

(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12月15日(15.12.2016)



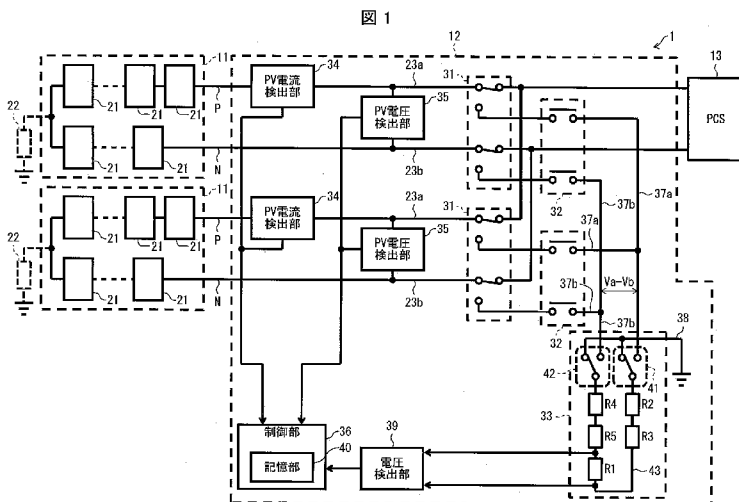
(10) 国際公開番号
WO 2016/199445 A1

- (51) 国際特許分類:
H02S 50/00 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/053183
- (22) 国際出願日: 2016年2月3日(03.02.2016)
- (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 2015-116961 2015年6月9日(09.06.2015) JP
- (71) 出願人: オムロン株式会社(OMRON CORPORATION) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 佐野 彰彦(SANO, Akihiko); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 森田 康介(MORITA, Kosuke); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 三角 修一(MISUMI, Shuichi); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 村上 尚(MURAKAMI, Takashi); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目北2番6号 大和南森町ビル4F Osaka (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, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (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).

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TESTING PHOTOVOLTAIC GENERATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 太陽光発電システムの検査方法および検査装置



- 34 PV current detection unit
- 35 PV voltage detection unit
- 36 Control unit
- 39 Voltage detection unit
- 40 Storage unit

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to make it possible to use a low cost switch. A ground fault detection device (12) is provided with: a PV current detection unit (34); a ground fault current detection circuit (33); power energizing path selector switches (31) for switching the connection of photovoltaic cell strings (11) to the PCS (13) side or to the ground fault current detection circuit (33); and a control unit (36) for, when the photovoltaic cell strings (11) are in a switchable state, switching the respective power energizing path selector switches (31) to the ground fault current detection circuit (33) side.

(57) 要約: 低コストのスイッチを使用できるようにする。地絡検出装置(12)は、PV電流検出部(34)、地絡電流検出回路(33)、太陽電池ストリング(11)の接続をPCS(13)側と地絡電流検出回路(33)とで切り替える電力通電路切替スイッチ(31)、および太陽電池ストリング(11)が切替可能状態である場合に、各電力通電路切替スイッチ(31)を地絡電流検出回路(33)側へ切り替えさせる制御部(36)を備え

WO 2016/199445 A1

る。

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：太陽光発電システムの検査方法および検査装置

技術分野

[0001] 本発明は、太陽光発電システムが備える複数の太陽電池ストリングを検査する太陽光発電システムの検査方法および検査装置に関する。

背景技術

[0002] 太陽光発電システムは、複数の太陽電池ストリングを備え、各太陽電池ストリングは、複数の太陽電池モジュールが直列接続されて構成されている。各太陽電池ストリングにて発電された直流の電力は、パワーコンディショナにて交流の電力に変換され、商用電力系統に供給される。

[0003] このような太陽光発電システムでは、安全かつ安定な電力供給を行うため、太陽電池ストリングの検査が行われる。例えば、特許文献1には、複数の太陽電池ストリングを備えた太陽光発電システムにおいて、太陽電池ストリングの地絡の有無を検査する地絡検出装置が記載されている。この地絡検出装置では、検査対象の太陽電池ストリングを太陽光発電システムから解列して、すなわち太陽電池ストリングとパワーコンディショナとの間に設けられたスイッチ部により太陽電池ストリングとパワーコンディショナとを電氣的に切り離れた状態にて、太陽電池ストリングの地絡の有無を検査するようになっている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国公開特許公報「特開2012-119382号公報（2012年6月21日公開）」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に記載されている地絡検出装置において、太陽電池ストリングが通常の発電状態であり、パワーコンディショナが動作している状態では、

太陽電池ストリングとパワーコンディショナとの間のスイッチ部に大電流が流れている。したがって、スイッチ部は、大電流に耐え得るスイッチにて構成する必要がある。

[0006] しかしながら、このような大電流遮断装置は高価であるため、太陽光発電システムのコストアップを招来するという問題点を有している。このような問題点は、地絡の検査装置に限らず、通常の発電状態の太陽電池ストリングをパワーコンディショナから切り離して検査するその他の検査装置においても、共通の問題点となっている。

[0007] したがって、本発明は、太陽電池ストリングをパワーコンディショナから切り離すスイッチとして低コストのスイッチを使用でき、低コストの構成とすることができる太陽光発電システムの検査方法および検査装置の提供を目的としている。

課題を解決するための手段

[0008] 上記の課題を解決するために、本発明の太陽光発電システムの検査装置は、電力変換装置に接続された複数の太陽電池ストリングを検査する太陽光発電システムの検査装置において、前記太陽電池ストリングの出力電圧を測定する電圧測定部と、前記太陽電池ストリングを検査する検査部と、前記太陽電池ストリングごとに設けられ、前記太陽電池ストリングの接続を前記電力変換装置側と前記検査部側との間で切り替える第1切替部と、前記太陽電池ストリングの前記出力電圧が、第1閾値以下という条件を少なくとも満たす場合に切替可能状態と判定する判定部と、前記太陽電池ストリングが前記切替可能状態である場合に、前記の各第1切替部が前記検査部側に切り替わるように制御する制御部とを備えていることを特徴としている。

発明の効果

[0009] 本発明の構成によれば、第1切替部には、耐電力の小さい小型かつ廉価のスイッチ（例えばリレー）を使用することができ、検査装置は小型かつ低コストの構成とすることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施の形態の検査装置を備えた太陽光発電システムの構成を示す回路図である。

[図2]図1に示した地絡検出装置の動作を示すフローチャートである。

[図3]一般的な太陽光発電システムの太陽電池ストリングにおける電圧および発電量の変化、並びに測定タイミングを示すグラフである。

[図4]図1に示した太陽光発電システムにおいて、極間電圧 $V_a - V_b$ を求める場合の状態を示す回路図である。

[図5]図1に示した太陽光発電システムにおいて、第1電圧を求める場合の状態を示す回路図である。

[図6]図1に示した太陽光発電システムにおいて、第2電圧を求める場合の状態を示す回路図である。

[図7]図1に示した太陽光発電システムにおいて、検査対象の太陽電池ストリングを切り替えた状態を示す回路図である。

発明を実施するための形態

[0011] (太陽光発電システムの構成)

本発明の実施の形態を図面に基づいて以下に説明する。図1は、本実施の形態の検査装置を備えた太陽光発電システムの構成を示す回路図である。

[0012] 図1に示すように、太陽光発電システム1は、複数の太陽電池ストリング11、地絡検出装置(検査装置)12、電力変換装置としてのパワーコンディショニングシステム(以下、PCSと称する)13を備えている。なお、図1は、太陽電池ストリング11が発電した電力をPCS13に供給している状態であって、地絡検出装置12が動作していない状態(電力出力状態)を示している。

[0013] (太陽電池ストリング11)

太陽電池ストリング11は、例えば10~20枚といった複数の太陽電池モジュール21が直列接続されて構成されている。各太陽電池モジュール21は、直列接続された複数の太陽電池セル(図示せず)を備え、パネル状に形成されている。なお、地絡抵抗22は、太陽電池ストリング11の通電路

と大地との間の抵抗である。各太陽電池ストリング11は、電力通電路23a, 23bによりPCS13と接続されている。電力通電路23a, 23bは、太陽電池ストリング11毎に設けられている。

[0014] (地絡検出装置12)

