

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2024-22766
(P2024-22766A)

(43)公開日 令和6年2月21日(2024.2.21)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
G 0 5 F 1/67 (2006.01)	G 0 5 F 1/67 A	5 H 4 2 0

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全19頁)

(21)出願番号	特願2022-126092(P2022-126092)	(71)出願人	000003687 東京電力ホールディングス株式会社 東京都千代田区内幸町一丁目1番3号
(22)出願日	令和4年8月8日(2022.8.8)	(74)代理人	100114890 弁理士 アイゼル・フェリックス＝ライ ンハルト
		(74)代理人	100116403 弁理士 前川 純一
		(74)代理人	100162880 弁理士 上島 類
		(72)発明者	宮崎 聡 東京都千代田区内幸町一丁目1番3号 東京電力ホールディングス株式会社内
		Fターム(参考)	5H420 BB03 BB14 CC03 DD03 DD09 EB09 EB39 FF03 最終頁に続く

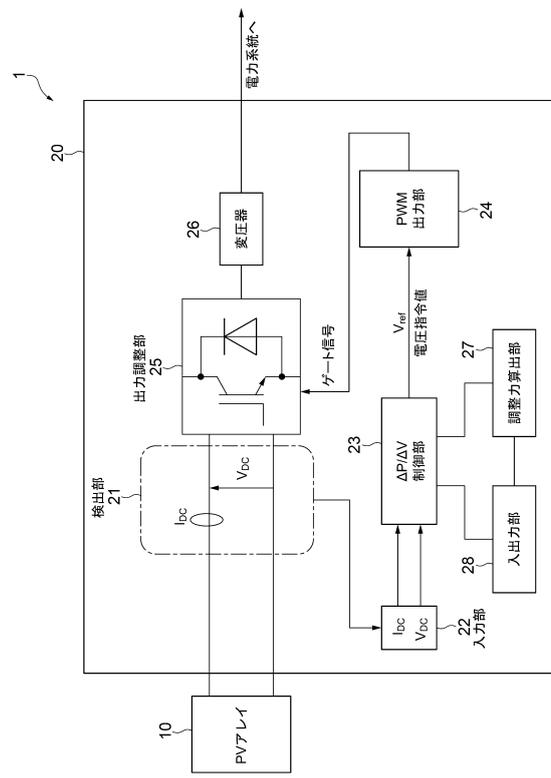
(54)【発明の名称】 太陽光発電制御装置、太陽光発電システム、方法およびプログラム

(57)【要約】

【課題】簡易な構成で、出力抑制に伴う上げ調整力を制御することができる太陽光発電制御装置および太陽光発電システムを提供すること。

【解決手段】太陽電池モジュールにおける発電電力を電力システムへ出力するための太陽光発電制御装置であって、前記太陽電池モジュールにおける出力電圧の変動量に対する発電電力の変動量を変動割合として算出する変動割合算出部と、前記変動割合の絶対値が所望の発電割合に対応した所定値となるように前記太陽電池モジュールの出力電圧を制御する出力電圧制御部とを有する、太陽光発電制御装置。

【選択図】図1



10

20

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

太陽電池モジュールにおける発電電力を電力系統に出力するための太陽光発電制御装置であって、

前記太陽電池モジュールにおける出力電圧の変動量に対する発電電力の変動量を変動割合として算出する変動割合算出部と、

前記変動割合の絶対値が、所望の発電割合に対応した所定値となるように前記太陽電池モジュールの出力電圧を制御する出力電圧制御部とを備える、

太陽光発電制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の太陽光発電制御装置において、

前記変動割合の絶対値が前記所望の発電割合に対応した所定値と一致するときの前記太陽電池モジュールの発電電力が、最大値よりも低くなるように、前記所望の発電割合に対応した所定値が設定されている、

太陽光発電制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の太陽光発電制御装置において、

前記出力電圧制御部は、前記変動割合の絶対値が前記所望の発電割合に対応した所定値よりも大きい場合に、前記出力電圧を所定量だけ減少させ、前記変動割合の絶対値が前記所望の発電割合に対応した所定値よりも小さい場合に、前記出力電圧を所定量だけ増加させる、

太陽光発電制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載された太陽光発電制御装置において、

前記出力電圧制御部において制御する前記太陽電池モジュールの出力電圧が、前記太陽電池モジュールの発電電力が最大となるときの出力電圧よりも大きい値に制御する、

太陽光発電制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載された太陽光発電制御装置において、

前記所望の発電割合の値と現在の発電電力とに基づいて、現在の環境条件において可能な最大の発電電力である最大発電電力を算出する調整力算出部をさらに備える、

太陽光発電システム。

【請求項 6】

請求項 1 に記載された太陽光発電制御装置において、

前記所望の発電割合の値と現在の発電電力とに基づいて、現在の環境条件において可能な最大の発電電力である最大発電電力と現在の発電電力との差分である上げ調整力を算出する調整力算出部をさらに備える、

太陽光発電システム。

【請求項 7】

太陽電池モジュールと、

請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項に記載の太陽光発電制御装置と、を備えた

太陽光発電システム。

【請求項 8】

太陽電池モジュールにおける発電電力を電力系統に出力するための太陽光発電制御方法であって、

前記太陽電池モジュールにおける出力電圧の変動量に対する発電電力の変動量を変動割合として算出する変動割合算出ステップと、

前記変動割合の絶対値が、所望の発電割合に対応した所定値となるように前記太陽電池モジュールの出力電圧を制御する出力電圧制御ステップとを含む、

太陽光発電制御方法。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

コンピュータを、

電力系統に接続された太陽電池モジュールにおける出力電圧の変動量に対する発電電力の変動量を変動割合として算出する変動割合算出手段と、

前記変動割合の絶対値が、所望の発電割合に対応した所定値となるように前記太陽電池モジュールの出力電圧を制御する出力電圧制御手段として機能させる、

太陽光発電制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は太陽光発電制御装置および太陽光発電システムに関し、詳細には、太陽電池モジュールの発電状態を制御可能な太陽光発電制御装置および太陽光発電システムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

一般に、電力を安定的に供給するためには、電気の需要と供給を一致させることが重要である。電気の需要と供給を一致させるためには、常時変動する需要に合わせて、電気の安定供給に必要な電源を調整することで需給のバランスを維持している。発電システムにおいて電気が需要以上に発電されて余った時には、需給バランスの制約による出力抑制が発生する。

20

【0003】

近年、再生可能エネルギーの導入が進んだことにより、需要が少ない時期などには、火力発電の出力の抑制や地域間連系線の活用等により需給バランスを調整した上で、それでもなお電気が余るおそれがある場合に再生可能エネルギーの出力抑制を行うことが検討されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2020 - 9116 号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

出力抑制に伴う上げ調整力は、周波数制御や慣性応答に活用できる。しかしながら、太陽光発電システムでは、日射量や温度が変動すると、電圧電力特性（以下、PV特性ともいう。）は異なるパターンになるので、太陽光発電システムにおいては、日射量や温度の変動に応じて上げ調整力も変動してしまうので、その把握は困難である。

