(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2017-5852
(P2017-5852A)
(43)公開日　平成29年1月5日(2017.1.5)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
H02S 50/00 (2014.01)	H02S 50/00	5F151

審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 14 頁）

(21)出願番号　特願2015-116961 (P2015-116961)
(22)出願日　平成27年6月9日 (2015.6.9)

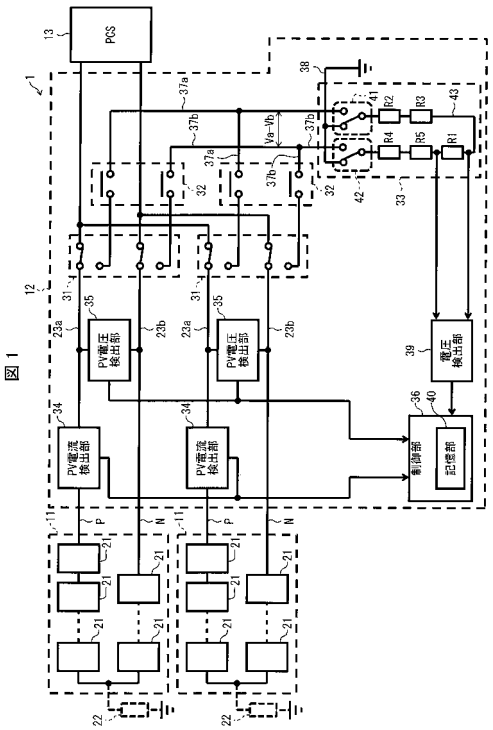
(71)出願人　000002945
オムロン株式会社
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地
(74)代理人　100155712
弁理士　村上　尚
(72)発明者　佐野　彰彦
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地　オムロン株式会社内
(72)発明者　森田　康介
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地　オムロン株式会社内
(72)発明者　三角　修一
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地　オムロン株式会社内

Ｆターム(参考)　5F151 KA05　KA07　KA09

(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

(57)【要約】
【課題】低コストのスイッチを使用できるようにする。
【解決手段】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）を備える。
【選択図】図１

図１



【特許請求の範囲】
【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。
【発明の詳細な説明】
【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気的に切り離した状態にて、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】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。

【０００９】

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。

【００１０】

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。

【００１１】

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。

【００１２】

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。

【００１３】

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。

【００１４】

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。

【００１５】

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。

【００１６】

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。

【００１７】

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。

【００１８】

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。

【００１９】

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。

【００２０】

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。

【００２１】

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。

【００２２】

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。

【００２３】

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ことを特徴としている。

【００２４】

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。

【発明の効果】

【００２５】

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】

【００２６】

【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Ｖａ－Ｖｂ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】

【００２７】

[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。
【００２８】
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。
【００２９】
（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。
【００３０】
（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。
【００３１】
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。
【００３２】
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。
【００３３】
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。
【００３４】
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。
【００３５】
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。
【００３６】
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。
【００３７】

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。

【００３８】

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Ｖａ－Ｖｂ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。

【００３９】

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。

【００４０】

ＰＶ電圧検出部３５は、太陽電池ストリング１１の極間電圧Ｖａ－Ｖｂ（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。

【００４１】

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。

【００４２】

制御部３６は、ＰＶ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ＰＶ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Ｖａ－Ｖｂ）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、ＰＶ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。

【００４３】

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。

【００４４】

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。

【００４５】

（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。

【００４６】

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、ＰＣＳ１３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（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、ＰＣＳ１３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。

【００４７】

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。

【００４８】

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。

【００４９】

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。

【００５０】

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)。

【００５１】

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(Ｓ１２)、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(Ｓ１３)。

【００５２】

Ｓ１３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ＰＣＳ１３側から地絡電流検出回路３３側へ切り替える(Ｓ１４)。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、ＰＣＳ１３との接続を遮断される。

【００５３】

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。

【００５４】

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(Ｓ１５、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３７ａ，３７ｂ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。