地絡検出装置12は、太陽電池ストリング11と接地点との間の絶縁抵抗値を求め、求めた絶縁抵抗値が基準抵抗値より小さい場合に、地絡が発生していると判定する。

[0015] このために、地絡検出装置12は、電力通電路切替スイッチ(第1切替部)31、PV切替スイッチ(第2切替部)32、地絡電流検出回路(検査部)33、PV電流検出部(電流測定部)34、PV電圧検出部(電圧測定部)35、制御部(判定部)36、検査第1および第2通電路(通電路)37a, 37b、接地通電路38並びに電圧検出部39を備えている。

[0016] 電力通電路切替スイッチ31は、各太陽電池ストリング11に対応した電力通電路23a, 23bに設けられ、太陽電池ストリング11の接続をPCS13側と地絡電流検出回路33側との間で切り替える。具体的には、太陽電池ストリング11からの電力出力線路である電力通電路23a, 23bの接続をPCS13側と検査第1および第2通電路37a, 37b側との間で切り替える。

[0017] 検査第1および第2通電路37a, 37bは、各太陽電池ストリング11に対応して設けられ、電力通電路切替スイッチ31と地絡電流検出回路33とを接続している。

[0018] PV切替スイッチ32は、各太陽電池ストリング11に対応した検査第1および第2通電路37a, 37bに設けられ、検査第1および第2通電路37a, 37bを開閉する。

[0019] 地絡電流検出回路33は、太陽電池ストリング11に地絡が発生した場合に生じる地絡電流を検出する。このために、地絡電流検出回路33は、検査第1切替スイッチ41、検査第2切替スイッチ42、検査第3通電路43、検査抵抗R1および保護抵抗である分圧抵抗R2~R5を備えている。

- [0020] 検査第1切替スイッチ41は、検査第3通電路43の一端部に接続され、検査第3通電路43の一端部の接続を、検査第1切替スイッチ41に接続されている検査第1通電路37aと接地されている接地通電路38との間で切り替える。検査第2切替スイッチ42は、検査第3通電路43の他端部に接続され、検査第3通電路43の他端部の接続を、検査第1切替スイッチ41に接続されている検査第2通電路37bと接地されている接地通電路38との間で切り替える。
- [0021] 検査第3通電路43には、検出抵抗R1および分圧抵抗R2～R5が直列に設けられている。分圧抵抗R2～R3は、検出抵抗R1と検査第1切替スイッチ41との間に設けられ、分圧抵抗R4～R5は、検出抵抗R1と検査第2切替スイッチ42との間に設けられている。検出抵抗R1の両端の電圧は電圧検出部39を介して制御部36へ入力される。なお、図1の例において、分圧抵抗の数量は、4個としているが、2個でもよい。ただし、分圧抵抗を多数個使用することにより、ショート故障による事故リスクを低減することができる。
- [0022] 分圧抵抗R2～R5は、検出抵抗R1の両端に生じる第1および第2電圧V1、V2を低下させて、制御部36へ入力される電圧を小さくしている。これにより、制御部36をマイクロコンピュータにて構成することを可能とし、地絡検出装置12を小型化できるようにしている。また、分圧抵抗R2～R5は、極間電圧V_a - V_bを求める場合の回路、第1電圧V1を求める場合の回路、および第2電圧V2を求める場合の回路のいずれにも存在している。
- [0023] 各PV電流検出部34は、各太陽電池ストリング11に対応した例えば電力通電路23aに設けられ、電力通電路23aを流れる電流量、すなわち太陽電池ストリング11からPCS13へ流れる電流量を検出し、検出結果を制御部36へ出力する。
- [0024] PV電圧検出部35は、太陽電池ストリング11の極間電圧V_a - V_b（PN端子間の電圧）を検出し、検出結果を制御部36へ出力する。

- [0025] 電圧検出部 39 は、地絡電流検出回路 33 における検出抵抗 R1 の両端の電圧を検出し、検出結果を制御部 36 へ出力する。
- [0026] 制御部 36 は、P V 電流検出部 34 にて検出される太陽電池ストリング 11 の発電電流、および P V 電圧検出部 35 にて検出される太陽電池ストリング 11 の発電電圧（極間電圧 $V_a - V_b$ ）を監視し、太陽電池ストリング 11 が切替可能状態かどうかを判定する。また、制御部 36 は、電力通電路切替スイッチ 31、P V 切替スイッチ 32、検査第 1 切替スイッチ 41 および検査第 2 切替スイッチ 42 の切り替え動作を制御し、太陽電池ストリング 11 に地絡が発生した場合の地絡抵抗および地絡位置を求める。
- [0027] 制御部 36 は、太陽電池ストリング 11 についての地絡の有無の検出結果、および地絡を生じている場合の地絡位置の等の各種情報を記憶する記憶部 40 を備えている。
- [0028] なお本発明においては検査部の例として地絡検出装置を挙げているが、地絡以外の太陽電池の故障検出装置であっても問題ない。地絡以外の故障の例としては電路の断線がある。
- [0029] （地絡検出装置の動作の概要）
上記の構成において、地絡検出装置 12 の動作について以下に説明する。
図 2 は、地絡検出装置 12 の動作を示すフローチャートである。図 3 は、地絡検出装置 12 により太陽光発電システム 1 の検査が行われた日の太陽電池ストリング 11 における開放電圧および発電量の変化を示すグラフである。
- [0030] 地絡検出装置 12 は、太陽電池ストリング 11 が切替可能状態であるときに、太陽電池ストリング 11 の地絡の有無を検査する。切替可能状態は、具体的には、図 3 に示すように、太陽電池ストリング 11 の発電量（出力電流）が十分に小さい状態（例えば、太陽電池ストリング 11 の出力電流が、P C S 13 の待機電流と同程度の状態、もしくは P C S 13 の待機電流よりも小さい状態）である（P 部）。あるいは、太陽電池ストリング 11 の出力電圧（開放電圧）が降下途中の状態である一方、発電量（出力電流）が十分に小さい状態（例えば、太陽電池ストリング 11 の出力電流が、P C S 13 の

待機電流と同程度の状態、もしくはPCS13の待機電流よりも小さい状態)である(Q部)。P部は早朝に生じ、Q部は夕方に生じる。範囲Aは、PCS13の運転時間を示している。

[0031] また、切替可能状態には、太陽電池ストリング11の出力電圧(開放電圧)がゼロよりも大きいという条件を加えてもよい。こうすることにより、太陽電池ストリング11の発電電流を用いた検査を行うことが可能となる。

[0032] したがって、上記の切替可能状態は、太陽電池ストリング11の出力電圧が、第1閾値以下(例えば、太陽電池ストリング11の通常の発電状態における規定の出力電圧の上限値以下)という条件を少なくとも満たしている。上記の切替可能状態は、さらに太陽電池ストリング11の出力電圧がゼロよりも大きいという条件を含んでいてもよい。第1閾値は、例えばPCS13の運転時間における太陽電池ストリング11の出力電圧の平均値の1/2としてもよい。また、上記の切替可能状態は、例えば、太陽電池ストリング11の出力電圧の値が、ゼロよりも大きく、PCS13の運転時間における出力電圧の平均値よりも小さい値に設定された閾値以下の状態としてもよい。

[0033] また、上記の切替可能状態は、何らかの故障により太陽電池ストリングの出力電流が異常に増加している状態を切替可能状態から排除でき、検太陽電池ストリング11の出力電流が、太陽電池ストリング11が正常状態であることを示す第2閾値以下という条件を含んでいてもよい。また、上記の切替可能状態は、太陽電池ストリング11の出力電流の値がPCS13の運転時間における出力電流の平均値よりも小さい値に設定された閾値以下であるという条件を満たしていてもよい。第2閾値は、例えばPCS13の運転時間における太陽電池ストリング11の出力電流の平均値の1/2としてもよい。

[0034] 図1に示すように、太陽光発電システム1の通常の動作状態では、各太陽電池ストリング11に対応する電力通電路切替スイッチ31はPCS13側へ切り替えられ、PV切替スイッチ32はオフとなっている(S11)。

[0035] 地絡検出装置12の制御部36は、PV電流検出部34およびPV電圧検

出部 35 による検出結果に基づいて、太陽電池ストリング 11 の出力電圧および出力電流を監視することにより (S 12)、太陽電池ストリング 11 が切替可能状態かどうかを判定する (S 13)。

