

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6546203号
(P6546203)

(45) 発行日 令和1年7月17日(2019.7.17)

(24) 登録日 令和1年6月28日(2019.6.28)

(51) Int.Cl. F I
G05F 1/67 (2006.01) G05F 1/67 A

請求項の数 13 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2016-574750 (P2016-574750)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(86) (22) 出願日	平成28年2月3日(2016.2.3)	(73) 特許権者	317015294 東芝エネルギーシステムズ株式会社 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/053159	(74) 代理人	100081961 弁理士 木内 光春
(87) 国際公開番号	W02016/129464	(72) 発明者	真木 康次 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
(87) 国際公開日	平成28年8月18日(2016.8.18)	(72) 発明者	餅川 宏 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
審査請求日	平成29年8月22日(2017.8.22)		
(31) 優先権主張番号	特願2015-24295 (P2015-24295)		
(32) 優先日	平成27年2月10日(2015.2.10)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力変換装置の制御装置、制御プログラム及び電力変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電力変換器に接続された電源の動作電圧又は動作電流を、所定のステップ幅で増加又は減少させて、前記電源の最大電力点を探索する探索部と、

前記探索部が、前記電源の動作電圧又は動作電流を、連続して増加させたか否か又は連続して減少させたか否かを判定する連続判定部と、

前記連続判定部が、所定の回数連続して増加又は減少したと判定した場合に、前記ステップ幅を増加させるステップ幅増加部と、

を有する電力変換器の制御装置。

【請求項2】

前記探索部が、前記電源の動作電圧又は動作電流の増加と減少を、所定の回数連続して繰り返したか否かを判定する繰返判定部と、

前記繰返判定部が、所定の回数連続して繰り返したと判定した場合に、前記ステップ幅を減少させるステップ幅減少部と、

を有する請求項1記載の電力変換器の制御装置。

【請求項3】

前記電力変換器をPWM制御する搬送波の分解能に基づいて、前記ステップ幅の最小幅を設定するステップ幅設定部を有する請求項1又は請求項2記載の電力変換器の制御装置。

【請求項4】

前記探索部による探索が、あらかじめ設定された探索範囲の上限に達した場合、次の探

索を前記探索範囲の下限から開始させ、前記探索部による探索が前記探索範囲の下限に達した場合、次の探索を前記探索範囲の上限から開始させる開始位置指示部と、を有する請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の電力変換器の制御装置。

【請求項 5】

前記探索部による探索が前記探索範囲の上限又は下限に所定の回数達すると、探索を停止させる探索停止部を有する請求項 4 記載の電力変換器の制御装置。

【請求項 6】

前記動作電圧又は動作電流の急変を抑制する抑制部を有する請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の電力変換器の制御装置。

【請求項 7】

前記抑制部は、前記動作電圧若しくは動作電流の指令値を通過させるローパスフィルタである請求項 6 記載の電力変換器の制御装置。

【請求項 8】

前記抑制部は、前記動作電圧若しくは動作電流の指令値に対して微分制限を行う請求項 6 記載の電力変換器の制御装置。

【請求項 9】

前記電力変換器は、直流電力を所定の周期の交流電力に変換する変換器であって、

前記探索部が最大電力点を探索する動作電圧又は動作電流として、前記交流電力の周期における所定の範囲の電圧値又は電流値の平均値を求める平均値演算部を有する請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の電力変換器の制御装置。

【請求項 10】

前記探索部における探索の開始点が、短絡電流又は開放電圧に相当する位置に設定されている請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の電力変換器の制御装置。

【請求項 11】

前記探索部における探索の開始点が、最大電力点に対して高電圧側に設定されている請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の電力変換器の制御装置。

【請求項 12】

電力変換装置に接続された太陽電池の動作電圧又は動作電流を、所定のステップ幅で増加又は減少させて、前記太陽電池の最大電力点を探索する探索処理と、

前記探索処理により、太陽電池の動作電圧又は動作電流が、所定の回数連続して増加したか否か又は連続して減少したか否かを判定する連続判定処理と、

前記連続判定処理により、所定の回数連続して増加又は減少したと判定された場合に、前記ステップ幅を増加させるステップ幅増加処理と、

を、コンピュータに実行させる電力変換装置の制御プログラム。

【請求項 13】

電力変換器と、

前記電力変換器を制御する変換器制御部と、

請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の制御装置と、

を有する電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、電源の最大電力点を探索する電力変換装置の制御装置、制御プログラム及び電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

太陽光発電装置、風力発電装置、燃料電池、蓄電池等の分散型電源は、負荷との接続や系統との連系のための電力変換装置が不可欠である。例えば、太陽光発電装置は、PCS (Power Conditioning System) と呼ばれる電力変換装置に接続することにより、所望の電力を系統へ供給できるように構成されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

現行のPCSは、多くの場合、昇圧のためのDC-DCコンバータ、直交変換のためのインバータと呼ばれる電力変換器と、その制御部を有している。また、PCSは、日射量が時々刻々と変化する中で、出力電力が最大となる最大電力点を追従させるMPPT (Maximum power point Tracker)制御部も有している。

【 0 0 0 4 】

MPPTでは、常に変動する気象条件等の下で、出力が最大となる電流×電圧の値、つまり最大電力点を自動で求める。このようなMPPTにおいて、最大電力点を探索する手法として一般的に採用されている手法が、山登り法である。山登り法とは、一定時間間隔で、電池電圧を所定のステップ幅で変化させ、出力電力の増減を確認し、常に出力電力が増加する方向に電圧を増減変化させることにより、最大電力点を探索する手法である。

10

【 0 0 0 5 】

このような山登り法の探索の技術として、以下のようなものが提案されている。

(1) 一次探索として、一定の電圧範囲内で設定された粗めの電圧ステップ幅で探索する。そして、複数の山の最も高い頂点付近を検出した後、二次探索として、一次探索よりも狭い電圧ステップ幅で探索する(例えば、特許文献1参照)。

【 0 0 0 6 】

(2) 一定の電圧範囲内を探索した後、発電電力と電圧の関係から近似曲線を計算し、曲線の曲率に応じて、電圧ステップ幅を設定する(例えば、特許文献2参照)。

20

【 0 0 0 7 】

(3) 電流-電圧曲線における最大電力点を挟んで、電流モードと電圧モードに分けて、電流モードでは、所定の電流ステップ幅で電流を変動させ、電圧モードでは、所定の電圧ステップ幅で電圧を変動させる(例えば、特許文献3参照)。

【 0 0 0 8 】

(4) 太陽電池に寄生している静電容量による検出誤差を低減する。つまり、電圧、電流を高速に変化させる際に、静電容量からの放電、充電により電流-電圧曲線が変化して、ヒステリシスループが発生する。この影響をなくすために、電圧の時間微分値がゼロになる時点の電圧、電流を検出している(例えば、特許文献4参照)。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