【００５５】
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。
【００５６】
なお、Ｓ１５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。
【００５７】
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(Ｓ１６)。
【００５８】
なお、制御部３６は、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、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をオンにし、地絡電流検出回路３３が検査対象の太陽電池ストリング１１について地絡の有無を検査するようにしてもよい。
【００５９】
Ｓ１６での検査の結果、検査対象の太陽電池ストリング１１に地絡が発生していれば(Ｓ１７)、制御部３６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１１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(Ｓ１８)。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４０にて記憶される。
【００６０】
また、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をオフにし（Ｓ１９）、Ｓ２１の動作に進む。
【００６１】
次に、制御部３６は、全ての太陽電池ストリング１１についての検査が完了しているかどうかを判定し（Ｓ２１）、検査が完了していればＳ２２の動作を行う。一方、検査が完了していなければ、Ｓ１５に戻り、Ｓ１５以降の動作を繰り返す。すなわち、制御部３６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１１に対応するＰＶ切替スイッチ３２をオンにする。以下、同様にして、太陽電池ストリング１１の地絡の有無を検査する。
【００６２】
その後、制御部３６は、Ｓ２１において全ての太陽電池ストリング１１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１１に対応する電力通電路切替スイッチ３１をＰＣＳ１３側へ切り替えて(Ｓ２２)、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１１がＰＣＳ１３と接続される。
【００６３】
なお、電力通電路切替スイッチ３１を地絡電流検出回路３３側からＰＣＳ１３側へ切り替える場合には、地絡電流検出回路３３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。
【００６４】
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。
【００６５】

（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Ｖａ－Ｖｂ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Ｖ１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Ｖ２を求める場合の状態を示す回路図である。
【００６６】
制御部３６は、極間電圧Ｖａ－Ｖｂ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。
【００６７】
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Ｒ１および分圧抵抗Ｒ２～Ｒ５を介して接続される。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の正負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Ｖａ－Ｖｂを求める。
【００６８】
次に、第１電圧Ｖ１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。
【００６９】
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。
【００７０】
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。
【００７１】
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Ｖａ－Ｖｂ、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。
【００７２】
次に、制御部３６は、求めた極間電圧Ｖａ－Ｖｂ、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Ｒｓｕｍ（＝Ｒ１＋Ｒ２＋Ｒ３＋Ｒ４＋Ｒ５）から、下式により、
Ｒleake＝Ｒｓｕｍ×｜Ｖａ－Ｖｂ｜÷｜Ｖ１－Ｖ２｜－Ｒｓｕｍ　……（１）
抵抗値Ｒleake を求める。
【００７３】
制御部３６は、抵抗値Ｒleake（絶縁抵抗）を基準抵抗値（閾値）と比較し、抵抗値Ｒleake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。

【００７４】
（地絡位置の検出動作）
制御部３６は、第１および第２電圧Ｖ１，Ｖ２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Ｖ１の絶対値と第２電圧Ｖ２の絶対値との比は、
｜Ｖ１｜：｜Ｖ２｜＝３：２
となり、この比から地絡位置を求めることができる。
【００７５】
（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ＰＣＳ１３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、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第２閾値以下であるという条件を満たしている。
【００７６】
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。
【００７７】
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。
【００７８】
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。
【００７９】
（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。

【００８０】

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。

【００８１】

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。

【００８２】

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。

【００８３】

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て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】

【００８４】

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】

【００８５】

１　太陽光発電システム
１１　太陽電池ストリング
１２　地絡検出装置（検査装置）
１３　パワーコンディショニングシステム（電力変換装置）
２１　太陽電池モジュール
２２　地絡抵抗
２３ａ，２３ｂ　電力通電路
３１　電力通電路切替スイッチ（第１切替部）
３２　ＰＶ切替スイッチ（第２切替部）
３３　地絡電流検出回路（検査部）
３４　ＰＶ電流検出部（電流測定部）
３５　ＰＶ電圧検出部（電圧測定部）
３６　制御部（判定部）
３７ａ，３７ｂ　検査第１および第２通電路（通電路）