【0006】

例えば、従来の太陽光発電システムでは、MPPT制御（Maximum Power Point Tracking）方式での制御が行われている。MPPT制御は、太陽電池モジュールが発電するとき出力を最大化できる電圧を自動で求めることができる制御のことである。すなわち、MPPT制御では、発電電力が最大値となることを最適動作点として設定する。電圧を増加または減少する一方向に変化させていき、電力が増加から減少または減少から増加に転換するとき電圧を変化させる方向を逆方向にする。これを繰り返していくことで、常に電力が最大となる最適動作点に制御することができる。

40

【0007】

図 15 は、従来の太陽光発電システムにおける出力抑制について説明する概念図である。図 15 において、工場出荷時の特性として G1 に示す PV 特性を有する太陽電池モジュールにおいては、理想的には、上述したように発電電力が最大値 M となることを最適動作点として制御する。この太陽電池モジュールにおいて、例えば 50% の出力抑制 D をする場合、G1 に示す PV 特性における発電電力の最大値の 50% の電力でリミッタを設

50

けて、出力がそれ以上上がらないように制御することになる。

【0008】

しかしながら、この場合は、太陽光電池に単に出力のリミッタを設けているだけなので、日射量や温度が変動して、太陽電池モジュールのPV特性がG1ではなく、G2やG3に示すPV特性に変動した場合には、ほとんど出力抑制していることにならない。すなわち、G1のときに50%の出力抑制となる電力は、G2の場合はほぼ最大値となる電力と等しいので上げ調整力は「ほぼゼロ」となり、G3の場合は最大値とかなり近い電力値となるため、上げ調整力Cは、理想的な出力抑制Dの大きさよりもかなり小さくなってしま

【0009】

将来、中央給電指令所が出力抑制において太陽光発電システム由来の上げ調整力を精度良く活用することが求められた場合、従来技術では日射計を別途設置する等しない限りは、太陽光発電システム由来の上げ調整力を把握することが困難である。

【0010】

太陽光発電システムでも、出力抑制における上げ調整力（発電予備力）を把握する技術も提案されている。例えば特許文献1には、電力系統の電圧状態によらずに発電予備力を測定することができる発電予備力測定装置が記載されている。この発電予備力測定装置では、予め取得した太陽電池モジュールの第1電流電圧特性に基づいた第1最大電力と太陽電池モジュールの出力電圧を変化させて推定した第2電流電圧特性とを対比して発電予備力を算出している。

【0011】

特許文献1において太陽電池モジュールの電流電圧特性を推定するためには、発電量をいったんゼロまで下げる必要があり、出力抑制に伴う上げ調整力を把握可能な状態で制御するための新しい手法が求められていた。

【0012】

本発明は、上記の課題に鑑みなされたものであり、本発明の目的は、簡易な構成で、出力抑制に伴う上げ調整力を把握可能な状態で制御することができる太陽光発電制御装置および太陽光発電システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の代表的な実施の形態に係る太陽光発電システムの一部を構成する太陽光発電制御装置は、太陽電池モジュールにおける発電電力を電力系統に出力するための太陽光発電制御装置であって、前記太陽電池モジュールにおける出力電圧の変動量に対する発電電力の変動量を変動割合として算出する変動割合算出部と、前記変動割合の絶対値が、所望の発電割合に対応した所定値となるように前記太陽電池モジュールの出力電圧を制御する出力電圧制御部とを備える。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、簡易な構成で、出力抑制に伴う上げ調整力を把握可能な状態で制御することができる太陽光発電制御装置および太陽光発電システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本実施形態に係る太陽光発電システムの概略構成を示す図である。

【図2】太陽電池モジュールにおいて温度と日射量とを変化させたときのPV特性を示す図である。

【図3】発電割合（P%）に対応して「 P/V 」の値を決定するためのテーブルを示す図である。

【図4】所定の太陽電池モジュールのIV特性を示す図である。

【図5】所定の太陽電池モジュールのPV特性を示す図である。

【図6】所定の太陽電池モジュールにおけるアレイ電圧Vの割合（V%）に対する「 P/V

10

20

30

40

50

P / V」の値の関係を示す図である。

【図 7】 P / V 制御部 2 3 の構成を示すブロック図である。

【図 8】 電圧指令値決定部 2 3 3 における制御手法を説明する図である。

【図 9】 P / V 制御部 2 3 における制御フローを示す図である。

【図 10】 P / V 制御部 2 3 における算出対象を示す図である。

【図 11】 調整力算出部 2 7 の構成例を示す図である。

【図 12】 調整力算出部 2 7 における制御フローを示す図である。

【図 13】 従来の太陽光発電システムにおける制御フローを示す図である。

【図 14】 従来の太陽光発電システムにおける制御手法を説明するための図である。

【図 15】 従来の太陽光発電システムにおける出力抑制について説明する概念図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0016】

1. 実施の形態の概要

先ず、本願において開示される発明の代表的な実施の形態について概要を説明する。なお、以下の説明では、一例として、発明の構成要素に対応する図面上の参照符号を、括弧を付して記載している。

【0017】

〔1〕本発明の代表的な実施の形態に係る太陽光発電制御装置(20)は、太陽電池モジュール(10)における発電電力を電力系統に出力するための太陽光発電制御装置であって、前記太陽電池モジュールにおける出力電圧の変動量(V)に対する発電電力の変動量(P)を変動割合(P/V)として算出する変動割合算出部(232)と、前記変動割合の絶対値が、所望の発電割合に対応した所定値(S)となるように前記太陽電池モジュールの出力電圧を制御する出力電圧制御部(233)とを備える。

20

【0018】

〔2〕上記〔1〕に記載の太陽光発電制御装置において、前記変動割合の絶対値が前記所望の発電割合に対応した所定値と一致するときの前記太陽電池モジュールの発電電力が、最大値よりも低くなるように、前記所望の発電割合に対応した所定値が設定されていることとしてもよい。

【0019】

〔3〕上記〔1〕に記載の太陽光発電制御装置において、前記出力電圧制御部は、前記変動割合の絶対値が前記所望の発電割合に対応した所定値よりも大きい場合に、前記出力電圧を所定量だけ減少させ、前記変動割合の絶対値が前記所望の発電割合に対応した所定値よりも小さい場合に、前記出力電圧を所定量だけ増加させることとしてもよい。

30

【0020】

〔4〕上記〔1〕に記載の太陽光発電制御装置において、前記出力電圧制御部において制御する前記太陽電池モジュールの出力電圧が、前記太陽電池モジュールの発電電力が最大となるときの出力電圧よりも大きい値に制御することとしてもよい。

【0021】

〔5〕上記〔1〕に記載の太陽光発電制御装置において、前記所望の発電割合の値と現在の発電電力とに基づいて、現在の環境条件において可能な最大の発電電力である最大発電電力を算出する調整力算出部をさらに備えることとしてもよい。

40

【0022】

〔6〕上記〔1〕に記載の太陽光発電制御装置において、前記所望の発電割合の値と現在の発電電力とに基づいて、現在の環境条件において可能な最大の発電電力である最大発電電力と現在の発電電力との差分である上げ調整力を算出する調整力算出部をさらに備えることとしてもよい。

【0023】

〔7〕本発明の代表的な実施の形態に係る太陽光発電システムは、太陽電池モジュールと、上記〔1〕から〔6〕までのいずれか1つに記載の太陽光発電制御装置と、を備えている。