30

【 0 0 0 9 】

【特許文献1】特開2012-221151号公報

【特許文献2】特許第3359206号公報

【特許文献3】米国特許第8754627号明細書

【特許文献4】特許第4491622号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

ところで、上記の(1)~(4)の技術においては、ある一定範囲の電圧ステップ幅で、最大電力点を探索するモードが存在する。このため、探索に時間がかかり、発電機会の損失が生じる。

40

【 0 0 1 1 】

また、(4)のように、太陽電池に寄生している静電容量の影響を低減するために、時間微分する方法においては、電圧などの検出値が安定せず、微分値がゼロになりにくい。このため、微分値がある程度のしきい値以下になっていることから判断せざるを得ないが、この場合であっても何度も制御調整が必要となる。

【 0 0 1 2 】

さらに、最大電力点を高速に探索する場合、電力変換装置のエネルギーバッファであるコンデンサの電圧又はリアクトルの電流を高速に制御する必要がある。この場合、太陽電池の発電電力も急速に変化する。このような急速な変化は、高調波を発生させる。

50

【 0 0 1 3 】

しかし、電力変換装置の出力に接続される機器や系統によっては、急変してはいけない制約があるため、かかる高速な探索が困難な場合がある。このような制約としては、周辺への電波障害等を防止するための交流系統の高調波規制などがある。

【 0 0 1 4 】

これに対処するため、電力 - 電圧特性カーブを定期的にスキヤニングすること、電力制御幅を広げること等が考えられる。しかし、そのためには、部品点数が増える、高価な制御回路、素子が必要となる等により、コスト増となる。

【 0 0 1 5 】

本発明の実施形態は、上記のような従来技術の問題点を解決するために提案されたものであり、その主たる目的は、発電電力最大化制御において、最大電力点を高速に探索できるとともに、発電機会の損失を低減して大きな電力を得ることができ、制御調整が少なく済む電力変換装置の制御装置、制御プログラム及び電力変換装置を提供することにある。

10

【 0 0 1 6 】

また、実施形態の従たる目的は、探索時間を高速化しつつ、エネルギーバッファを小型化、低コスト化できる電力変換装置の制御装置、制御プログラム及び電力変換装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 7 】

上記のような目的を達成するため、実施形態の電力変換装置の制御装置は、電力変換装置に接続された電源の動作電圧又は動作電流を、所定のステップ幅で増加又は減少させて、前記電源の最大電力点を探索する探索部と、前記探索部が、前記電源の動作電圧又は動作電流を、連続して増加させたか否か又は連続して減少させたか否かを判定する連続判定部と、前記連続判定部が、所定の回数連続して増加又は減少したと判定した場合に、前記ステップ幅を増加させるステップ幅増加部と、を有する。

20

【 0 0 1 8 】

なお、他の態様として、上記の各部の機能をコンピュータに実行させるプログラムとして捉えることもできる。さらに、他の態様として、上記の電力変換装置及び制御装置を有する電力変換装置を構成することもできる。

【図面の簡単な説明】

30

【 0 0 1 9 】

【図 1】実施形態の電力変換装置を示すブロック図である。

【図 2】一般的な山登り法による M P P T 制御における電圧 - 電力特性を示す図である。

【図 3】第 1 の実施形態の M P P T 制御における電圧 - 電力特性を示す図である。

【図 4】第 1 の実施形態のステップ幅増加処理を示すフローチャートである。

【図 5】第 2 の実施形態の M P P T 制御部を示すブロック図である。

【図 6】第 2 の実施形態の M P P T 制御における電圧 - 電力特性を示す図である。

【図 7】第 2 の実施形態のステップ幅減少処理を示すフローチャートである。

【図 8】第 3 の実施形態の搬送波の分解能 (a)、電力変換装置のコンデンサ (b)、電圧の減少幅 (c) を示す説明図である。

40

【図 9】第 4 の実施形態の M P P T 制御部を示すブロック図である。

【図 1 0】第 4 の実施形態の開始位置制御を示す図である。

【図 1 1】第 5 の実施形態の M P P T 制御部を示すブロック図である。

【図 1 2】第 5 の実施形態の傾き制限を示す説明図である。

【図 1 3】第 6 の実施形態の M P P T 制御部を示すブロック図である。

【図 1 4】第 6 の実施形態の交流電圧の周期を示す説明図である。

【図 1 5】一定の大きなステップ幅で探索した場合の電圧指令、太陽電池電圧、発電電力を示す説明図である。

【図 1 6】一定の小さなステップ幅で探索した場合の電圧指令、太陽電池電圧、発電電力を示す説明図である。

50

【図17】ステップ幅を減少させて探索した場合の電圧指令、太陽電池電圧、発電電力を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

[第1の実施形態]

本実施形態が適用される電源システム100を、図1を参照して説明する。この電源システム100は、電源200、PCS300を有する。

[構成]

[電源]

電源200は、電力の供給源である。この電源200としては、例えば、分散型電源とすることができる。分散型電源は、大規模発電所と比較して、電力の需要地に近い場所に分散して配置される発電設備である。本実施形態に適用される電源200としては、発電電力が比較的不安定な、太陽光発電装置、風力発電装置等が適しているが、これに限定するものではない。燃料電池、蓄電池等にも適用可能である。以下の説明では、太陽光発電装置を電源200とする場合を例に説明する。

10

【0021】

[PCS]

PCS300は、電源200の発電電力を負荷や系統に応じた電力に変換する電力変換装置である。PCS300は、電力変換器400、制御装置500を有する。

【0022】

20

電力変換器400は、入力された電力の変換を行う回路である。電力変換器400は、例えば、電源200からの直流電圧を昇圧させるDC-DCコンバータ、直流電力を交流電力に変換して出力するインバータを有する。DC-DCコンバータ、インバータは、スイッチング素子を有し、オン、オフの切り替えにより、所望の電力を出力することができる。スイッチング素子は、GTO、MOSFET、IGBT、IEGT等の自己消弧型素子であり、電源及び駆動回路に接続されている。

【0023】

なお、電力変換器400は、上記の構成には限定されない。現在又は将来において利用可能な種々の変換器を適用可能である。例えば、直流電力を供給するために、DC-DCコンバータのみの電力変換器400を適用することもできる。また、DC-DCコンバータを省略したインバータのみの電力変換器400を適用することもできる。また、電力変換器400は、PCS300内にはなく太陽光発電装置などの各電源200に個別に設置されるDC-DCオプティマイザやマイクロインバータなどのMIC (Module Integrated Converter) であってもよい。

