 kΩ	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100 kΩ	1	1	1	1	1	1	1	1	1
300 kΩ	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1 MΩ	1	1	1	1	0	0	1	1	1
3 MΩ	0	0	0	0	0	0	1	1	1
10 MΩ	0	0	0	0	0	0	1	1	1
30 MΩ	0	0	0	0	0	0	1	1	1
100 MΩ	0	0	0	0	0	0	1	1	1

N

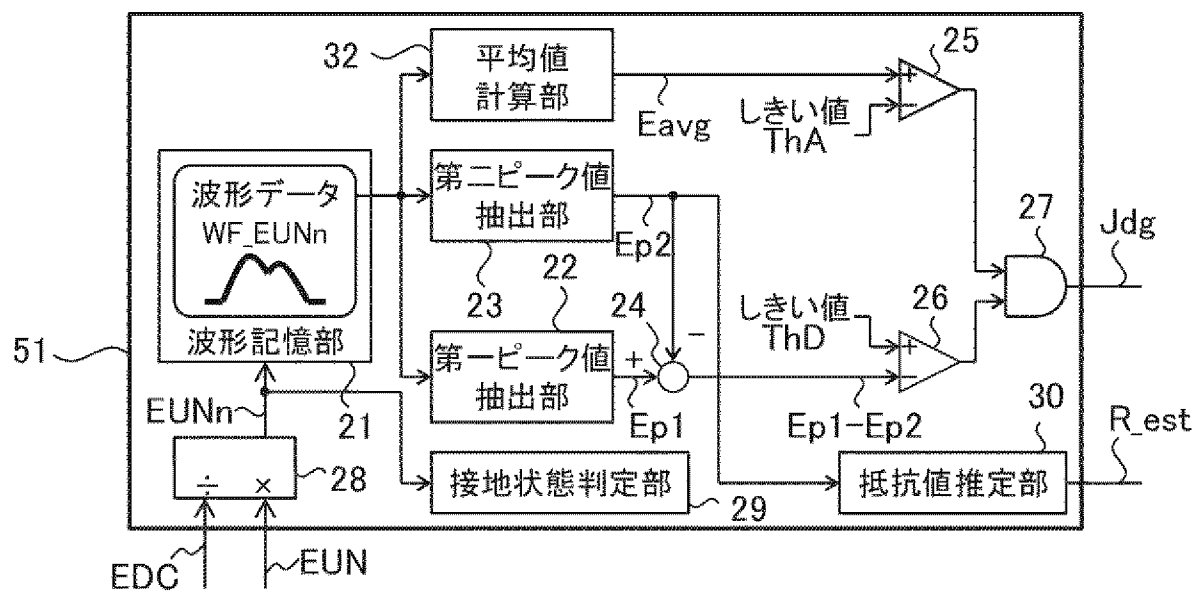
N2

Y2

Y

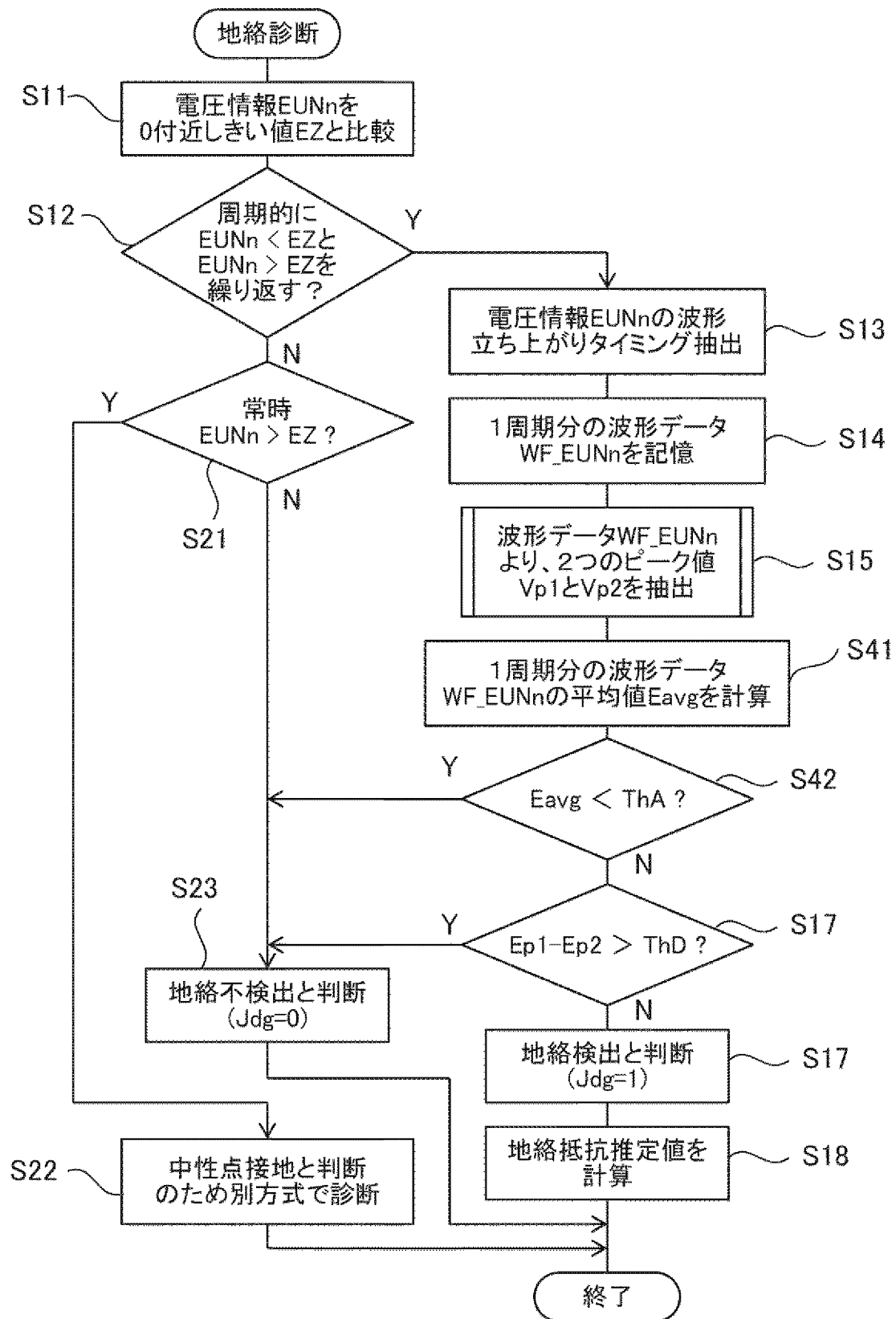
[図12]