50

【 0 0 2 4 】

〔 8 〕本発明の代表的な実施の形態に係る太陽光発電方法は、太陽電池モジュールにおける発電電力を電力系統に出力するための太陽光発電制御方法であって、前記太陽電池モジュールにおける出力電圧の変動量に対する発電電力の変動量を変動割合として算出する変動割合算出ステップと、前記変動割合の絶対値が、所望の発電割合に対応した所定値となるように前記太陽電池モジュールの出力電圧を制御する出力電圧制御ステップとを含む。

【 0 0 2 5 】

〔 9 〕本発明の代表的な実施の形態に係る太陽光発電プログラムは、コンピュータを、電力系統に接続された太陽電池モジュールにおける出力電圧の変動量に対する発電電力の変動量を変動割合として算出する変動割合算出手段と、前記変動割合の絶対値が、所望の発電割合に対応した所定値となるように前記太陽電池モジュールの出力電圧を制御する出力電圧制御手段として機能させる。

10

【 0 0 2 6 】

2. 実施の形態の具体例

以下、本発明の実施の形態の具体例について図を参照して説明する。なお、以下の説明において、各実施の形態において共通する構成要素には同一の参照符号を付し、繰り返しの説明を省略する。

【 0 0 2 7 】

図 1 は、本実施の形態に係る太陽光発電システムの概略構成を示す図である。

20

【 0 0 2 8 】

図 1 に示すように、太陽光発電システム 1 は、P V アレイ 1 0 と P V アレイ 1 0 の出力に設けられた太陽光発電制御装置 2 0 とを備えて構成される。

【 0 0 2 9 】

P V アレイ 1 0 は、太陽光を受光すると電気を発生する太陽電池モジュールの一例である。P V アレイ 1 0 としては、光電変換素子などをアレイ状に配列した太陽電池モジュールを用いることができる。

【 0 0 3 0 】

太陽光発電制御装置 2 0 は、P V アレイ 1 0 と電力系統との間に設けられた装置であり、P V アレイ 1 0 における発電電力を交流変換した後に電力系統に出力するための装置である。太陽光発電制御装置 2 0 は、P V アレイ 1 0 の出力電圧 V_{DC} を制御することにより電力系統に出力する交流発電電力の大きさを制御する。太陽光発電制御装置 2 0 は、系統連携インバータとして構成することができる。太陽光発電制御装置 2 0 は、検出部 2 1 と、入力部 2 2 と、P / V 制御部 2 3 と、PWM 出力部 2 4 と、インバータ 2 5 と、変圧器 2 6 と、調整力算出部 2 7 と、入出力部 2 8 とを有している。変圧器 2 6 は、太陽光発電制御装置 2 0 の構成要素であってもよいし、太陽光発電制御装置 2 0 の外部の構成要素であってもよい。

30

【 0 0 3 1 】

太陽光発電制御装置 2 0 において、入力部 2 2 と、P / V 制御部 2 3 と、PWM 出力部 2 4 とは、例えば、CPU 等のプロセッサ、ROM や RAM 等の各種メモリ、タイマ（カウンタ）、A / D 変換回路、入出力 I / F 回路、およびクロック生成回路等のハードウェア要素を有し、各構成要素がバスや専用線を介して互いに接続されたプログラム処理装置（例えば、マイクロコントローラ：MCU）として構成することができる。プロセッサがメモリ等の記憶装置（図示せず）に記憶されたプログラムに従って各種演算を行うとともに A / D 変換回路および入出力 I / F 回路等の周辺回路を制御することによって入力部 2 2 と、P / V 制御部 2 3 と、PWM 出力部 2 4 との各機能部の構成を実現している。

40

【 0 0 3 2 】

検出部 2 1 は、P V アレイ 1 0 の出力における電流 I_{DC} と電圧 V_{DC} とを検出する。P V アレイ 1 0 の出力は直流であるので、検出部 2 1 としては、直流電流センサおよび直

50

流電圧センサを有する測定手段を用いることができる。

【0033】

入力部22は、検出部21において検出した電流 I_{DC} と電圧 V_{DC} との測定値をデジタルデータとして入力するインタフェースである。

【0034】

P/V制御部23は、PVアレイ10の出力における電流 I_{DC} と電圧 V_{DC} とが所定の値となるように制御する。具体的には、PVアレイ10における出力電圧の変動量 V に対する発電電力の変動量 P を変動割合 P/V として算出し、算出した変動割合 P/V の絶対値が所望の発電割合に対応した所定値となるように調整しながら電圧指令値 V_{ref} を生成する。なお、電圧指令値 V_{ref} の調整は、所定量 E ずつ変更する。

10

【0035】

ここでPVアレイ10の発電電力は、PVアレイ10の出力における電流 I_{DC} と電圧 V_{DC} とを乗算することにより求められる値である。また、「発電割合」とは、PVアレイ10などの太陽電池モジュールが現在の環境条件において可能な最大の発電電力である最大発電電力に対する現在の発電電力の割合(%)である。

【0036】

P/V制御部23は、電圧指令値 V_{ref} を調整して出力することにより、PVアレイ10の出力電圧 V_{DC} を制御することができる。P/V制御部23の構成および電圧指令値 V_{ref} 生成の詳細については、後述する。

【0037】

PWM出力部24は、P/V制御部23からの電圧指令値 V_{ref} に応じて調整されたPWM信号を出力する。

20

【0038】

出力調整部25は、インバータ回路で構成されている。出力調整部25は、PVアレイ10の出力電圧 V_{DC} をインバータ回路によって交流電圧に変換する。また、出力調整部25は、ゲート信号として入力されるPWM信号に応じて、変換する交流電圧の大きさを調整する。出力調整部25において、PVアレイ10の出力電圧 V_{DC} から変換される交流電圧の大きさを調整することによって、PVアレイ10の出力電圧 V_{DC} を変化させ、相応に太陽電池アレイの発電電力が変動することとなる。

【0039】

変圧器26は、出力調整部25から出力されたPVアレイ10の出力を電力系統に出力するために昇圧して出力する。

30

【0040】

調整力算出部27は、各種の調整力を算出する。調整力とは、例えば、現在の環境条件において可能な最大の発電電力である最大発電電力、または最大発電電力と現在の発電電力との差分である上げ調整力が挙げられる。調整力算出部27は、現在の発電割合と現在の発電電力とに基づいて、最大可能発電量または上げ調整力を算出する。調整力算出部27の構成および最大可能発電量または上げ調整力の算出の詳細については、後述する。

【0041】

入出力部28は、本実施の形態の太陽光発電制御装置20に対して、所望の発電割合($P\%$)の設定や、各種調整力の算出の指示を入力したり、必要に応じて、算出結果を出力するためのインタフェースである。入出力部28としてのインタフェースは、太陽光発電制御装置20に入力画面や出力画面などの形態で設けてもよいし、インターネット等のネットワークを経由して外部のサーバなどから入出力される構成としてもよい。

40

【0042】

ここで、P/V制御部23における制御についてさらに説明する。

【0043】

図2は、所定の太陽電池モジュールにおいて温度と日射量とを変化させたときのPV特性を示す図である。図2のPV特性は、所定の太陽電池モジュールにおいて、日射量が 20 mW/cm^2 において、 25°C と 50°C との温度条件の場合と、日射量が 60 mW/cm^2