30

【0024】

制御装置500は、電力変換器400を制御する装置である。制御装置500は、コンピュータを所定のプログラムで制御することによって、若しくは専用の電子回路によって実現できる。この場合のプログラムは、コンピュータのハードウェアを物理的に活用することで、以下に述べるような各部の処理を実現するものである。なお、各部の処理を実行する方法、プログラム及びプログラムを記録した記録媒体も、実施形態の一態様である。また、ハードウェアで処理する範囲、プログラムを含むソフトウェアで処理する範囲をどのように設定するかは、特定の態様には限定されない。

40

【0025】

この制御装置500は、記憶部10、変換器制御部20、MPPT制御部30を有する。記憶部10は、PCS300による電力変換処理に必要な各種の情報を記憶する処理部である。記憶部10としては、半導体メモリ、ハードディスク等、現在又は将来において利用可能なあらゆる記憶媒体を使用できる。すでに情報が記憶された記憶媒体を、読み取り装置に装着することにより、記憶内容を各種の処理に利用可能となる態様で記憶部10を構成してもよい。

【0026】

50

た場合をいう。

【0035】

ステップ幅増加部33は、連続判定部32が、所定の回数連続して増加させた又は減少させたと判定した場合に、ステップ幅を増加させる処理部である。所定の回数は、あらかじめ記憶部10に設定される連続回数である。増加させる増分は、あらかじめ記憶部10に設定されるステップ幅を増加させる値である。増分の設定は、加算する量を設定することもできるし、増加させるために乗算する数値を設定することもできる。

【0036】

例えば、所定の回数が2回の場合に、図3の電力-電圧特性に示すように、探索部31が、動作電圧V1をV2、V3へと連続して2回、V1だけ増加させて、P1~P3へと電力を増大させていったとする。すると、ステップ幅増加部33は、さらにV1に増分を加えたV2を増加させる。

10

【0037】

さらに、図示はしないが、PCS300には、入力部及び出力部が接続されている。入力部は、PCS300の処理に必要な情報、処理の選択や指示を入力する構成部である。入力部を介して、作業員が、記憶部10に記憶される情報を入力することができる。入力部としては、キーボード、マウス、タッチパネル(表示装置に構成されたものを含む)、スイッチ、音声入力部等、現在又は将来において利用可能なあらゆる入力装置を含む。

【0038】

出力部は、PCS300における記憶部10に記憶された情報、各部の処理結果等を、作業員が認識可能となるように出力する構成部である。出力部としては、表示装置、プリンタ、メータ、ランプ、スピーカ、ブザー等、現在又は将来において利用可能なあらゆる出力装置を含む。例えば、表示装置に、処理中の情報を数値、グラフ等により表示させることにより、作業員が運転状態を確認することができる。なお、入力部、出力部は、PCS300の操作盤として構成されたものも、PCS300にケーブル又はネットワークを介して接続された操作用のコンピュータ端末として構成されたものも含む。

20

【0039】

[作用]

本実施形態の作用を、図3及び図4を参照して説明する。なお、以下の例は、電力変換器400の動作電圧を変化させて電力最大化制御を行う場合である。動作電流を変化させて電力最大化制御を行う場合も、基本的には同様の処理である。

30

【0040】

(処理の概要)

本実施形態のMPPT制御部30は、まず、図3に示すように、電力がP1~P3へと増える方向に、低電圧から高電圧へ一定の電圧のステップ幅v1で変化させる。このように、電圧を同じ方向に複数回変化させている場合には、最大電力点Pmaxに達していないことに相当する。この場合、MPPT制御部30は、ステップ幅を、v1よりも大きなv2に増加させることにより、速く最大電力点Pmaxにたどり着けるように制御する。

【0041】

(処理手順)

以上のような本実施形態におけるステップ幅の増加処理の手順を、図4のフローチャートを参照して説明する。なお、この増加処理は、探索部31による電力最大化処理の継続中に連続して行われている処理のうち、一部を抽出して示すものである。つまり、ステップ幅を増加させる一回当たりの処理を説明する。

40

【0042】

連続判定部32は、探索部31によるMPPT制御の開始時に、連続回数を示す変数Nを初期化する(ステップS01)。そして、連続判定部32は、探索部31が探索中、電圧値を連続して増加させたか否か又は連続して減少させたか否かを判定する(ステップS02)。連続判定部32は、探索部31が電圧値を連続して増加又は連続して減少させた

50

と判定した場合に（ステップS 0 3のYES）、連続回数を示す変数Nをインクリメントする（ステップS 0 4）。

【0043】

次に、連続判定部32は、変数Nが所定の回数Yに達したか否かを判定する（ステップS 0 5）。連続判定部32が、所定の回数Yに達していないと判定した場合（ステップS 0 6のNO）、連続判定処理に戻る（ステップS 0 2）。さらに、連続判定部32は、探索部31が電圧値を連続して増加又は連続して減少させたと判定した場合（ステップS 0 3のYES）、変数Nをインクリメントする（ステップS 0 4）。

【0044】

ステップ幅増加部33は、変数Nが所定の回数Yに達したか否かを判定する（ステップS 0 5）。ステップ幅増加部33が、所定の回数Yに達したと判定した場合（ステップS 0 6のYES）、探索部31による探索のステップ幅を増加させる（ステップS 0 7）。

【0045】

一方、ステップS 0 2で、連続判定部32が、電圧値が連続して増加していない又は連続して減少していないと判定した場合には（ステップS 0 3のNO）、変数Nを初期化する（ステップS 0 1）。このため、連続して動作電圧が増加又は減少した場合にのみ、ステップ幅の増加処理の対象となる。

【0046】

探索部31は、引き続き増加したステップ幅での探索を行うが、その後も、電圧値を連続して増加又は減少させた場合、上記のステップ幅の増加処理が行われる。

【0047】

[効果]

本実施形態の電力変換器400の制御装置500は、電力変換器400に接続された電源200の動作電圧又は動作電流を、所定のステップ幅で増加又は減少させて、電源200の最大電力点を探索する探索部31と、探索部31が、電源200の動作電圧又は動作電流を、連続して増加させたか否か又は連続して減少させたか否かを判定する連続判定部32と、連続判定部32が、所定の回数連続して増加した又は減少したと判定した場合に、ステップ幅を増加させるステップ幅増加部33と、を有する。

【0048】

探索部31が、電圧値が所定の回数、連続して増加又は減少する方向に探索しているということは、発電電力が最大となるポイントではないことを意味している。本実施形態では、このように電圧値が所定の回数増加していることを検知して、ステップ幅を増加することができる。これにより、発電電力が最大となるポイントに速くたどり着くことができ、発電機会の損失を低減して、発電により得られる電力量を増加させることができる。