[0036] S 13 での判定の結果、太陽電池ストリング 11 が切替可能状態であれば、制御部 36 は、図 4 に示すように、全ての電力通電路切替スイッチ 31 を PCS 13 側から地絡電流検出回路 33 側へ切り替える (S 14)。これにより、全ての太陽電池ストリング 11 は、電力通電路切替スイッチ 31 の切り替え動作により、PCS 13 との接続を遮断される。

[0037] 制御部 36 は、電力通電路切替スイッチ 31 に対するこの制御を、例えば少なくとも一つの太陽電池ストリング 11 が切替可能状態である場合に行う。すなわち、各太陽電池ストリング 11 については、太陽電池モジュールの配置角度の微妙な違いや配置位置等により切替可能状態への立ち上がりに若干の時間差を生じることがある。なお、太陽電池ストリング 11 の出力電流は、出力電圧よりも遅れて立ち上がる。

[0038] 次に、制御部 36 は、検査対象の太陽電池ストリング 11 に対応する PV 切替スイッチ 32 をオンにする (S 15、図 4 参照)。これにより、オンにされた PV 切替スイッチ 32 に対応する太陽電池ストリング 11 は、検査第 1 および第 2 通電路 37 a, 37 b を介して地絡電流検出回路 33 と接続され、地絡の有無が検査される。

[0039] なお、太陽電池ストリング 11 が地絡電流検出回路 33 に接続された状態では、太陽電池ストリング 11 の出力電流が地絡電流検出回路 33 によって制限されるので、PV 切替スイッチ 32 のオンオフ動作は容易に行うことができる。

[0040] なお、S 15 において検査対象となる太陽電池ストリング 11 は、所定の順序にて選択されたいずれか一つの太陽電池ストリング 11 である。上記所定の順序は、例えば切替可能状態となった太陽電池ストリング 11 の順序であってもよい。

[0041] 次に、検査対象の太陽電池ストリング 11 に対して地絡発生の有無を検査

し、地絡が発生している場合にはさらに地絡位置を検出する(S 1 6)。

[0042] なお、制御部3 6は、太陽電池ストリング1 1の出力電圧がゼロよりも大きいという条件を満たす場合に検査可能状態と判定し、検査対象の太陽電池ストリング1 1に対応するP V切替スイッチ3 2をオンにし、地絡電流検出回路3 3が検査対象の太陽電池ストリング1 1について地絡の有無を検査するようにしてもよい。

[0043] S 1 6での検査の結果、検査対象の太陽電池ストリング1 1に地絡が発生していれば(S 1 7)、制御部3 6は太陽光発電システム1の管理装置(図示せず)に対して、検査対象の太陽電池ストリング1 1について地絡が発生していること、および地絡の位置を報知する(S 1 8)。これら、地絡発生の有無および地絡位置等の情報は記憶部4 0にて記憶される。

[0044] また、制御部3 6は、検査対象の太陽電池ストリング1 1に対応するP V切替スイッチ3 2をオフにし(S 1 9)、S 2 1の動作に進む。

[0045] 次に、制御部3 6は、全ての太陽電池ストリング1 1についての検査が完了しているかどうかを判定し(S 2 1)、検査が完了していればS 2 2の動作を行う。一方、検査が完了していなければ、S 1 5に戻り、S 1 5以降の動作を繰り返す。すなわち、制御部3 6は、図7に示すように、次の検査対象の太陽電池ストリング1 1に対応するP V切替スイッチ3 2をオンにする。以下、同様にして、太陽電池ストリング1 1の地絡の有無を検査する。

[0046] その後、制御部3 6は、S 2 1において全ての太陽電池ストリング1 1についての検査が完了しているかどうかを確認すると、検査対象の全ての太陽電池ストリング1 1に対応する電力通電路切替スイッチ3 1をP C S 1 3側へ切り替えて(S 2 2)、処理を終了する。これにより、地絡検査済の全ての太陽電池ストリング1 1がP C S 1 3と接続される。

[0047] なお、電力通電路切替スイッチ3 1を地絡電流検出回路3 3側からP C S 1 3側へ切り替える場合には、地絡電流検出回路3 3により電流を制限しているため、アークが発生せず、この切り替え動作を容易に行うことができる。

[0048] また、上記の動作では、検査の結果（地絡の有無）に関わらず、地絡検査済の太陽電池ストリング11をPCS13と接続し（S21）、地絡検査済の太陽電池ストリング11からPCS13へ電力を供給できるようにしている。これにより、検査済の太陽電池ストリング11に多少の故障（修理は必要であるが緊急性のない故障）があったとしても、その太陽電池ストリング11の発電機能を有効に利用することができる。しかしながら、上記の動作に代えて、地絡検査の結果、異常無し（地絡無し）であった太陽電池ストリング11のみをPCS13に接続するようにしてもよい。

[0049] （地絡抵抗の計測動作）

図4は、図1に示した太陽光発電システム1において、極間電圧 $V_a - V_b$ を求める場合の状態を示す回路図である。図5は、図1に示した太陽光発電システム1において、第1電圧 V_1 を求める場合の状態を示す回路図である。図6は、図1に示した太陽光発電システム1において、第2電圧 V_2 を求める場合の状態を示す回路図である。

[0050] 制御部36は、極間電圧 $V_a - V_b$ を求める場合、図4に示すように、検査第1切替スイッチ41を検査第3通電路43の一端部が検査第1通電路37aと接続され、検査第2切替スイッチ42を検査第3通電路43の他端部が検査第2通電路37bと接続されるように切り替える。

[0051] この状態では、太陽電池ストリング11の正負の両極が検出抵抗 R_1 および分圧抵抗 $R_2 \sim R_5$ を介して接続される。これにより、検出抵抗 R_1 の両端には、太陽電池ストリング11の正負間の電圧を検出抵抗 R_1 および分圧抵抗 $R_2 \sim R_5$ により分圧した場合の検出抵抗 R_1 の抵抗値に応じた電圧が生じる。この電圧は、電圧検出部39を介して制御部36に取り込まれ、制御部36は極間電圧 $V_a - V_b$ を求める。

[0052] 次に、第1電圧 V_1 を求める場合、制御部36は、図5に示すように、検査第1切替スイッチ41を検査第3通電路43の一端部が検査第1通電路37aと接続されるように切り替え、検査第2切替スイッチ42を検査第3通電路43の他端部が接地通電路38と接続されるように切り替える。

[0053] この状態では、太陽電池ストリング11の正極（P端子）が検出抵抗R1および分圧抵抗R2～R5を介して接地される。これにより、検出抵抗R1の両端には、太陽電池ストリング11の正極と接地電位との間の電圧を検出抵抗R1および分圧抵抗R2～R5により分圧した場合の検出抵抗R1の抵抗値に応じた第1電圧V1が生じる。この第1電圧V1は、電圧検出部39を介して制御部36に取り込まれ、制御部36は第1電圧V1を求める。

[0054] 次に、第2電圧V2を求める場合、制御部36は、図6に示すように、検査第1切替スイッチ41を検査第3通電路43の一端部が接地通電路38と接続されるように切り替え、検査第2切替スイッチ42を検査第3通電路43の他端部が検査第2通電路37bと接続されるように切り替える。

[0055] この状態では、太陽電池ストリング11の負極（N端子）が検出抵抗R1および分圧抵抗R2～R5を介して接地される。これにより、検出抵抗R1の両端には、太陽電池ストリング11の負極と接地電位との間の電圧を検出抵抗R1および分圧抵抗R2～R5により分圧した場合の検出抵抗R1の抵抗値に応じた第2電圧V2が生じる。この第2電圧V2は、電圧検出部39を介して制御部36に取り込まれ、制御部36は第2電圧V2を求める。なお、極間電圧V_a - V_b、第1電圧V1および第2電圧V2を求める順序は順不動である。

[0056] 次に、制御部36は、求めた極間電圧V_a - V_b、第1および第2電圧V1、V2、並びに検査第3通電路43の合計抵抗値R_{sum} (= R1 + R2 + R3 + R4 + R5) から、下式により、

$$R_{leak} = R_{sum} \times |V_a - V_b| \div |V_1 - V_2| - R_{sum} \quad \dots\dots (1)$$

抵抗値R_{leak}を求める。

[0057] 制御部36は、抵抗値R_{leak}（絶縁抵抗）を基準抵抗値（閾値）と比較し、抵抗値R_{leak}が基準抵抗値よりも小さい場合に、地絡が発生していると判定する。