50

2において、25 と50 との温度条件の場合と、日射量が100 mW / cm²において、25 と50 との温度条件の場合との6つの環境条件のものである。図2から明らかのように、太陽電池モジュールにおけるPV特性は、日射量や温度が異なると、同じ出力電圧Vに対して異なる大きさの発電電力Pとなる関係を有している。一方で、太陽電池モジュールにおけるPV特性は、大きさとしては異なるが、同様の変化形状となっており、本実施の形態に係る太陽光発電システムではこれらのPV特性を相似とみなしている。

【0044】

図3は、発電割合(P%)に対応して「 P/V 」の値を決定するためのテーブルを示す図である。

図4は、所定の太陽電池モジュールのIV特性を示す図である。

10

図5は、所定の太陽電池モジュールのPV特性を示す図である。

【0045】

図3に示すテーブルは、太陽電池モジュールにおける発電割合(P%)に対応する「 P/V 」の値を示している。図3は、所定の太陽電池モジュールにおいて、出荷時の製品特性を用いて求められるPV特性から算出したものである。

【0046】

ここで、一般に、太陽電池モジュールにおいては、その出荷時に製品特性として、図4に示すIV特性のデータを有している。IV特性のデータは、所定の太陽電池モジュールのレイにおいてレイ電圧が変動するときに、レイ電流がどのように変化するかを示すデータである。このIV特性のデータから、レイ電圧とレイ電流とを乗算して電力Pを求めて、図5に示すPV特性のデータが得られる。このように、所定の太陽電池モジュールのPV特性は、製品出荷時のIV特性から変換することにより得られる。

20

【0047】

図3のテーブルは、製品出荷時のIV特性から変換したPV特性を変換して得られる。例えば、図3に示すテーブルは、図5に示すPV特性において、所定の電力Pのときに、電圧の微小量(ΔV)変化に対応して変動する電力量(ΔP)を「 P/V 」として算出することにより得ることができる。このように、図3に示すテーブルは、太陽電池モジュールの出荷時の製品特性から得られるもので、温度と日射量によって変動するものではない。

【0048】

本実施の形態の太陽電池モジュールにおいては、図3に示すように、所定の範囲Rにおいては「 P/V 」の値と発電割合(P%)とは一対一に対応した関係があることを利用して制御を行う。図3に示すような関係は太陽電池モジュールの出荷時の製品特性によって決まるものであり、日射量と温度によって変動しないものとみなせる。すなわち、図2に示したように、所定の太陽電池モジュールにおけるPV特性では、出力電圧Vに対する発電電力(P)の値は、日射量と温度によって変動するが、図3のような所定の発電割合(P%)に対する「 P/V 」の値は日射量と温度とによらず同じ値とみなせる。これは、図2において、日射量と温度とが異なるPV特性が相似とみなしていることから理解できるといえる。

30

【0049】

図6は、所定の太陽電池モジュールにおけるレイ電圧Vの割合(V%)に対する「 P/V 」の値の関係を示す図である。ここで、レイ電圧Vの割合(V%)は、太陽電池モジュールにおける定格電圧に対するレイ電圧の割合である。図6は、所定の太陽電池モジュールにおいて、出荷時の製品特性によって求められるPV特性から算出したものである。図6から明らかのように、太陽電池モジュールにおいては、所定の範囲Rにおいては、レイ電圧Vは「 P/V 」の値と比例関係にあることが判る。すなわち、太陽電池モジュールにおける出力電圧Vを制御することによって、「 P/V 」の値を調整することができることが判る。図3より、「 P/V 」の値は、発電割合(P%)と一対一に対応した関係があるので、出力電圧Vを制御することによって、発電割合(P%)を調整することができることが判る。このことを利用して、 P/V 制御部2

40

50

3では、発電割合（ $P\%$ ）に調整するために、出力電圧 V を制御している。このとき、 P/V 制御部23は、発電割合（ $P\%$ ）を直接監視することなく、所望の発電割合（ $P\%$ ）に対応する「 $-P/V$ 」の値となるように、出力電圧 V を制御している。

【0050】

本実施の形態の太陽光発電システムでは、 P/V 制御部23において、出力電圧 V を制御するために、電圧指令値 V_{ref} を所定量ずつ変更して生成している。PWM出力部24が、電圧指令値 V_{ref} に応じて調整されたPWM信号を出力すると、出力調整部25は、ゲート信号として入力されるPWM信号に応じて、変換する交流電圧の大きさを調整する。その結果、PVアレイ10の出力電圧 V_{DC} が所定の発電割合（ $P\%$ ）に応じた値に制御される。

【0051】

図7は P/V 制御部23の構成を示すブロック図である。

【0052】

図7に示すように、 P/V 制御部23は、電力算出部231と、 P/V 算出部232と、電圧指令値決定部233と、記憶部234とを有している。

【0053】

電力算出部231は、入力部22から入力されたPVアレイ10の出力における電流 I_{DC} と電圧 V_{DC} とを乗算して発電電力 P を算出する。

【0054】

P/V 算出部232は、入力部22から入力されるPVアレイ10の電圧 V_{DC} と電力算出部231において算出された発電電力 P とをいったん記憶部234に記憶し、電圧 V を微小量変化させて、異なる2つの電圧 V_{DC} に対する2つの発電電力 P を得る。 P/V 算出部232は、これらの異なる2つの電圧 V_{DC} に対する2つの発電電力 P に基づいて2点の V と P とを算出し、 P/V を算出する。

【0055】

電圧指令値決定部233は、入出力部28から受け取った所望の発電割合（ $P\%$ ）に対応する「 $-P/V$ 」の所定値（例えば S ）を予め決定し、決定した所定値を記憶部234に記憶しておく。電圧指令値決定部233は、受け取った所望の発電割合（ $P\%$ ）も記憶部234に記憶しておく。電圧指令値決定部233は、記憶部234に予め記憶されている図3に示すテーブルを用いて、所望の発電割合（ $P\%$ ）に対応する「 $-P/V$ 」の値を所定値（例えば S ）として決定することができる。

【0056】

電圧指令値決定部233は、 P/V 算出部232で算出された P/V における「 $-P/V$ 」の値が所定値よりも大きい場合に、出力電圧 V を所定量（例えば E ）だけ減少させ、 P/V 算出部232で算出された P/V における「 $-P/V$ 」の値が所定値よりも小さい場合に、出力電圧 V を所定量だけ増加させる。具体的には、電圧指令決定部233は、前回の電圧指令値 V_{ref} を、必要に応じて所定量 E だけ増加又は減少させて生成した電圧指令値 V_{ref} をPWM出力部24に出力する。

【0057】

記憶部234は、 P/V 算出部232における P/V の算出時において、PVアレイ10の電圧 V_{DC} と発電電力 P をいったん記憶する。記憶部234は、図3に示すような発電割合（ $P\%$ ）に対応して「 $-P/V$ 」の値を決定するためのテーブルを予め記憶している。また、記憶部234は、所望の発電割合（ $P\%$ ）の設定値や、電圧指令値決定部233において設定された発電割合（ $P\%$ ）に対応する P/V の所定値（例えば S ）や、出力電圧を増加又は減少させる際の所定量 E を記憶している。