【0049】

探索部31における探索の開始点が、短絡電流又は開放電圧に相当する位置に設定されている場合には、最大電力点に対して遠い位置から開始することになる。この場合、本実施形態によるステップ幅の増加又は減少による探索の高速化が有効になる。

【0050】

さらに、探索部31における探索の開始点を、最大電力点に対して高電圧側に設定することもできる。この場合、図2及び図3に示すように、低電圧側よりも、電力-電圧特性の曲線の傾斜が急になっているので、より高速に最大電力点に近づくことができる。例えば、開放電圧から探索を開始するとよい。

【0051】

[第2の実施形態]

[構成]

本実施形態は、基本的には、上記の第1の実施形態と同様の構成である。但し、本実施形態のMPP制御部30は、図5に示すように、繰返判定部34、ステップ幅減少部35を有する。繰返判定部34は、探索部31が、電源200の動作電圧又は動作電流の増加と減少を繰返したか否かを判定する処理部である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

ステップ幅減少部 3 5 は、繰返判定部 3 4 が、所定の回数連続して繰り返したと判定した場合に、ステップ幅を減少させる処理部である。所定の回数は、あらかじめ記憶部 1 0 に設定され、最大電力点の前後で生じると想定される増減の繰り返しの回数である。減少させる減分は、あらかじめ記憶部 1 0 に設定されるステップ幅を減少させる値である。減分の設定は、減算する量を設定することもできるし、減少させるために乗算又は除算する数値を設定することもできる。

【 0 0 5 3 】

[作用]

本実施形態の作用を、図 6 及び図 7 を参照して説明する。なお、以下の例は、電力変換器 4 0 0 の動作電圧を変化させて電力最大化制御を行う場合である。動作電流を変化させて電力最大化制御を行う場合も、基本的には同様の処理である。

(処理の概要)

電圧のステップ幅が大きい場合、探索する時間は短くなるものの、発電電力が一時的に下がる場合がある。逆に、電圧のステップ幅が小さい場合、探索時間は長くなるものの、発電電力が低下しない。このトレードオフから抜け出すために、発電電力が最大となるポイントに遠い場合、近い場合を、山登り法の動作から推定し、遠い場合には電圧ステップを増加させ、近い場合には電圧ステップを減少させる。

【 0 0 5 4 】

つまり、本実施形態は、基本的には、第 1 の実施形態と同様な動作を行う。但し、図 6 に示すように、探索部 3 1 による山登り法の探索では、電源 2 0 0 の電圧が、最大電力点付近に来た場合、電圧値の増加及び減少を繰り返す。このような増加及び減少を、右往左往すると表現する。

【 0 0 5 5 】

このように、右往左往している状態においては、最大電力点がこの範囲にある可能性が高い。このため、ステップ幅を減少させて、最大電力点に到達させることで、定常状態における発電電力を安定して増加させることができる。

【 0 0 5 6 】

(処理手順)

以上のような本実施形態におけるステップ幅の増加処理の手順を、図 7 のフローチャートを参照して説明する。なお、この処理は、探索部 3 1 による電力最大化処理の継続中に連続して行われている処理のうち、一部を抽出して示すものである。つまり、ステップ幅を減少させる一回当たりの処理を説明する。また、この処理は、上記の第 1 の実施形態の処理により、探索部 3 1 による探索が最大電力点近傍に来た場合に行われる処理である。

【 0 0 5 7 】

繰返判定部 3 4 は、探索部 3 1 による M P P T 制御の開始時に、繰返回数を示す変数 R を初期化する (ステップ S 1 1) 。そして、繰返判定部 3 4 は、探索部 3 1 が探索中、電圧値の増加に続いて減少させたか否か又は減少に続いて増加させたか否かを判定する (ステップ S 1 2) 。繰返判定部 3 4 は、電圧値の増加に続いて減少させた又は減少に続いて増加させたと判定した場合に (ステップ S 1 3 の Y E S) 、繰返回数を示す変数 R をインクリメントする (ステップ S 1 4) 。

【 0 0 5 8 】

次に、ステップ幅減少部 3 5 は、変数 R が所定の回数 Z に達したか否かを判定する (ステップ S 1 5) 。ステップ幅減少部 3 5 が、所定の回数 Z に達していないと判定した場合 (ステップ S 1 6 の N O) 、増加及び減少判定処理に戻る (ステップ S 1 2) 。

【 0 0 5 9 】

さらに、繰返判定部 3 4 は、探索部 3 1 が電圧値の増加及び減少をさせたと判定した場合 (ステップ S 1 3 の Y E S) 、変数 R をインクリメントする (ステップ S 1 4) 。ステップ幅減少部 3 5 は、変数 R が所定の回数 Z に達したか否かを判定する (ステップ S 1 5) 。ステップ幅減少部 3 5 が、所定の回数 Z に達したと判定した場合 (ステップ S 1 6 の

10

20

30

40

50

YES)、探索部31による探索のステップ幅を減少させる(ステップS17)。

【0060】

一方、ステップS12で、繰返判定部34が、電圧値の増加及び減少をさせていないと判定した場合(ステップS13のNO)、変数Rを初期化する(ステップS11)。このため、連続して動作電圧が増加及び減少した場合にのみ、ステップ幅の減少処理の対象となる。

【0061】

探索部31は、引き続き減少したステップ幅での探索を行うが、その後も、増減を繰り返す毎に、上記のステップ幅の減少処理を行い、最大電力点を探索する。

【0062】

[効果]

本実施形態は、上記の第1の実施形態の構成に加えて、探索部31が、電源200の動作電圧又は動作電流の増加と減少を、所定の回数連続して繰り返したか否かを判定する繰返判定部34と、繰返判定部34が、所定の回数連続して繰り返したと判定した場合に、ステップ幅を減少させるステップ幅減少部35とを有する。

【0063】

このため、まず、第1の実施形態と同様に、動作電圧の増加が連続している場合、最大電力点まで遠いと推定できるので、ステップ幅を増加させて、探索時間を短くすることができる。さらに、動作電圧の増加と減少を繰り返している場合、最大電力点に近いと推定できるので、ステップ幅を減少させて、発電電力の低下を防止している。このように、第1の実施形態に加えて、本実施形態の動作を組み合わせることで、短時間での探索と発電電力の最大化が両立できるという効果が得られる。

【0064】

[第3の実施形態]

本実施形態は、基本的には、上記の第2の実施形態と同様の構成である。但し、記憶部10にあらかじめ設定されるステップ幅の最小値が、変換器制御部20が、変調波と比較する搬送波の分解能に基づいて設定されている。つまり、デジタル制御を行う場合、図8(a)に示すように、搬送波は、変調波との比較を行う制御周期として、最小の分解能nが存在する。