【図１】

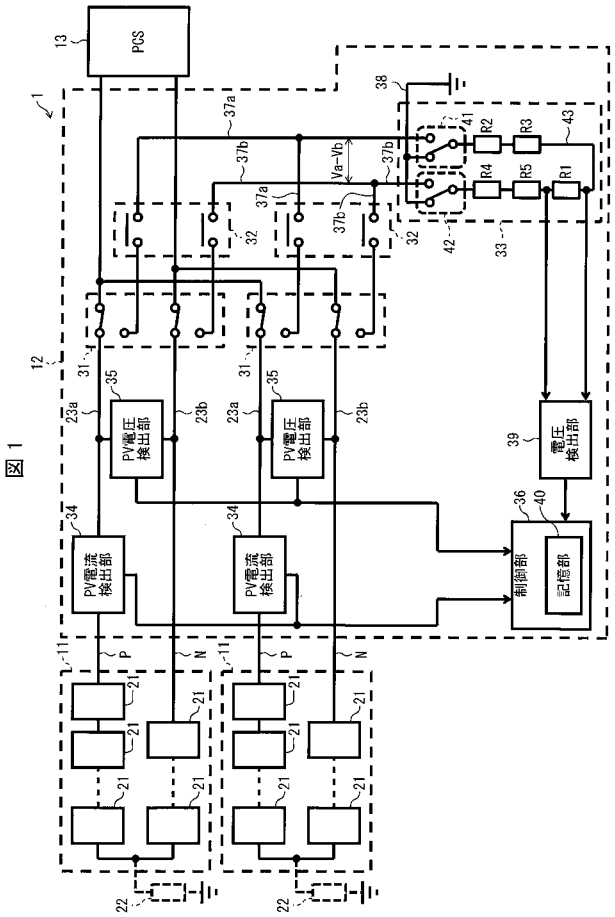
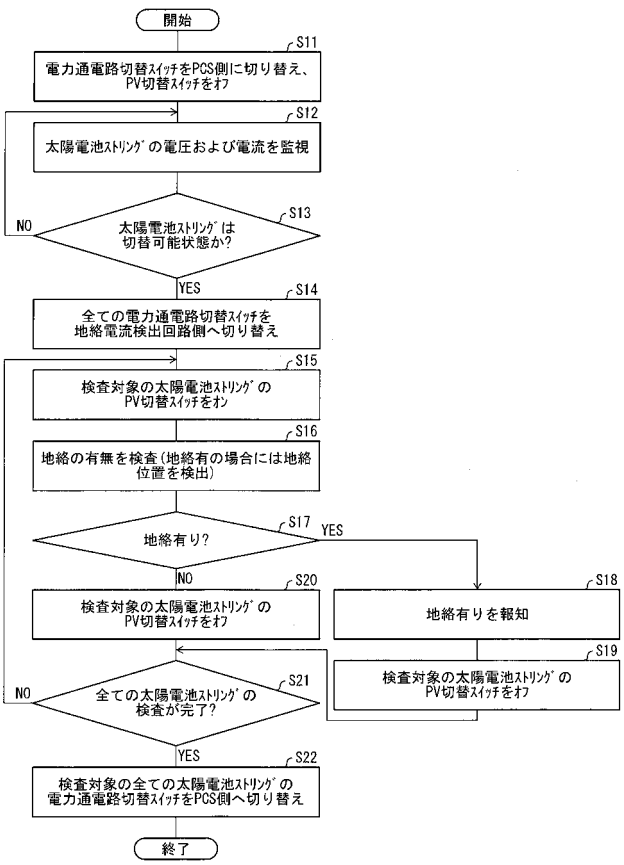