図12



[図13]

図13



[図14]

図 14

Eavg値

寄生容量 Cp

	0.1 nF	0.3 nF	1 nF	3 nF	10 nF	30 nF	100 nF	300 nF	1000 nF
絶縁抵抗 RGF									
1 kΩ	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
3 kΩ	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
10 kΩ	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.47	0.47
30 kΩ	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44	0.44	0.46	0.47
100 kΩ	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.41	0.45	0.47
300 kΩ	0.24	0.24	0.24	0.24	0.26	0.32	0.40	0.45	0.47
1 MΩ	0.11	0.11	0.11	0.12	0.18	0.28	0.39	0.45	0.47
3 MΩ	0.04	0.04	0.05	0.07	0.15	0.27	0.39	0.44	0.47
10 MΩ	0.01	0.02	0.02	0.05	0.14	0.27	0.39	0.44	0.47
30 MΩ	0.01	0.01	0.02	0.05	0.13	0.27	0.39	0.44	0.47
100 MΩ	0.00	0.01	0.02	0.04	0.13	0.27	0.39	0.44	0.47

B

A2

A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/043977

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 7/48(2007.01)i; **G01R 31/50**(2020.01)i; **G01R 31/52**(2020.01)i; **G01R 31/56**(2020.01)i; **G01R 31/58**(2020.01)i
 FI: H02M7/48 M; G01R31/50; G01R31/52; G01R31/56; G01R31/58

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)

H02M7/42-7/98; G01R31/50; G01R31/52; G01R31/56; G01R31/58

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 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
A	JP 2013-247754 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD) 09 December 2013 (2013-12-09) entire text, all drawings	1-14
A	JP 2002-136148 A (SUMITOMO METAL IND LTD) 10 May 2002 (2002-05-10) entire text, all drawings	1-14
A	JP 2008-245465 A (HITACHI LTD) 09 October 2008 (2008-10-09) entire text, all drawings	1-14
A	JP 2001-218474 A (YASKAWA ELECTRIC CORP) 10 August 2001 (2001-08-10) entire text, all drawings	1-14
A	JP 2018-207566 A (FANUC LTD) 27 December 2018 (2018-12-27) entire text, all drawings	1-14

☐ 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

07 January 2022

Date of mailing of the international search report

25 January 2022

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/JP2021/043977

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
JP	2013-247754	A	09 December 2013	US	2013/0314013	A1
				entire text, all drawings		
JP	2002-136148	A	10 May 2002	(Family: none)		
JP	2008-245465	A	09 October 2008	KR	10-2008-0088358	A
				entire text, all drawings		
JP	2001-218474	A	10 August 2001	(Family: none)		
JP	2018-207566	A	27 December 2018	US	2018/0351494	A1
				entire text, all drawings		

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02M 7/48(2007.01)i; G01R 31/50(2020.01)i; G01R 31/52(2020.01)i; G01R 31/56(2020.01)i; G01R 31/58(2020.01)i FI: H02M7/48 M; G01R31/50; G01R31/52; G01R31/56; G01R31/58		
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）） H02M7/42-7/98; G01R31/50; G01R31/52; G01R31/56; G01R31/58 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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
A	JP 2013-247754 A（日立オートモティブシステムズ株式会社）09.12.2013（2013-12-09） 全文，全図	1-14
A	JP 2002-136148 A（住友金属工業株式会社）10.05.2002（2002-05-10） 全文，全図	1-14
A	JP 2008-245465 A（株式会社日立製作所）09.10.2008（2008-10-09） 全文，全図	1-14
A	JP 2001-218474 A（株式会社安川電機）10.08.2001（2001-08-10） 全文，全図	1-14
A	JP 2018-207566 A（ファナック株式会社）27.12.2018（2018-12-27） 全文，全図	1-14
☐ 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 07.01.2022		国際調査報告の発送日 25.01.2022
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） 土井 悠生 5G 1595 電話番号 03-3581-1101 内線 3526

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/JP2021/043977

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2013-247754	A	09.12.2013	US 2013/0314013 A1 全文, 全図	
JP	2002-136148	A	10.05.2002	(ファミリーなし)	
JP	2008-245465	A	09.10.2008	KR 10-2008-0088358 A 全文, 全図	
JP	2001-218474	A	10.08.2001	(ファミリーなし)	
JP	2018-207566	A	27.12.2018	US 2018/0351494 A1 全文, 全図	