【0065】

本実施形態においては、この分解能nを、上記の第2の実施形態のように、ステップ幅を減少させていった場合の最小ステップ幅とする。例えば、電力変換器400が電圧型である場合には電圧を、電流型である場合は電流を、変調波と比較する搬送波の分解能にする。

【0066】

図8(b)に、電圧型の電力変換器400の場合の例を示す。通常、電圧型の電力変換器400は、コンデンサCをエネルギーバッファとして、電圧でエネルギーを蓄積している。エネルギーの蓄積量で、ある程度電圧が変動する。この変動幅を、 $V_{max} \sim V_{min}$ とすると、図8(c)に示すように、最小値 V_{min} を搬送波の分解能nで除算した値を、電圧値 V_c から減少させる最小のステップ幅 V とする。

【0067】

これにより、電源200の電圧-電力特性において、発電電力の低下防止を図り、定常的な発電電力の最大化が可能となる。なお、電流型の電力変換器400であって、リアクトルをエネルギーバッファとして用いる場合にも、電流値を減少させる最少のステップ幅を、分解能を基準に設定してもよい。なお、ステップ幅を、必ずしも最小分解能に一致させる必要はない。例えば、十分に分解能が高ければ、最小分解能の2倍等でもよい。

【0068】

[第4の実施形態]

[構成]

本実施形態は、基本的には、上記の第2の実施形態と同様の構成である。但し、本実施

10

20

30

40

50

形態のMPP T制御部30は、図9に示すように、開始位置指示部36、探索停止部37を有する。また、記憶部10には、探索部31による探索範囲が、あらかじめ設定されている。探索範囲は、探索する電圧又は電流の上限と下限である。

【0069】

このような探索範囲を設定する理由は、主として以下の通りである。

(1) 探索時間を優先するか正確な探索を優先するかの戦略的理由

(2) 電力変換器400の仕様上の制約

【0070】

(1)については、まず、探索範囲としての最大限は、短絡電流と開放電圧に相当する範囲である。この探索範囲を調整することにより、探索時間を調整することができる。例えば、経験的に最大電力点となる可能性が高い範囲で探索範囲を設定することにより、短時間での探索が可能となる。但し、例えば、太陽光パネルの電流 - 電圧特性を示す曲線が、複数のピーク点を示す場合がある。この場合、敢えて探索範囲を絞れば、その範囲内のピーク点のみを探索するので、短時間に探索できる。一方、探索範囲を広げれば、探索時間はかかるが、本当の最大電力点を探索できる可能性を高めることができる。つまり、探索範囲を設定するのは、探索時間との関係で、ピーク点をどこまで探索するかという戦略的な理由がある。

10

【0071】

(2)については、電力変換器400としては、MPP T制御において、低い電圧まで探索しようとする、短絡電流に近づくので、大電流が流れることになる。しかし、電力変換器400の仕様上、流すことができる電流には制限があるため、この制限を超える探索ができない場合がある。つまり、電力変換器400として操作できる電圧又は電流の上限、下限は必ず存在する。このため、探索範囲の上限と下限は、電力変換器400の設計に合わせて設定することが考えられる。つまり、探索範囲を設定するのは、電力変換器400としての固有の制約があるという理由がある。

20

【0072】

本実施形態における探索範囲は、特定の範囲には限定されないが、上記の(1)(2)を考慮した適切な範囲とすることができる。一例として、温度係数による変動幅、製品による変動幅、検出誤差、マージンのうちのいずれか又はこれらの一部若しくは全部を組み合わせた範囲とすることが考えられる。温度係数による変動幅とは、例えば、光の強度、スペクトル、温度等の測定条件について定められた基準状態(STC)における最大電力点の温度係数によるバラつきである。製品による変動幅とは、量産される電源200の各製品に生じるバラつきである。検出誤差は、センサ、制御装置500等において生じうる検出値の誤差である。マージンは、範囲に余裕をもたせるための範囲である。

30

【0073】

開始位置指示部36は、探索部31による探索が、あらかじめ設定された探索範囲の上限に達した場合、次の探索を探索範囲の下限から開始させ、探索部31による探索が探索範囲の下限に達した場合、次の探索を探索範囲の上限から開始させる処理部である。探索停止部37は、探索部31による探索が探索範囲の上限又は下限に所定の回数達すると、探索を停止させる処理部である。この所定の回数は、あらかじめ記憶部10に設定されている。

40

【0074】

[作用]

以上のような本実施形態の作用を、図10を参照して説明する。図10は、電圧 - 電力特性における探索範囲の上限及び下限を示す。例えば、電源200は、外部の環境の変化によって、電圧 - 電力特性が大きく変化する。例えば、太陽電池は、温度やセル間の照度バラつきによって、さまざまな形に電圧 - 電力カーブが変化する。このため、意図しない動作をすることが考えられる。

【0075】

本実施形態においては、図10に示すように、開始位置指示部36は、探索部31によ

50

る探索が、探索範囲の下限に達した場合に、上限から動作を再開させる。また、これとは逆に、開始位置指示部 3 6 は、探索部 3 1 による探索が、探索範囲の上限に達した場合に、下限から動作を再開させる。これにより、探索部 3 1 は、必ず範囲内の最大点を探すように動作する。

【 0 0 7 6 】

探索停止部 3 7 は、探索部 3 1 による探索が探索範囲の上限又は下限に所定の回数達すると、探索を停止させる。つまり、上記のような動作を所定の回数だけ繰り返した場合は、探索部 3 1 は、上限又は下限で動作を停止する。

【 0 0 7 7 】

[効果]

上記のように、電圧 - 電力特性は、図 1 0 に示したような特性となるわけではない。しかし、山登り法による探索では、少なからず最大点とは違う山を探しに行くことがあり、それによって、発電電力最大化制御の探索範囲の上限、下限で止まってしまい、発電電力の最大点にたどり着かないことがある。

【 0 0 7 8 】

例えば、探索中に、電力は上昇しているにもかかわらず、上限又は下限に達した場合に、その状態に嵌って抜け出せなくなる場合がある。このような場合、特定のアルゴリズムで回避することも可能である。

【 0 0 7 9 】

しかし、本実施形態では、上記のようなアルゴリズムを不要として、下限に達した場合、上限に戻って探索を再開し、上限に達した場合、下限に戻って探索を再開するという単純な処理によって、上限、下限で止まってしまうことが防止され、最大電力点に確実に到達できる。

【 0 0 8 0 】

但し、必ずしも上限、下限で止まることが悪いわけではなく、最大電力点を探索した結果の可能性もある。このため、上記のような動作を所定の回数だけ繰り返した場合は、上限、下限で動作を停止することができる。

【 0 0 8 1 】

[第 5 の実施形態]

[構成]