図１

【図２】

図２



【図３】

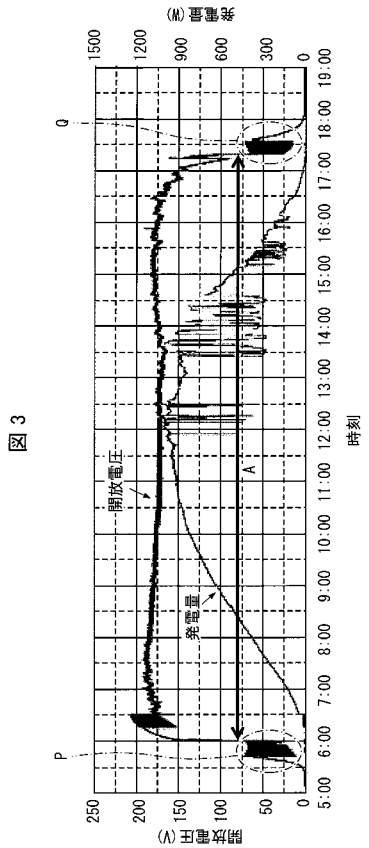


図３

【図４】

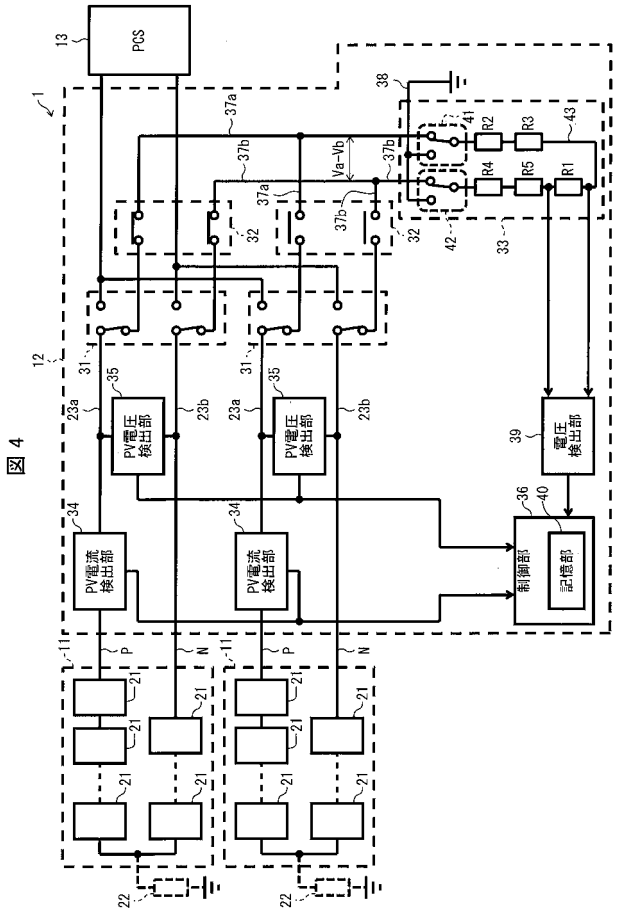


図４

【図５】