【0058】

図8は、 P/V 制御部23における制御手法を説明する図である。

本実施の形態の太陽光発電システム1においては、 P/V 制御部23の電圧指令値決定部233は、適宜調整した電圧指令値 V_{ref} を生成することにより、所望の発電割合（ $P\%$ ）となるように制御している。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 9 】

電圧指令値決定部 2 3 3 は、例えば図 8 に示すように、最大出力点 M の時よりも C % だけ下げた発電割合 (P %) に制御する場合、上述したように、図 3 などのテーブルに基づいて、所望の発電割合 (P %) に対応する「 - P / V 」の値を所定値 (例えば S) を特定する。図 8 に示す特性によれば、所望の発電割合 (P %) よりも低くなる領域では「 - P / V 」の値 (傾き) が所定値 S より大きくなり、所望の発電割合 (P %) よりも高くなる領域では「 - P / V 」の値 (傾き) が所定値 S よりも小さくなることが判る。

【 0 0 6 0 】

電圧指令値決定部 2 3 3 は、 P V アレイ 1 0 の出力における電流 I_{DC} および電圧 V_{DC} から算出される「 - P / V 」の値を所定値 S に制御するように、図 8 に示す特性に基づいて、電圧指令値 V_{ref} を変更する。このとき変更する電圧指令値 V_{ref} の大きさは所定量 E だけである。具体的には、 P / V 算出部 2 3 2 で算出された「 - P / V 」 (傾き) が所定値 S より大きい場合は、 P V アレイ 1 0 の出力における電圧 V_{DC} が、所定値 S に対応する電圧よりも大きいと考えられるので電圧指令値 V_{ref} を所定量 E だけ減少させ、 P / V 算出部 2 3 2 で算出された「 - P / V 」 (傾き) が所定値 S より小さい場合は、 P V アレイ 1 0 の出力における電圧 V_{DC} が、所定値 S に対応する電圧よりも小さいと考えられるので電圧指令値 V_{ref} を所定量 E だけ増加させる。

【 0 0 6 1 】

次に、上述した太陽光発電システム 1 における P / V 制御部 2 3 の動作について説明する。

【 0 0 6 2 】

図 9 は、 P / V 制御部 2 3 における制御フローを示す図である。図 1 0 は、 P / V 制御部 2 3 における算出対象を示す図である。

【 0 0 6 3 】

図 9 において、図 1 0 に示す動作点 A の電力 P_0 を計測し (ステップ S 1)、電圧指令値 V_{ref} を微小減少して図 1 0 に示す B 点における電力 P_1 を計測する (ステップ S 2)。具体的には、 P / V 算出部 2 3 2 は、制御開始時に、電圧指令値決定部 2 3 3 に制御開始の旨を指示することによって、電圧指令値決定部 2 3 3 が電圧指令値 V_{ref} を微小減少させることにより出力電圧を微小減少させることができる。ステップ S 1 およびステップ S 2 における電力 P_0 、 P_1 は、検出部 2 1 において検出して入力部 2 2 から入力された電流 I_{DC} および電圧 V_{DC} に基づいて電力算出部 2 3 1 がそれぞれ算出することができる。

【 0 0 6 4 】

次いで、 P / V を算出する (ステップ S 3)。具体的には、 P / V 算出部 2 3 2 が、ステップ S 1 の時の電圧とステップ S 2 の時の電圧 V_{DC} の差分 V と電力 P_0 と電力 P_1 との差分 P を算出して、 P / V を算出する。 P / V 算出部 2 3 2 は算出した P / V を電圧指令値決定部 2 3 3 に渡す。

【 0 0 6 5 】

ステップ S 3 で P / V を算出すると、算出した P / V における「 - P / V 」の値が所定値 S よりも大きいか否かを判定する (ステップ S 4)。具体的には、電圧指令値決定部 2 3 3 は、算出された P / V における「 - P / V 」の値を記憶部 2 3 4 に記憶されている所定値 S よりも大きいか否かを判定する。この所定値 S は、設定された発電割合 (P %) に対応する「 - P / V 」の値を図 3 に示すテーブルを用いて決定したものであり、記憶部 2 3 4 に記憶されている。

【 0 0 6 6 】

ステップ S 4 において、 - P / V の値が所定値 S よりも大きいと判定された場合 (ステップ S 4 : Y E S) は、電圧指令値 V_{ref} を減少させる処理をする (ステップ S 5) 具体的には、電圧指令値決定部 2 3 3 は、電圧指令値 V_{ref} の現在の値から所定量 E だけ減少させた値を電圧指令値 V_{ref} として出力する。

10

20

30

40

50

【0067】

ステップS4において、「 P/V 」の値が所定値Sよりも大きくないと判定された場合（ステップS4：NO）は、「 P/V 」が所定値Sよりも小さいか否かを判定する（ステップS6）。具体的には、電圧指令値決定部233は、算出された「 P/V 」における「 P/V 」の値を記憶部234に記憶されている所定値Sよりも小さいかを判定する。

【0068】

ステップS6において、「 P/V 」の値が所定値Sよりも小さいと判定された場合（ステップS6：YES）は、電圧指令値 V_{ref} を増加させる処理をする（ステップS7）。具体的には、電圧指令値決定部233は、電圧指令値 V_{ref} の現在の値から所定量Eだけ増加させた値を電圧指令値 V_{ref} として出力する。

10

【0069】

ステップS6において、「 P/V 」の値が所定値Sよりも小さくないと判定された場合（ステップS6：NO）は、「 P/V 」の値が所定値Sと等しいと考えられるので、電圧指令値 V_{ref} を変化させない。具体的には、電圧指令値決定部233は、電圧指令値 V_{ref} の現在の値をそのまま電圧指令値 V_{ref} として出力する。

【0070】

これらのステップS1からS8の処理を所定タイミングで繰り返すことにより、図10における「 P/V 」の値が所望の発電割合（ $P\%$ ）に対応した所定値Sとなるように制御することができる。この所定値Sの「 P/V 」の値はPVアレイ10における日射量や温度が変わっても、同じ発電割合（ $P\%$ ）に対応したものであるといえる。

20

【0071】

このように、本実施の形態の太陽光発電システム1における太陽光発電制御装置20によれば、「 P/V 」制御部23によって、「 P/V 」の値が所望の発電割合（ $P\%$ ）に対応した所定値Sとなるように調整された電圧指令値 V_{ref} を生成することができるので、その結果、日射量や温度の影響を受けることなくPVアレイ10が所望の発電割合（ $P\%$ ）となるように制御することができる。

【0072】

次に、調整力算出部27について説明する。

上述したように、本実施の形態の太陽光発電制御装置20において、「 P/V 」制御部23は、例えば図8に示すように、最大発電電力MよりC%だけ下げた発電割合（ $P\%$ ）に制御することができる。したがって、現在の発電電力量が判れば、最大発電電力Mや最大発電電力Mと現在の発電電力との差分（C%に相当する電力量）が算出できることが判る。

30

【0073】

調整力算出部27は、現在の発電電力Pと「 P/V 」制御部23の記憶部234に記憶された発電割合（ $P\%$ ）とに基づいて、最大発電電力Mや最大発電電力Mと現在の発電電力との差分（C%に相当する電力量）を算出する。