本実施形態は、基本的には、上記の第 2 の実施形態と同様の構成である。但し、図 1 1 に示すように、本実施形態の M P P T 制御部 3 0 は、動作電圧又は動作電流の急変を抑制する抑制部 3 8 を有する。この抑制部 3 8 は、例えば、発電電力最大化制御の電圧又は電流の指令値に対して、微分制限をする処理部である。つまり、抑制部 3 8 は、指令値に対して、傾き制限として $d v / d t$ 又は $d i / d t$ を入れることにより、急増、急減を抑制する。

【 0 0 8 2 】

[作用]

以上のような本実施形態の作用を、図 1 2 を参照して説明する。本実施形態においては、探索部 3 1 による探索において、抑制部 3 8 が、微分制限により、変換器制御部 2 0 に対する電圧又は電流の指令値の急増、急減を抑制する。これにより、電力変換器 4 0 0 のエネルギーバッファとなっているコンデンサの電圧又はリアクトルの電流の急増、急減が少なくなる。

【 0 0 8 3 】

制御周期は一定であるので、例えば、電圧のステップ幅を増やせば増やす程、エネルギーがエネルギーバッファに急激に流れ込んできて破綻する可能性が生じる。このため、抑制部 3 8 による抑制を行い、急峻な流れ込みを防止している。

【 0 0 8 4 】

動作電圧又は動作電流を変化させる時間間隔を変化させなくても、発電電力の急変を抑制することができるため、探索時間には影響しない。なお、抑制部 3 8 として、ローパス

10

20

30

40

50

フィルタを適用することによっても、上記と同様の処理を実現できる。

【 0 0 8 5 】

[効果]

以上のような本実施形態では、エネルギーバッファであるコンデンサの電圧又はリアクトルの電流を高速に制御できない場合においても、エネルギーバッファを小型化、低コスト化することができる。その結果、電力変換装置 1 0 0 の小型化、低コスト化が可能となる。

【 0 0 8 6 】

[第 6 の実施形態]

[構成]

本実施形態は、基本的には上記の第 2 の実施形態と同様の構成である。但し、本実施形態における M P P T 制御部 3 0 は、図 1 3 に示すように、平均値演算部 3 9 を有する。平均値演算部 3 9 は、探索部 3 1 が最大電力点を探索する動作電圧又は動作電流として、交流電力の周期における所定の範囲の電圧値又は電流値の平均値を求める処理部である。

【 0 0 8 7 】

[作用]

以上のような本実施形態の作用を、図 1 4 を参照して説明する。まず、上記のように、探索部 5 1 は、山登り法で発電電力の増減を確認する。この場合、電力変換器 4 0 におけるスイッチング素子のスイッチの切り替えによる電圧又は電流の変動や、電力変換装置の出力が交流であった場合の変動がある。このため、常に一定の電力が維持されているわけではなく、微細な増減が生じている。

【 0 0 8 8 】

例えば、このような振動成分については、電力変換器 4 0 0 の入力側である電源 2 0 0 側に、コンデンサを追加することにより取り除く方法が考えられる。しかし、電力変換器 4 0 0 の出力の周波数による振動成分は、比較的周波数となり、振動成分を取りきれない。または、追加するコンデンサが大型化してしまうという問題がある。

【 0 0 8 9 】

本実施形態においては、平均値演算部 3 9 が、探索部 3 1 が、電圧又は電流の変動によって発電電力の増減を誤って判断しないように、平均電力を求める。ここで、交流による電力脈動は、単相であれば 2 倍周波数、3 相であれば 6 倍周波数が支配的となる。このため、平均値演算部 3 9 が、例えば、交流の半周期 s で平均電力を演算することで、探索部 3 1 においては、変動分を無視することができる。

【 0 0 9 0 】

さらに、現在の単相系統においては、半波整流器など、電圧が正または負であるときだけしか電流が流れない負荷からの高調波の影響を受けて、電力変換器 4 0 0 が制御する電力に、1 倍周波数、つまり交流周波数が混在することがある。その場合は、平均値演算部 3 9 は、交流の 1 周期 S で平均電力を演算する。これにより、探索部 3 1 は、変動分を無視することができる。

【 0 0 9 1 】

[効果]

以上のように、本実施形態によれば、電力変換器 4 0 0 の入力側に大型のコンデンサを必要とせずに、発電電力の増減を誤って判断することを防止できる。このため、電力変換装置 1 0 0 の小型化、低コスト化、制御精度向上が可能となる。

【 0 0 9 2 】

[実施例]

さらに、上記の実施形態の効果を示す実施例を、図 1 5、図 1 6、図 1 7 を参照して説明する。図 1 5、図 1 6、図 1 7 は、全て横軸は時間 [s] であり、上段の縦軸は電圧指令 [V]、中段の縦軸が電源としての太陽電池電流 [A]、下段の縦軸が時間毎の発電電力 [W] を示す。各図の横の吹き出しは、上段、中段、下段のグラフの一部を拡大した図である。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 3 】

そして、図 1 5 は電圧ステップ幅を比較的大きい一定の値に設定した場合の比較例、図 1 6 は電圧ステップ幅を比較的小さい一定の値に設定した場合の比較例、図 1 7 は、第 2 の実施形態のように、電圧ステップ幅を可変とした場合の実施例である。

【 0 0 9 4 】

図 1 5 は、発電電力最大化制御においては、電圧ステップ幅を大きくしているため、制御を開始してから最大発電電力点の発見までに要する時間は短い。しかし、電圧ステップ幅が大きいため、発電電力が一時的に下がってしまうステップが存在する。そのため、最大発電電力点の発見は速いものの、発電電力量が低下してしまう。

【 0 0 9 5 】

図 1 6 は、発電電力最大化制御においては、電圧ステップを小さくしているため、発電電力が一時的に下がってしまうステップが少なく、逆に最大発電電力点の発見までに要する時間は長い。そのため、最大電力点の発見が遅く、太陽電池に照射されている太陽光が時々刻々とするのに追従できず、発電機会を失い、結果として発電電力量が低下してしまう。

【 0 0 9 6 】

図 1 7 は、本実施形態の実施例であり、電圧ステップを可変した場合の動作波形である。最大発電電力の発見に要する時間は短く、そこから電圧ステップを小さくしていくことで、発電電力が一時的に下がってしまうこともないため、最大発電電力点の発見が早く、なおかつ発電電力量が大きくなる。

【 0 0 9 7 】

なお、図 1 7 の実施例は、電圧ステップを小さくしていく動作を示すために回路解析したものである。但し、第 1 の実施形態で示したように、逆に電圧ステップを大きくしていく動作もある。両者は、ほぼ同様の動作となるため、説明を割愛する。また、電圧ステップを小さくしていく変化量又は大きくしていく変化量については、特に限定していない。つまり、電圧ステップを小さくしていく動作では、4 V 3 V 2 V 1 V と動作し、電圧ステップを大きくしていく動作では、1 V 3 V 4 V でもよい。