[0058] （地絡位置の検出動作）

制御部 36 は、第 1 および第 2 電圧 V_1 、 V_2 の絶対値の比から、地絡の発生位置（地絡位置）を求める。一例として、太陽電池ストリング 11 は 5 個の太陽電池モジュール 21 を直列接続したものであり、地絡は、太陽電池ストリング 11 の P 端子側から見て、3 個目の太陽電池モジュール 21 と 4 個目の太陽電池モジュール 21 との間において発生しているものとする。なお、符号 22 は、地絡位置の地絡抵抗を示す。この場合、第 1 電圧 V_1 の絶対値と第 2 電圧 V_2 の絶対値との比は、

$$|V_1| : |V_2| = 3 : 2$$

となり、この比から地絡位置を求めることができる。

[0059] （地絡検出装置 12 の利点）

上記のように、地絡検出装置 12 は、太陽電池ストリング 11 が切替可能状態である場合に、全ての電力通電路切替スイッチ 31 を例えば一斉に PCS 13 側から地絡電流検出回路 33 側へ切り替え、その後、各太陽電池ストリング 11 について順次地絡の発生の有無を検査するようにしている。そして、切替可能状態は、太陽電池ストリング 11 の出力電圧が、第 1 閾値以下（例えば、太陽電池ストリング 11 の通常の発電状態における規定の出力電圧の上限値以下）という条件を少なくとも満たしている。あるいは、太陽電池ストリング 11 の出力電圧の値が、ゼロよりも大きく、PCS 13 の運転時間における出力電圧の平均値よりも小さい値に設定された第 1 閾値以下であるという条件を満たしている。さらに、切替可能状態は、太陽電池ストリング 11 の出力電流が、太陽電池ストリングが正常状態であることを示す第 2 閾値以下という条件を満たしている。あるいは、太陽電池ストリング 11 の出力電流の値が PCS 13 の運転時間における出力電流の平均値よりも小さい値に設定された第 2 閾値以下であるという条件を満たしている。

[0060] したがって、地絡検出装置 12 の電力通電路切替スイッチ 31 には、耐電力の小さい小型かつ廉価のリレーを使用することができ、地絡検出装置 12 は、小型かつ低コストの構成とすることができる。

[0061] また、地絡電流検出回路 33 が複数の太陽電池ストリング 11 を順次検査

する場合において、全ての太陽電池ストリング11の検査の完了までに長時間を要し、日照量が増加して、太陽電池ストリング11の出力電圧および出力電流が切替可能状態を超えて上昇することが考えられる。しかしながら、このような状態になったとしても、電力通電路切替スイッチ31は、既にPCS13側から地絡電流検出回路33側へ切り替え済みであるから、このような太陽電池ストリング11の変化に影響されることなく、容易に検査を行うことができる。

[0062] 本実施の形態では、太陽電池ストリング11の出力電圧が、第1閾値以下という条件を少なくとも満たす場合に切替可能状態と判定している。また、太陽電池ストリング11の出力電流が、第2閾値以下という条件を満たす場合に切替可能状態と判定している。また、太陽電池ストリング11の出力電圧がゼロよりも大きいという条件を満たす場合に検査可能状態と判定している。検査可能状態をこのように設定することにより、何らかの故障により太陽電池ストリング11の出力電流が異常に増加している状態を検査可能状態から排除でき、地絡検出装置12の安全性を高めることができる。

[0063] (検査装置のその他の構成例)

なお、上記の実施の形態において、太陽光発電システム1は、検査装置の一例として、地絡検出装置12を備えた構成としている。しかしながら、検査装置は、太陽電池ストリング11の地絡を検出するものに限定されることなく、従来周知の構成により太陽電池ストリング11の断線を検出するものであってもよい。すなわち、太陽光発電システム1が備える検査装置は、太陽電池ストリング11の地絡検査装置や断線検査装置など、切替可能状態において、太陽電池ストリング11をPCS13と切り離して検査する検査装置であればよい。

[0064] また、本実施の形態では各太陽電池ストリング11の出力電圧が等しい場合を例として挙げたが、例えば太陽電池ストリング11ごとに昇圧器が設けられたいわゆるマルチストリングPCSの場合であってもよい。この場合太陽電池ストリング11ごとに出力電圧が異なるため、早朝に最も早く電圧が

上昇する太陽電池ストリング11を過去の測定履歴から抽出して基準ストリングとして選定し、その基準ストリングに基づいて各太陽電池ストリング11の切り替えタイミングを判断してよい。

[0065] また、地絡検出装置12は、上記の実施の形態に示した、地絡電流検出回路33を備えた構成に限定されることなく、従来周知の構成により地絡を検出するものであってもよい。

[0066] また、地絡検出装置12は、切替可能状態を検出するための補助的手段として、太陽電池ストリング11の日照量を測定する日照計、早朝および夕方を検出する時計などを備えていてもよい。

[0067] (まとめ)

本発明の太陽光発電システムの検査装置は、電力変換装置に接続された複数の太陽電池ストリングを検査する太陽光発電システムの検査装置において、前記太陽電池ストリングの出力電圧を測定する電圧測定部と、前記太陽電池ストリングを検査する検査部と、前記太陽電池ストリングごとに設けられ、前記太陽電池ストリングの接続を前記電力変換装置側と前記検査部側との間で切り替える第1切替部と、前記太陽電池ストリングの前記出力電圧が、第1閾値以下という条件を少なくとも満たす場合に切替可能状態と判定する判定部と、前記太陽電池ストリングが前記切替可能状態である場合に、前記の各第1切替部が前記検査部側に切り替わるように制御する制御部とを備えている構成である。

[0068] 上記の構成によれば、電圧測定部は、太陽電池ストリングの出力電圧を測定し、判定部は、太陽電池ストリングの出力電圧が、第1閾値以下という条件を少なくとも満たす場合（例えば早朝あるいは夕方の場合）に切替可能状態と判定する。制御部は、太陽電池ストリングが切替可能状態である場合に、各第1切替部が検査部側に切り替わるように制御する。これにより、検査部は、各太陽電池ストリングを検査することができる。

[0069] 上記のように、太陽電池ストリングごとに設けられた各第1切替部は、太陽電池ストリングが切替可能状態である場合に、例えば一斉に、各太陽電池

ストリングを電力変換装置側から検査部側へ切り替える。したがって、第1切替部には、耐電力の小さい小型かつ廉価のスイッチ（例えばリレー）を使用することができ、検査装置は小型かつ低コストの構成とすることができる。

[0070] また、検査部が切替可能状態である例えば早朝に複数の太陽電池ストリングを順次検査する場合には、全ての太陽電池ストリングの検査の完了までに長時間を要すると、日照量が増加して、太陽電池ストリングの出力電圧および出力電流が上昇することが考えられる。この場合には、電力変換装置の動作により、電力変換装置とつながっている太陽電池ストリングから電力変換装置へ電流が流れ、第1切替部が小型のスイッチである場合、第1切替部により太陽電池ストリングを電力変換装置側から検査部側へ切り替えることが困難になる。

[0071] しかしながら、本発明の構成によれば、日照量が増加して、太陽電池ストリングの出力電圧および出力電流が上昇する状態になったとしても、各第1切替部は、既に各太陽電池ストリングを電力変換装置側から検査部側へ切り替え済である。したがって、上記のような太陽電池ストリングの変化に影響されることなく、容易に検査を行うことができる。すなわち、太陽電池ストリングの出力電流は、検査部にて微小な電流に制御され、太陽電池ストリングの変化に影響されることなく、容易に検査を実施できる。

[0072] 上記の太陽光発電システムの検査装置において、前記判定部は、さらに前記太陽電池ストリングの前記出力電圧がゼロよりも大きいという条件を満たす場合に検査可能状態であると判定する構成としてもよい。

[0073] 上記の構成によれば、太陽電池ストリングの発電状態にて、あるいは略発電状態にて、太陽電池ストリングが電力変換装置側から前記検査部側へと切り替えられ、検査部により太陽電池ストリングの検査を行うことが可能となる。

[0074] 検査装置では、第1切替部による太陽電池ストリングの接続の電力変換装置側から検査部側への切り替え動作（切替可能状態）は、所定範囲の電圧の

上限電圧に基づいて制限され、検査部による検査の実施（検査可能状態）は、前記所定範囲の電圧の下限電圧に基づいて制限される。

[0075] 上記の太陽光発電システムの検査装置は、前記太陽電池ストリングの出力電流を測定する電流測定部をさらに備え、前記判定部は、さらに、前記太陽電池ストリングの前記出力電流が、第2閾値以下という条件を満たす場合に前記切替可能状態と判定する構成としてもよい。