【0074】

図11は、調整力算出部27の構成例を示す図である。

調整力算出部27は、図11に示すように、発電割合取得部271と、発電電力取得部272と、演算部273とを有している。

40

【0075】

発電割合取得部271は、入出力部28から各種調整力の算出の指示を受け取ると、「 P/V 」制御部23の記憶部234に記憶された所望の発電割合（ $P\%$ ）を取得する。取得した発電割合（ $P\%$ ）は、演算部273に渡す。

【0076】

発電電力取得部272は、入出力部28から各種調整力の算出の指示を受け取ると、「 P/V 」制御部23の電力算出部231から現在の発電電力Pを取得する。取得した現在の発電電力Pは、演算部273に渡す。なお、現在の発電電力Pが「 P/V 」制御部23の記憶部234に記憶されている場合は、記憶部234から取得してもよい。また、発電

50

電力取得部 272 は、入力部 22 から受け取った電流 I_{DC} と電圧 V_{DC} とを乗算して電力 P を取得してもよい。

【0077】

演算部 273 は、入出力部 28 から各種調整力の算出の指示を受け取ると、指示された調整力の算出を実行する。具体的には、演算部 273 は、最大発電力を算出する旨の指示を受け取ると、発電割合取得部 271 から発電割合 ($P\%$) を受け取り、発電電力取得部 272 から現在の発電電力 P を受け取る。さらに、演算部 273 は、最大発電力 (W) = (現在の発電電力 P) \times 100 / (発電割合 ($P\%$)) を演算することによって、最大発電電力を算出する。

【0078】

演算部 273 は、上げ調整力を算出する旨の指示を受け取ると、発電割合取得部 271 から発電割合 ($P\%$) を受け取り、発電電力取得部 272 から現在の発電電力 P を受け取る。さらに、演算部 273 は、上げ調整力 (W) = (現在の発電電力 P) \times (100 - (発電割合 ($P\%$))) / (発電割合 ($P\%$)) を演算することによって、最大発電電力を算出する。

【0079】

演算部 273 は、算出結果を入出力部 28 に出力してもよい。

【0080】

次に、上述した太陽光発電システム 1 における調整力算出部 27 の動作について説明する。

【0081】

図 12 は、調整力算出部 27 における制御フローを示す図である。

調整力算出部 27 において、入出力部 28 から各種調整力の算出の指示を受け取ると、図 12 に示すように、発電割合取得部 271 は、所望の発電割合 ($P\%$) を取得する (ステップ S101)。発電割合取得部 271 は、取得した所望の発電割合 ($P\%$) を演算部 273 に渡す。同様に、発電電力取得部 272 は、現在の発電電力 P を取得する (ステップ S102)。発電電力取得部 272 は、取得した現在の発電電力 P を演算部 273 に渡す。

【0082】

調整力算出部 27 において、演算部 273 は、図 12 に示すように、所望の発電割合 ($P\%$) と現在の発電電力 P とに基づいて調整力を算出する (ステップ S103)。調整力は、例えば、最大発電力 (W) または上げ調整力 (W) である。

【0083】

具体的には、演算部 273 は、最大発電力 (W) = (現在の発電電力 P) \times 100 / (発電割合 ($P\%$)) を演算することによって、最大発電電力を算出する。演算部 273 は、上げ調整力 (W) = (現在の発電電力 P) \times (100 - (発電割合 ($P\%$))) / (発電割合 ($P\%$)) を演算することによって、最大発電電力を算出してもよい。

【0084】

このように、本実施の形態の太陽光発電システム 1 における太陽光発電制御装置 20 によれば、 P/V 制御部 23 によって、日射量や温度の影響を受けることなく P/V アレイ 10 が所望の発電割合 ($P\%$) となるように制御するので、調整力算出部 27 によって、上げ調整力を算出することができる。

【0085】

図 13 は、従来の太陽光発電システムにおける制御フローを示す図である。図 14 は、従来の太陽光発電システムにおける制御手法を説明するための図である。

【0086】

従来の太陽光発電システムでは、まず、動作点の電力 P_2 を計測し (ステップ S11)、電圧を微小減少して電力 P_3 を計測する (ステップ S12)。

【0087】

次いで、計測した 2 点の電力を比較して、 P_2 が P_3 より小さいか否かを判定する (ス

10

20

30

40

50

ステップ S 1 3)。ステップ S 1 3 において、P 2 が P 3 より小さいと判定した場合 (ステップ S 1 3 : Y E S) は、動作電圧を減少させる (ステップ S 1 4)。ステップ S 1 3 において Y E S と判断された場合は、図 1 4 に示す状態であるので、最適動作点となるためには動作電圧 V を減少させる必要があることが判る。

【 0 0 8 8 】

ステップ S 1 3 において、P 2 が P 3 より小さくないと判定した場合 (ステップ S 1 3 : N O) は、さらに計測した 2 点の電力を比較して、P 2 が P 3 より大きいか否かを判定する (ステップ S 1 5)。ステップ S 1 5 において、P 2 が P 3 より大きいと判定した場合 (ステップ S 1 5 : Y E S) は、動作電圧を増加させる (ステップ S 1 6)。

【 0 0 8 9 】

さらに、ステップ S 1 5 において、P 2 が P 3 より大きくないと判定した場合 (ステップ S 1 5 : N O) は、計測した 2 点の電力 P 2、P 3 は等しいと考えられるので、動作電圧を変化させない。計測した 2 点の電力 P 2、P 3 が等しい場合は、最大発電電力となっていると考えられる。すなわち、従来の太陽光発電システムにおける制御方法では、最大発電電力に制御することはできるが、所定の出力割合に制御することはできない。

【 0 0 9 0 】

また、従来の太陽光発電システムにおける制御方法においてリミッタをかけて出力抑制をしても、所定の電力量となるように制御することになるので、環境条件が変動すると上げ調整力を把握することができない。

【 0 0 9 1 】

これに対し、以上の本実施の形態の太陽光発電制御装置を備えた太陽光発電システムによれば、簡易な構成で、出力抑制に伴う上げ調整力を把握可能な状態で制御することができる。

【 0 0 9 2 】

(実施の形態の拡張)

以上、本発明者らによってなされた発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明はそれに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは言うまでもない。

【 0 0 9 3 】

本実施の形態では、太陽光発電制御装置 2 0 は、系統連携インバータとして構成され、発電した電力を交流に変換して電力系統に出力する態様を例に挙げて説明しているが、これに限定されない。例えば、太陽光発電制御装置 2 0 は、P V アレイ 1 0 で発電した電力を直流のまま出力する態様として構成することもできる。この場合、変圧器 2 6 は、不要であり、出力調整部 2 5 は、直流を交流に変換するのではなく、直流直流変換を行う構成とすることができる。

【 0 0 9 4 】

上記実施の形態の太陽光発電システム 1 は、P V アレイ 1 0 の出力に設けられた検出部 2 1 で電流 I_{DC} と電圧 V_{DC} を検出し、P / V 制御部 2 3 において発電電力を算出する構成であったがこれに限定されない。検出部 2 1 で太陽電池モジュールにおける発電電力 P を算出して P / V 制御部 2 3 に入力してもよい。この場合は、P / V 制御部 2 3 は電力算出部 2 3 1 を有していなくてもよい。