【 0 0 9 8 】

[他の実施形態]

(1) 本実施形態は、上記のような態様には限定されない。例えば、電力変換装置を構成する電力変換器、接続される電源は、上記のように種々のものが考えられる。このため、電力変換装置についても、いわゆる P C S と呼ばれる装置には限定されず、M P P T 制御及び変換器制御が可能である装置であればよい。また、電力変換装置を、多数の太陽電池モジュールのそれぞれに接続されるマイクロインバータとして構成することもできる。

【 0 0 9 9 】

(2) 実施形態に用いられる情報の具体的な内容、値は自由であり、特定の内容、数値には限定されない。例えば、記憶部に設定される設定値としての好ましい値は、電源の発電状況、電源及び電力変換器の仕様等の種々の要因に依存するため、種々の値が考えられる。また、電源及び電力変換器の運転状況に応じて、設定値を動的に変更してもよい。さらに、実施形態において、設定値に対する大小判断、一致不一致の判断等において、以上、以下として値を含めるように判断するか、より大きい、上回る、より小さい、下回るとして値を含めないように判断するかの設定も自由である。

【 0 1 0 0 】

(3) 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【 符号の説明 】

10

20

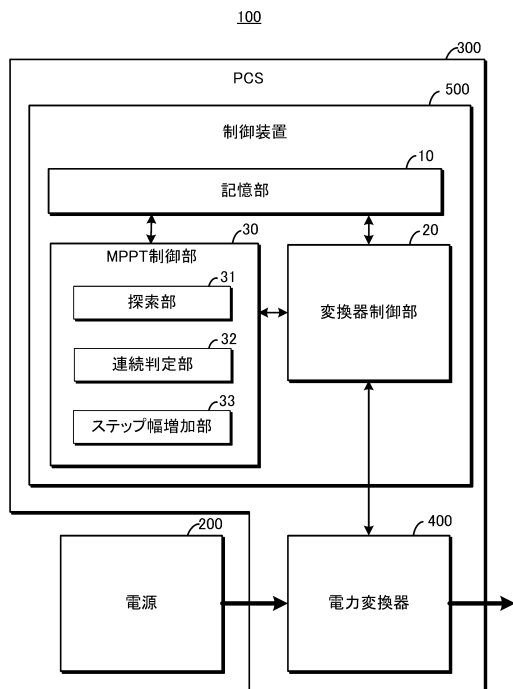
30

40

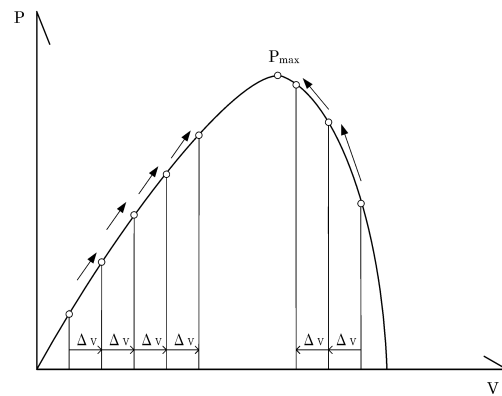
50

- 【 0 1 0 1 】
- 1 0 0 電源システム
- 2 0 0 電源
- 3 0 0 P C S
- 4 0 0 電力変換器
- 5 0 0 制御装置
- 1 0 記憶部
- 2 0 変換器制御部
- 3 0 M P P T 制御部
- 3 1 探索部
- 3 2 連続判定部
- 3 3 ステップ幅増加部
- 3 4 繰返判定部
- 3 5 ステップ幅減少部
- 3 6 開始位置指示部
- 3 7 探索停止部
- 3 8 抑制部
- 3 9 平均値演算部