[0076] 上記の構成によれば、判定部は、さらに、太陽電池ストリングの出力電流が第2閾値以下（例えば、太陽電池ストリングが正常状態であることを示す出力電流の上限値以下）である場合に切替可能状態と判定する。

[0077] 正常状態であれば、PVパネルの特性通り、低電圧・低電流の状態であるが、異常状態（例えばストリング短絡）があると電圧は低くとも、大きな電流が流れることがある。上記構成により、何らかの故障により太陽電池ストリングの出力電流が異常に増加している状態を切替可能状態から排除でき、検出装置の安全性を高めることができる。

[0078] 上記の太陽光発電システムの検査装置において、前記検査部は、前記の各太陽電池ストリングについての検査を順次行い、前記制御部は、前記検査部による検査済の太陽電池ストリングが前記電力変換装置に接続されるように、前記第1切替部を制御する構成としてもよい。

[0079] 上記の構成によれば、検査済の太陽電池ストリングは電力変換装置に接続されるので、検査済の太陽電池ストリングに多少の故障（修理は必要であるが緊急性のない故障）があったとしても、その太陽電池ストリングの発電機能を有効に利用することができる。

[0080] 上記の太陽光発電システムの検査装置は、前記の各第1切替部と前記検査部との間の各通電路を開閉する第2切替部をさらに備え、前記制御部は、検査される前記太陽電池ストリングが順次前記検査部と接続される一方、検査が終了した前記太陽電池ストリングが前記検査部から切り離されるように、前記第2切替部を制御する構成としてもよい。

[0081] 上記の構成によれば、検査される太陽電池ストリングが順次検査部と接続

される一方、検査が終了した太陽電池ストリングが検査部から切り離される。したがって、検査部による各太陽電池ストリングについての検査を順次適切に行うことができる。

[0082] 本発明の太陽光発電システムの検査方法は、電力変換装置に接続された複数の太陽電池ストリングを検査する太陽光発電システムの検査方法において、前記太陽電池ストリングを検査する検査工程と、前記太陽電池ストリングの前記出力電圧が、第1閾値以下という条件を少なくとも満たす場合に切替可能状態と判定する判定工程と、前記判定工程にて、前記切替可能状態であると判定した場合に、前記の各太陽電池ストリングの接続を前記電力変換装置側から前記検査部側へと切り替える切替工程とを備えている構成である。

[0083] 上記の構成によれば、上記の太陽光発電システムの検査装置と同様の作用効果を奏する。

[0084] 本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

産業上の利用可能性

[0085] 本発明は、太陽光発電システムが備える複数の太陽電池ストリングの地絡や断線等を検査する装置に利用することができる。

符号の説明

- [0086]
- 1 太陽光発電システム
 - 1 1 太陽電池ストリング
 - 1 2 地絡検出装置（検査装置）
 - 1 3 パワーコンディショニングシステム（電力変換装置）
 - 2 1 太陽電池モジュール
 - 2 2 地絡抵抗
 - 2 3 a, 2 3 b 電力通電路
 - 3 1 電力通電路切替スイッチ（第1切替部）

- 3 2 P V切替スイッチ（第2切替部）
- 3 3 地絡電流検出回路（検査部）
- 3 4 P V電流検出部（電流測定部）
- 3 5 P V電圧検出部（電圧測定部）
- 3 6 制御部（判定部）
- 3 7 a, 3 7 b 検査第1および第2通電路（通電路）

請求の範囲

- [請求項1] 電力変換装置に接続された複数の太陽電池ストリングを検査する太陽光発電システムの検査装置において、
- 前記太陽電池ストリングの出力電圧を測定する電圧測定部と、
 - 前記太陽電池ストリングを検査する検査部と、
 - 前記太陽電池ストリングごとに設けられ、前記太陽電池ストリングの接続を前記電力変換装置側と前記検査部側との間で切り替える第1切替部と、
 - 前記太陽電池ストリングの前記出力電圧が、第1閾値以下という条件を少なくとも満たす場合に切替可能状態と判定する判定部と、
 - 前記太陽電池ストリングが前記切替可能状態である場合に、前記の各第1切替部が前記検査部側に切り替わるように制御する制御部とを備えていることを特徴とする太陽光発電システムの検査装置。
- [請求項2] 前記判定部は、さらに前記太陽電池ストリングの前記出力電圧がゼロよりも大きいという条件を満たす場合に検査可能状態であると判定することを特徴とする請求項1に記載の太陽光発電システムの検査装置。
- [請求項3] 前記太陽電池ストリングの出力電流を測定する電流測定部をさらに備え、
- 前記判定部は、さらに、前記太陽電池ストリングの前記出力電流が、第2閾値以下という条件を満たす場合に前記切替可能状態と判定することを特徴とする請求項1または2に記載の太陽光発電システムの検査装置。
- [請求項4] 前記検査部は、前記の各太陽電池ストリングについての検査を順次行い、
- 前記制御部は、前記検査部による検査済の太陽電池ストリングが前記電力変換装置に接続されるように、前記第1切替部を制御することを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の太陽光発電シス

テムの検査装置。

[請求項5] 前記の各第1切替部と前記検査部との間の各通電路を開閉する第2切替部をさらに備え、

前記制御部は、検査される前記太陽電池ストリングが順次前記検査部と接続される一方、検査が終了した前記太陽電池ストリングが前記検査部から切り離されるように、前記第2切替部を制御することを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の太陽光発電システムの検査装置。

[請求項6] 電力変換装置に接続された複数の太陽電池ストリングを検査する太陽光発電システムの検査方法において、

前記太陽電池ストリングを検査する検査工程と、

前記太陽電池ストリングの前記出力電圧が、第1閾値以下という条件を少なくとも満たす場合に切替可能状態と判定する判定工程と、

前記判定工程にて、前記切替可能状態であると判定した場合に、前記の各太陽電池ストリングの接続を前記電力変換装置側から前記検査部側へと切り替える切替工程とを備えていることを特徴とする太陽光発電システムの検査方法。