【 0 0 9 5 】

また、上記実施の形態の太陽光発電システム 1 では、出力電圧 V が最大電力の時の出力電圧 $V_{p m}$ よりも大きくなる範囲 R で調整を行うため、P / V 算出部 2 3 2 において算出する P / V は負の値となる。このため、電圧指令値決定部 2 3 3 では、- P / V が所定値であるか否かに基づいて判定をしていた。しかしながら、P / V の絶対値に基づいて判断をおこなっても同様に判断することができる。すなわち、電圧指令値決定部 2 3 3 は、算出した P / V が所定値に近づくように判定と制御を行えばよい。

上記の実施の形態において、電圧指令値決定部 2 3 3 が電圧指令値 V_{ref} を所定量 E ずつ変更して生成する際に、増加または減少するときの所定量が同じ大きさであったが、

10

20

30

40

50

異なってもよい。

【0096】

上記の実施の形態における太陽光発電システム1の構成、太陽光発電制御装置20の構成、P/V制御部23の構成は一例であり、これらのブロック構成のものに限定されない。例えば、他の機能ブロックが追加されたりしてもよい。この構成に限定されない。例えば、P/V算出部232において「P/V」を算出して、電圧指令値決定部233が「P/V」の値に変換しているが、P/V算出部232「P/V」の値を算出するようにしてもよい。

【0097】

記憶部234に記憶されるデータは、上述したものに限定されない。必要に応じてその他のデータが記憶されていてもよい。

【0098】

また、図9、11における処理流れを示すフローチャートも一例であり、これらに限定されるものではなく、例えば、各ステップ間に他の処理が挿入されていてもよいし、必要に応じて処理が並列化されていてもよい。

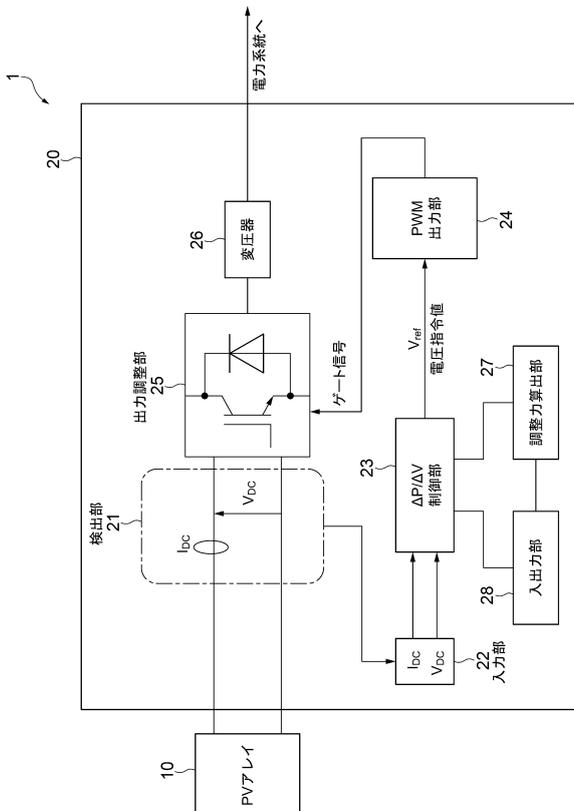
【符号の説明】

【0099】

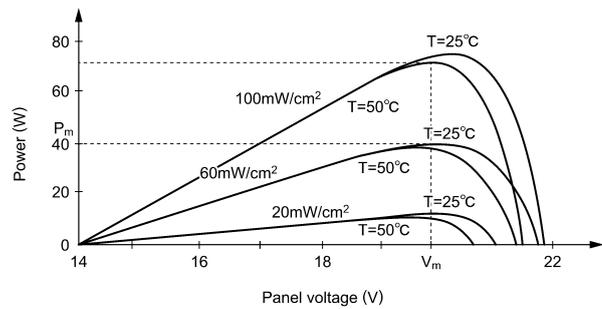
1...太陽光発電システム、10...PVアレイ、20...太陽光発電制御装置、21...検出部、22...入力部、23...P/V制御部、24...PWM出力部、25...インバータ、26...変圧器、231...電力算出部、232...P/V算出部(変動割合算出部の一例)、233...電圧指令値決定部(出力電圧制御部の一例)、234...記憶部

【図面】

【図1】



【図2】

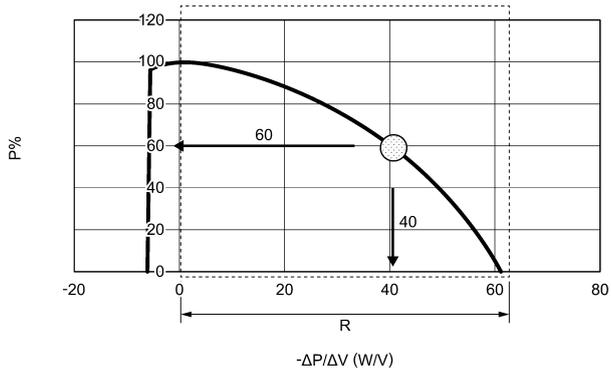


30

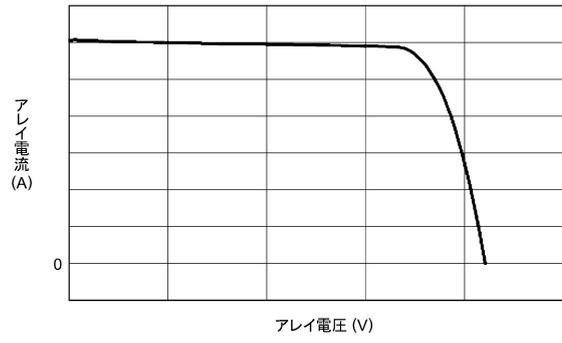
40

50

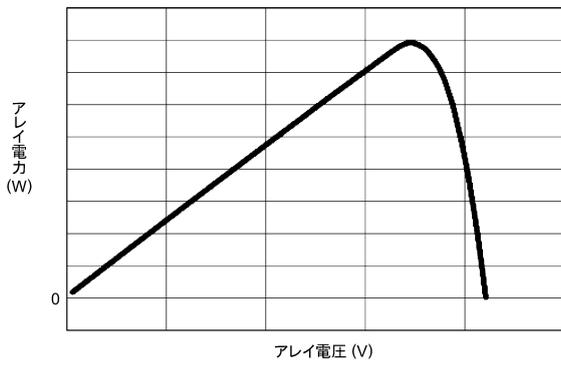
【 図 3 】



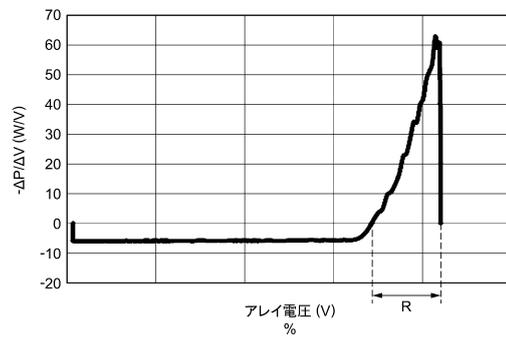
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