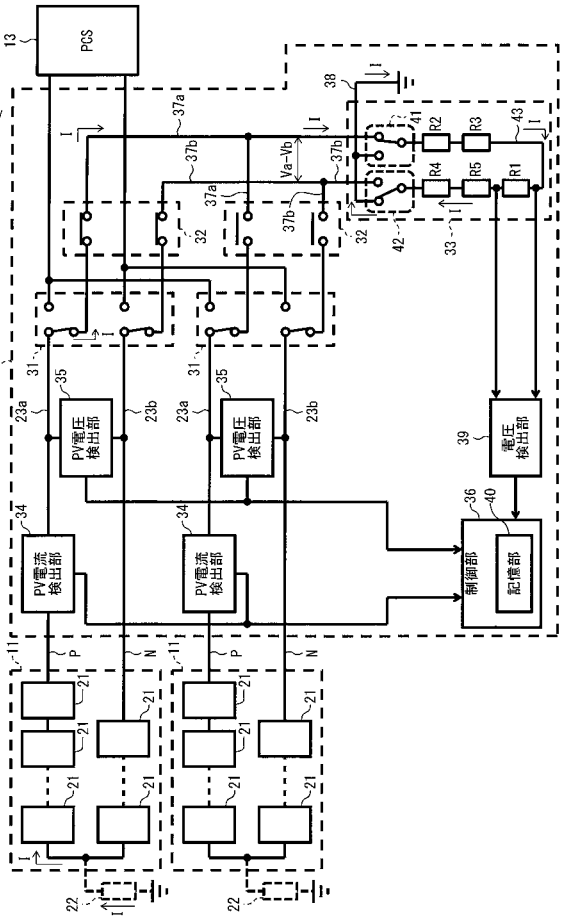


図５

【図６】

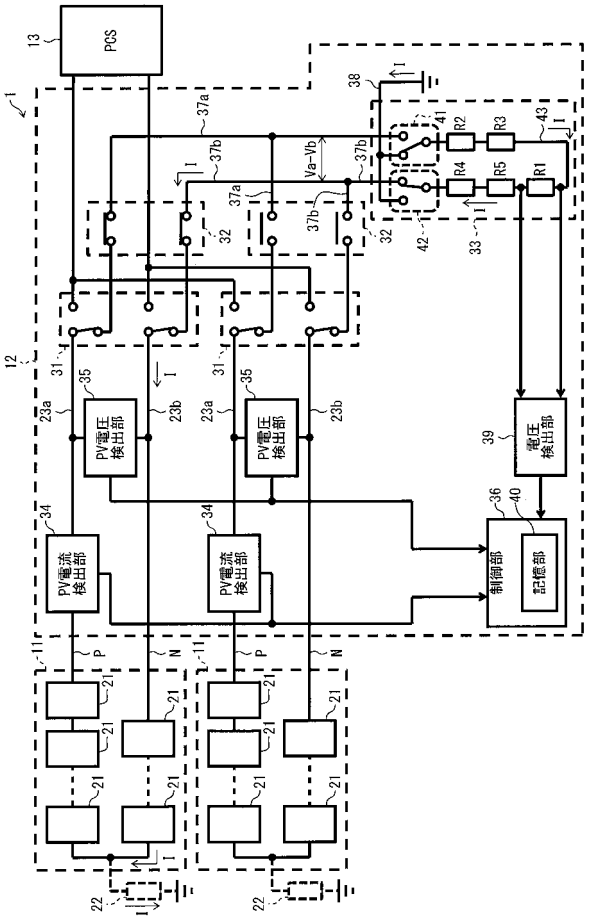


図６

【図７】

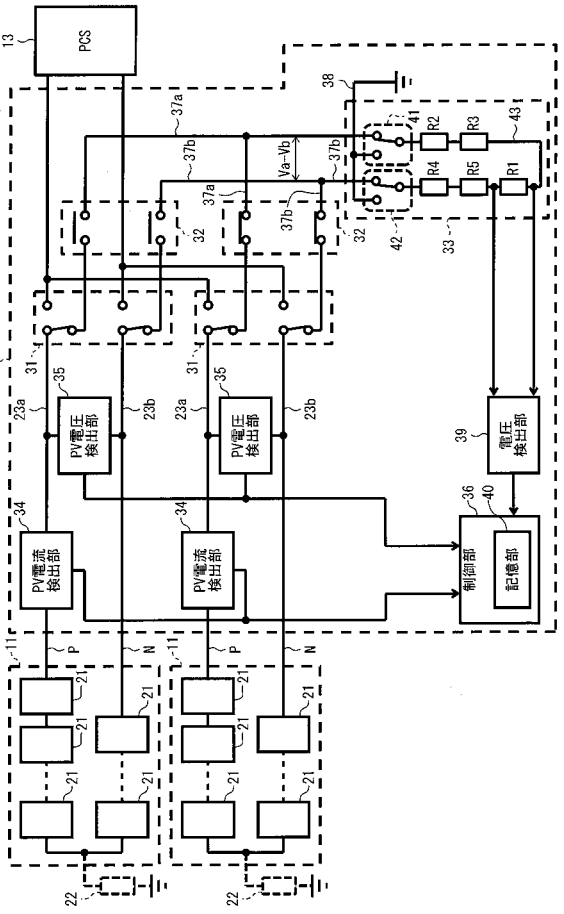


図７