図1

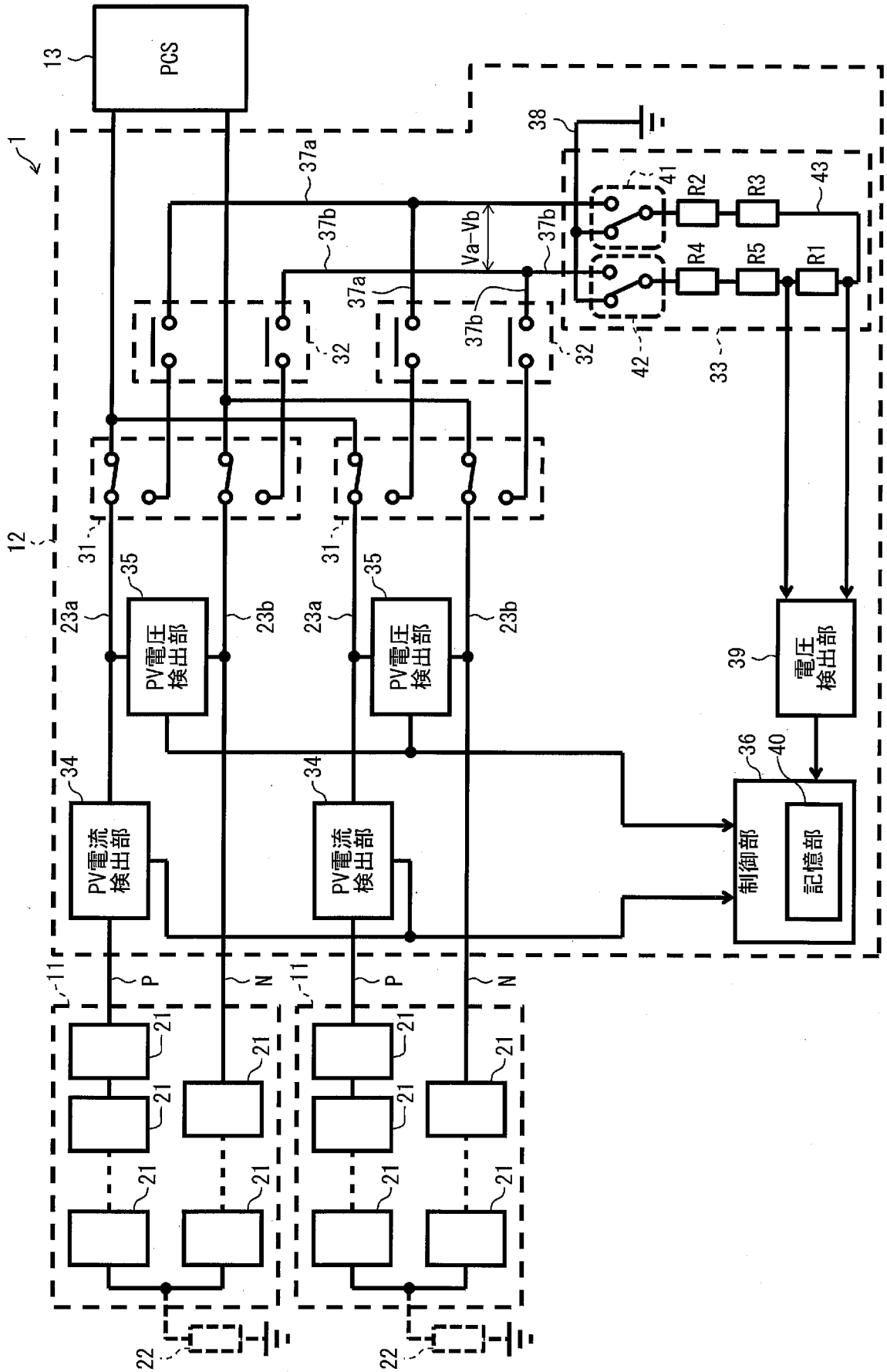
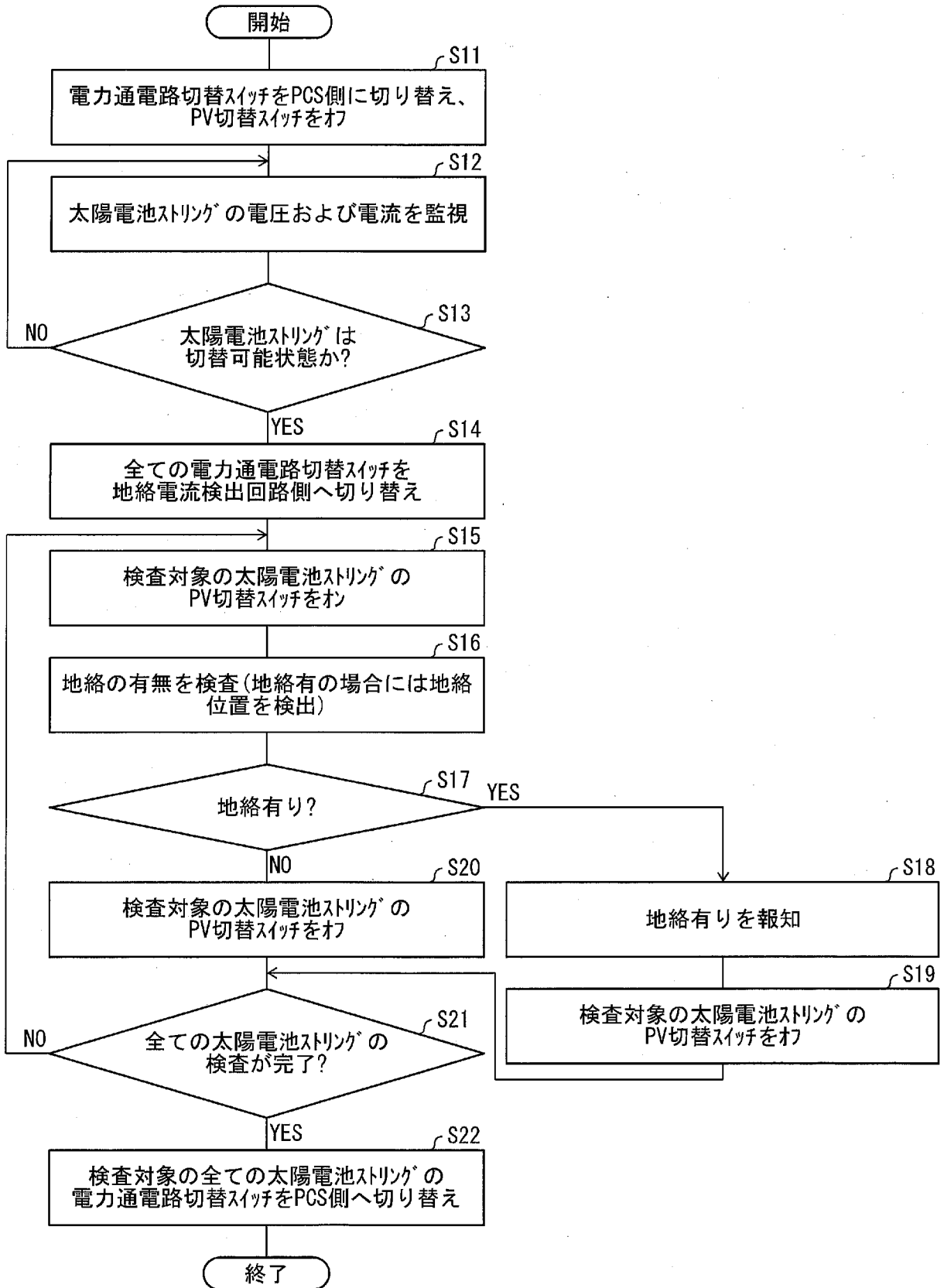


図 1

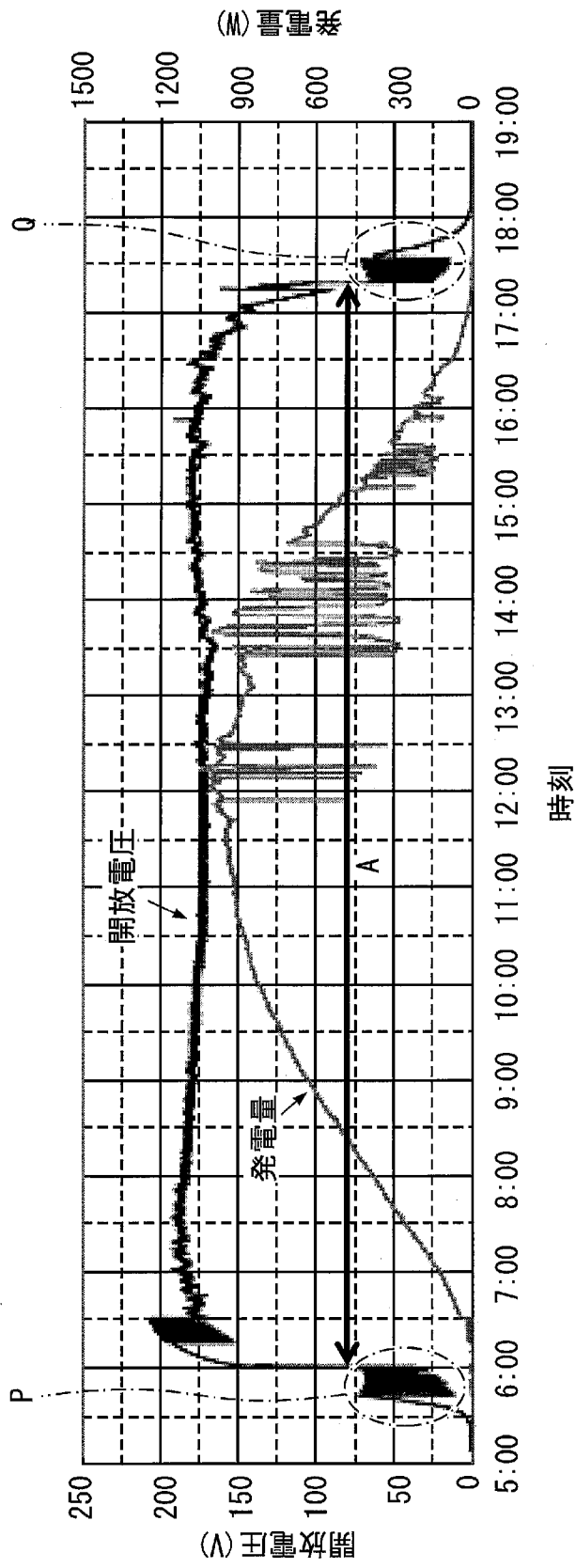
[図2]