10

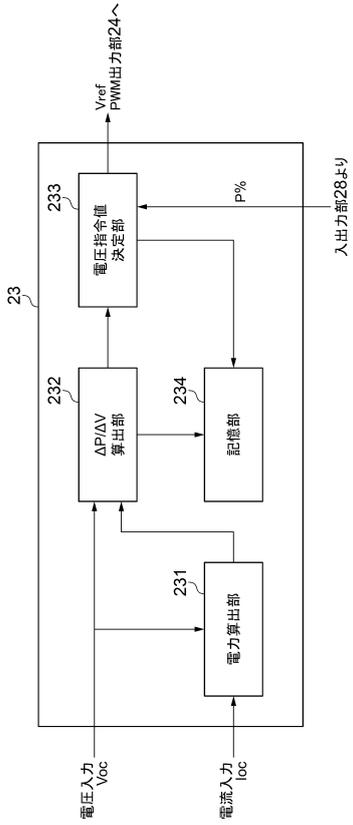
20

30

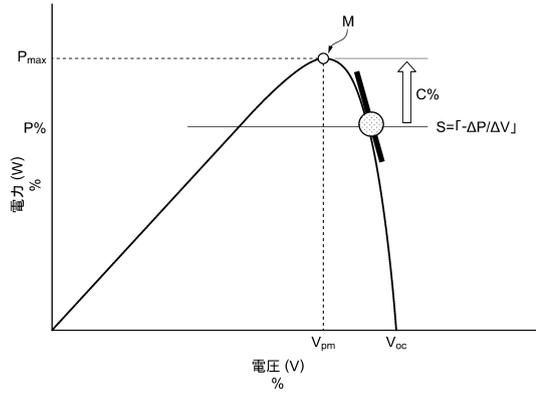
40

50

【 図 7 】



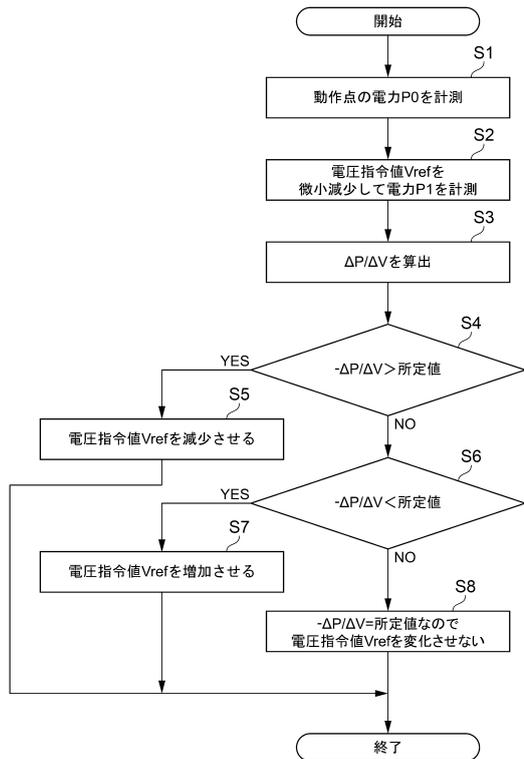
【 図 8 】



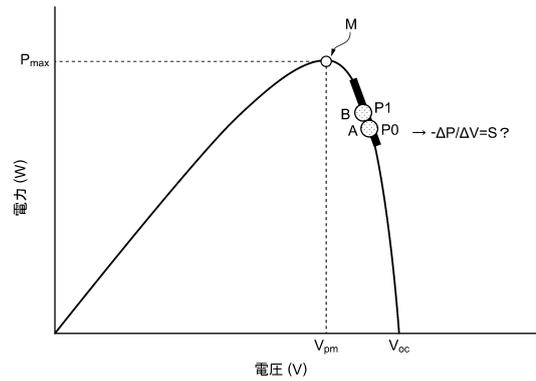
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】

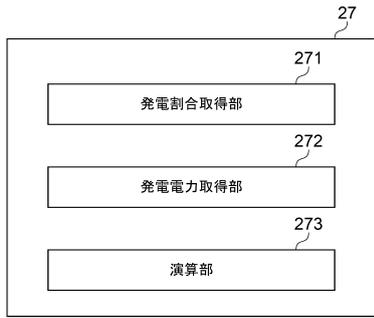


30

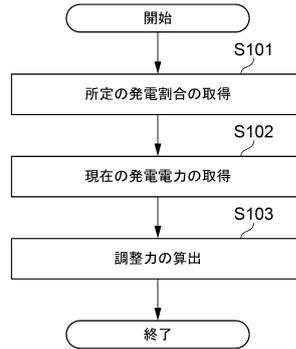
40

50

【図 1 1】



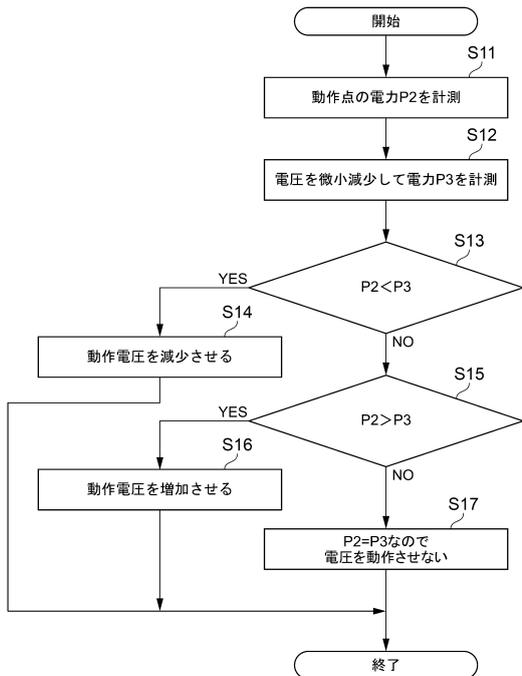
【図 1 2】



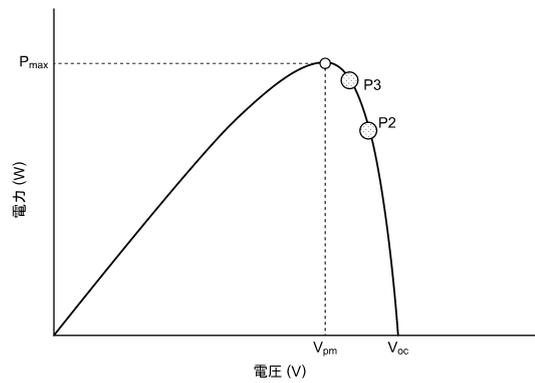
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

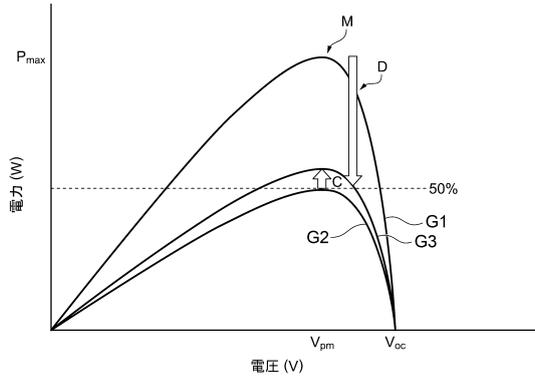


30

40

50

【図 15】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

Fターム(参考)

FF04 FF22 KK10