図 2



[図3]

図 3



[図4]

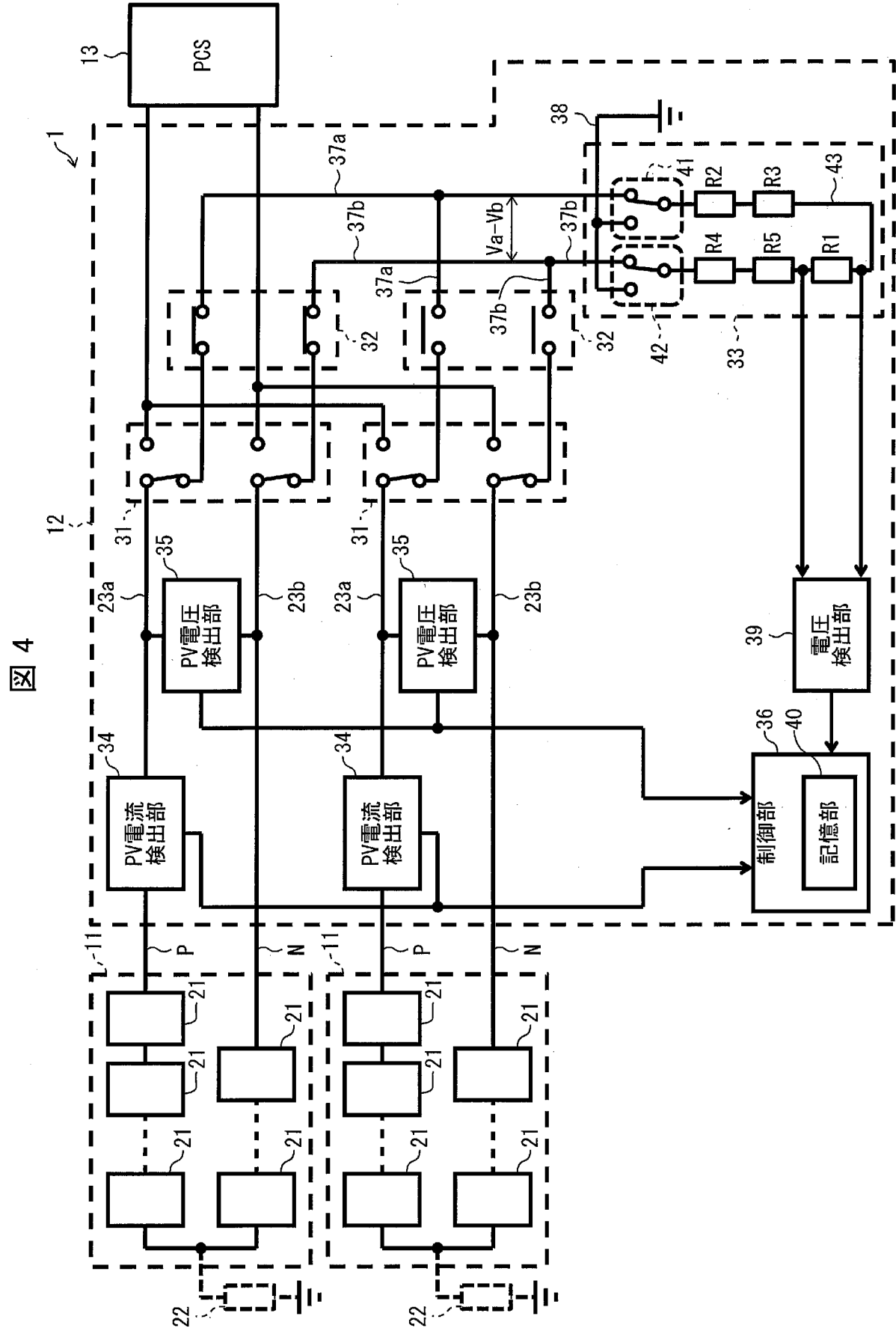


図 4

[図5]

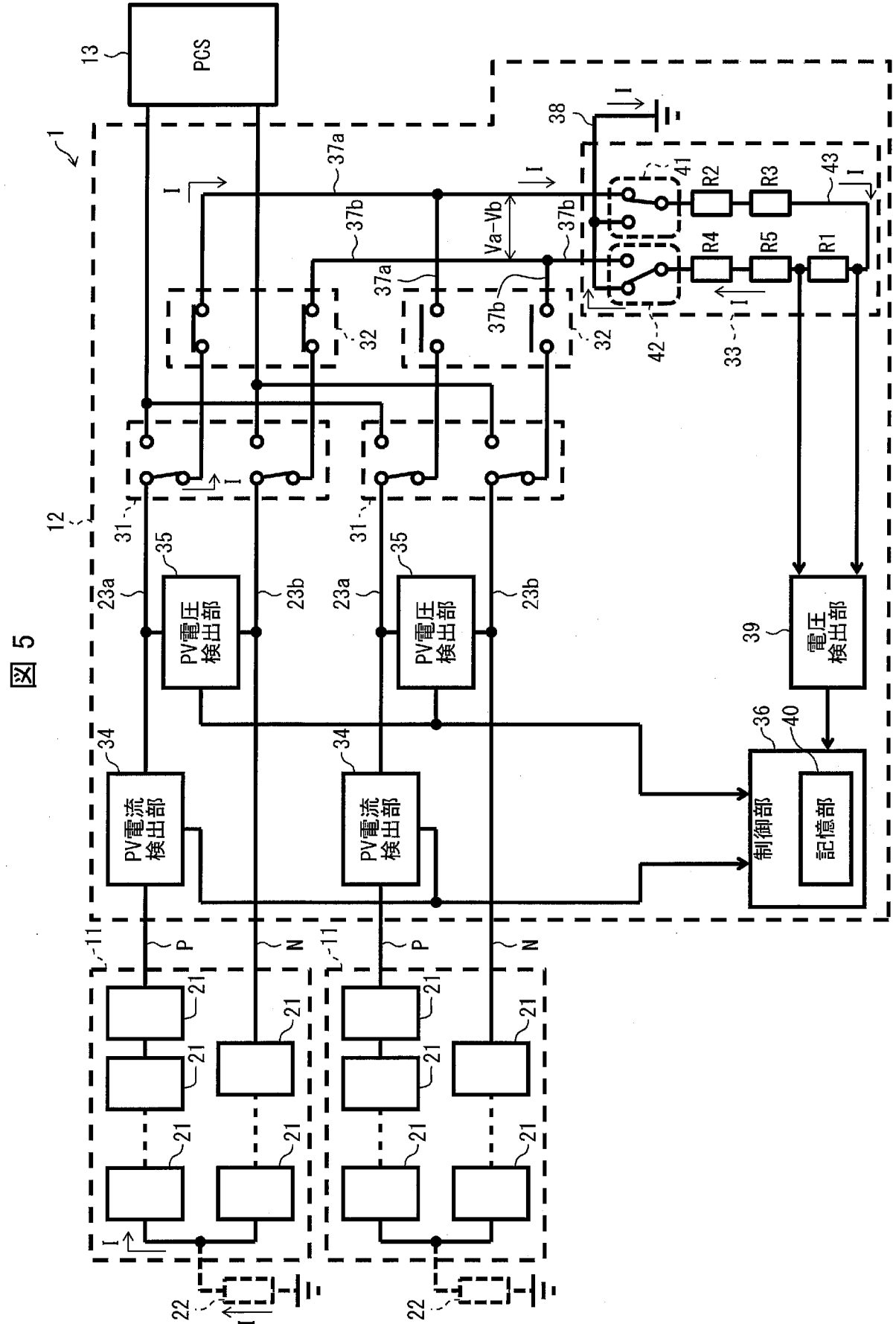


図 5

[図6]

図 6

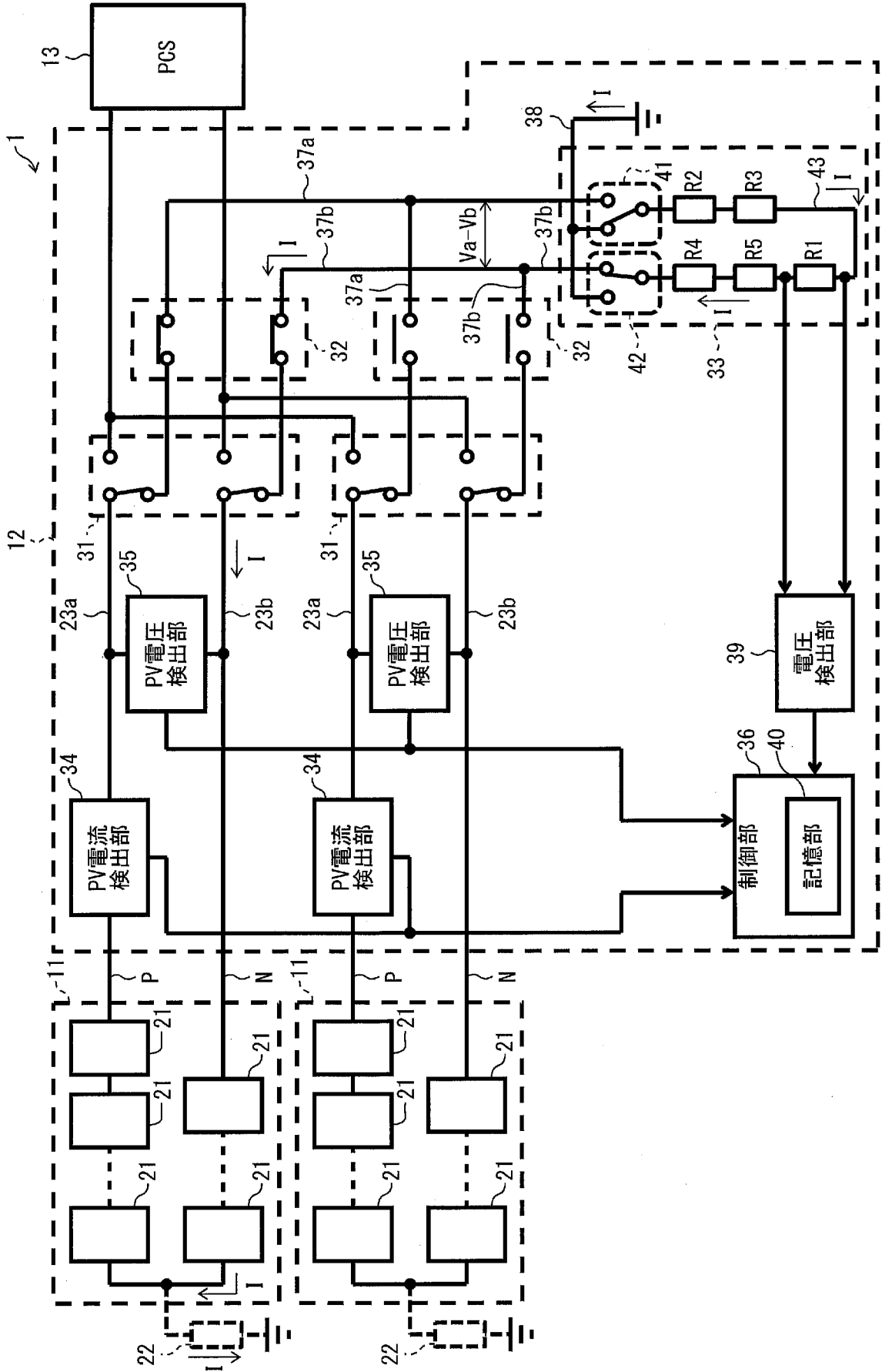
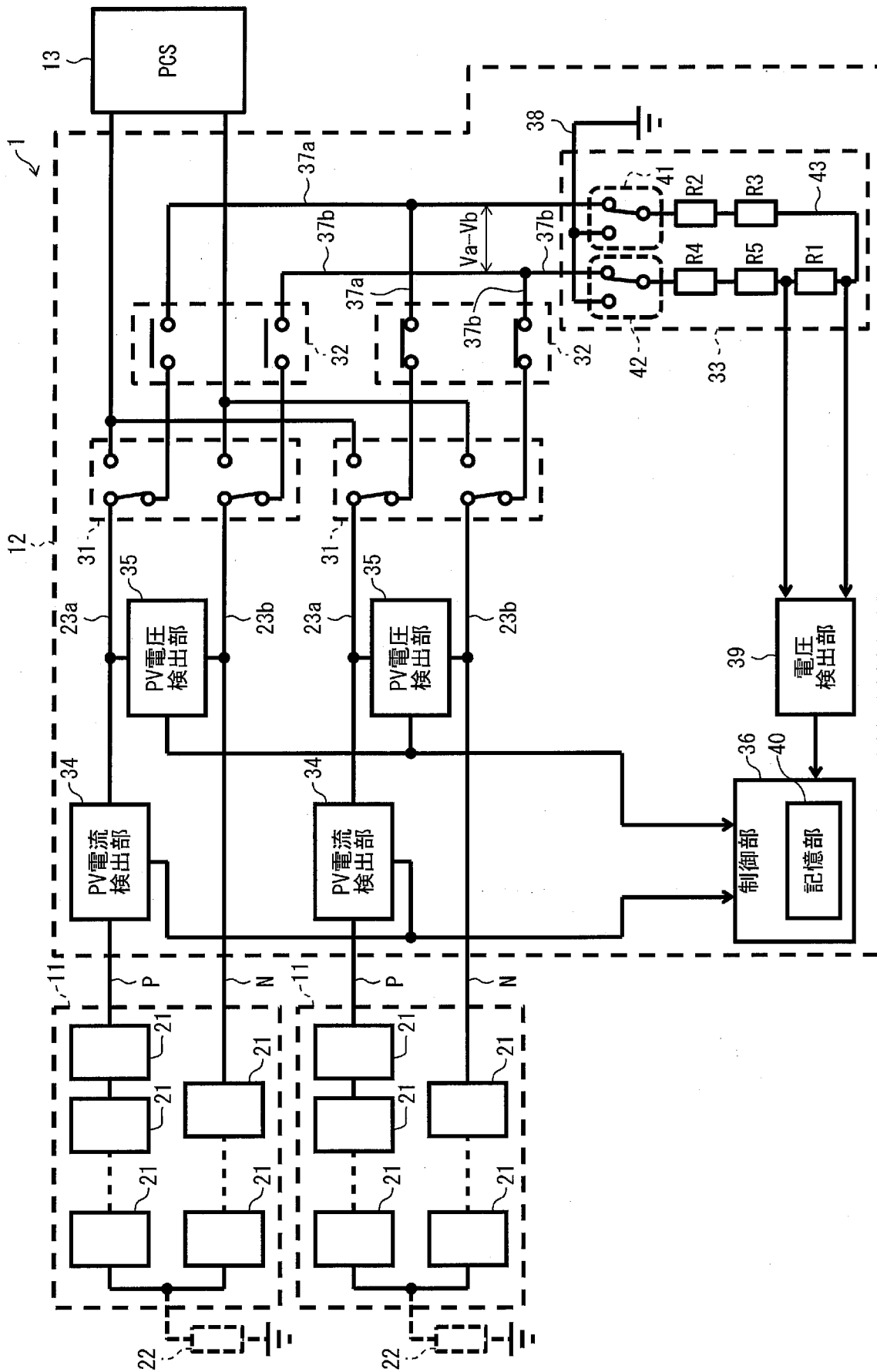


図7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/053183

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02S50/00(2014.01) 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)
H02S50/00

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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	JP 2013-069974 A (System JD Co., Ltd.), 18 April 2013 (18.04.2013), paragraphs [0018] to [0024]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-6
Y	JP 2013-065797 A (Tokyo University of Science), 11 April 2013 (11.04.2013), paragraphs [0002] to [0019], [0025], [0046]; fig. 1 (Family: none)	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 31 March 2016 (31.03.16)	Date of mailing of the international search report 12 April 2016 (12.04.16)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02S50/00(2014.01)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 (IPC))

Int.Cl. H02S50/00

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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	JP 2013-069974 A (株式会社システム・ジェイディー) 2013.04.18, 段落【0018】 - 【0024】, 図1-4 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2013-065797 A (学校法人東京理科大学) 2013.04.11, 段落【0002】 - 【0019】, 【0025】, 【0046】, 図1 (ファミリーなし)	1-6

☐ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 31.03.2016	国際調査報告の発送日 12.04.2016
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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) 吉岡 一也 電話番号 03-3581-1101 内線 3255