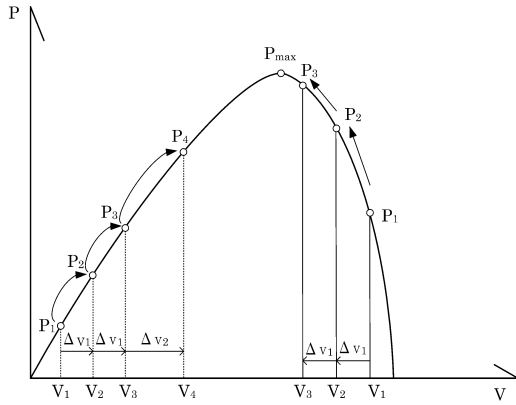
【 図 1 】



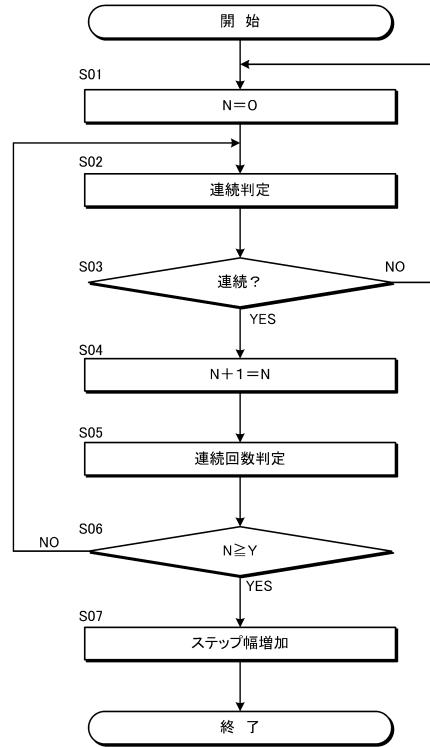
【 図 2 】



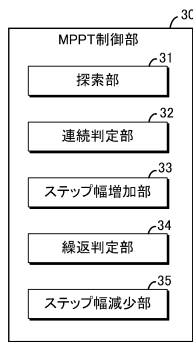
【図3】



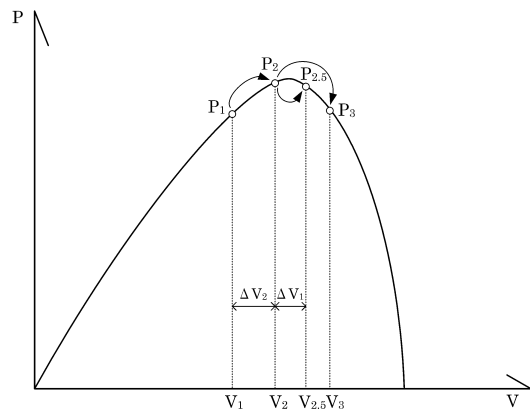
【図4】



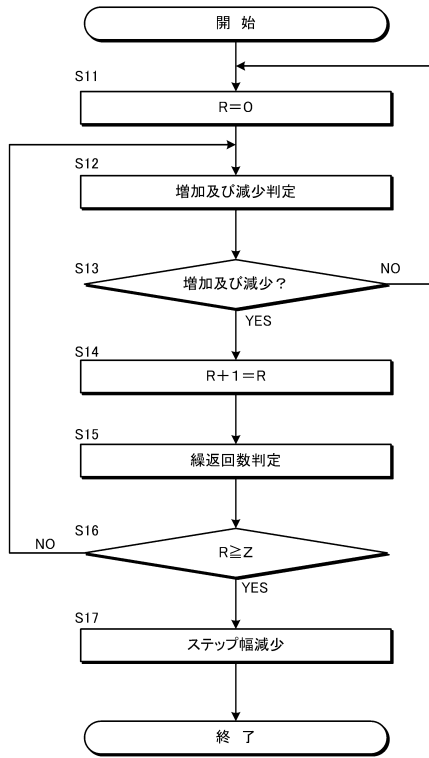
【図5】



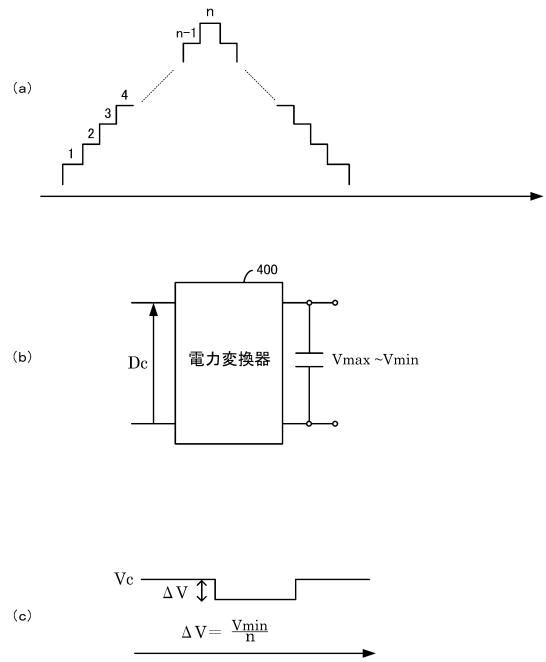
【図6】



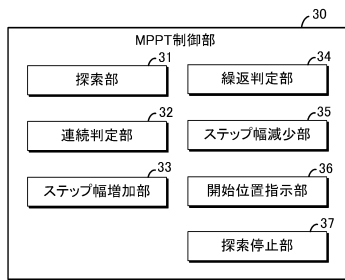
【図7】



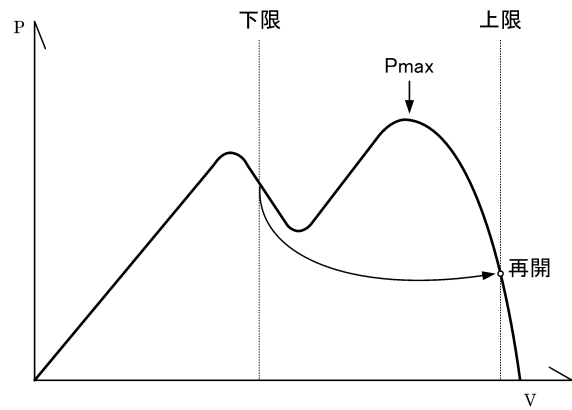
【図8】



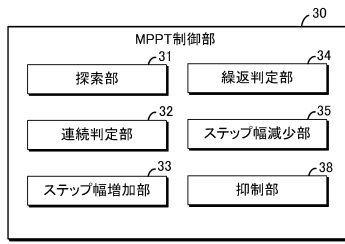
【図9】



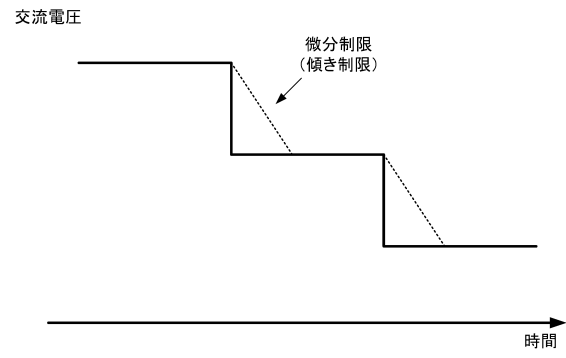
【図10】



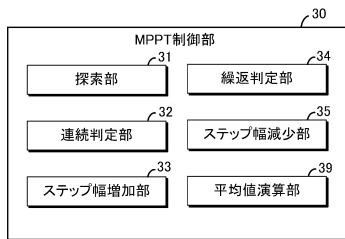
【図 1 1】



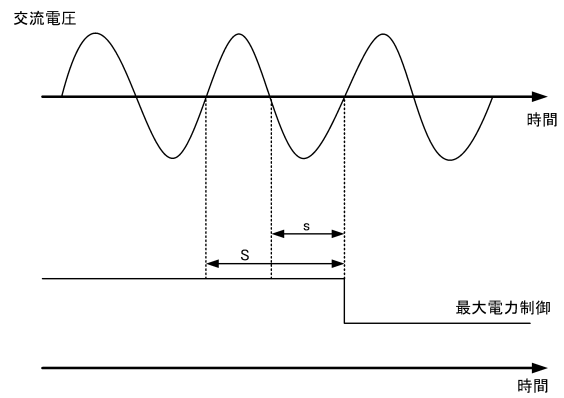
【図 1 2】



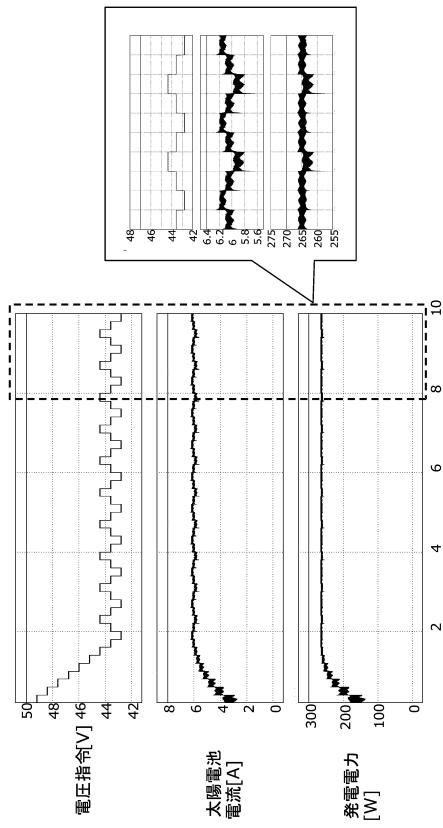
【図 1 3】



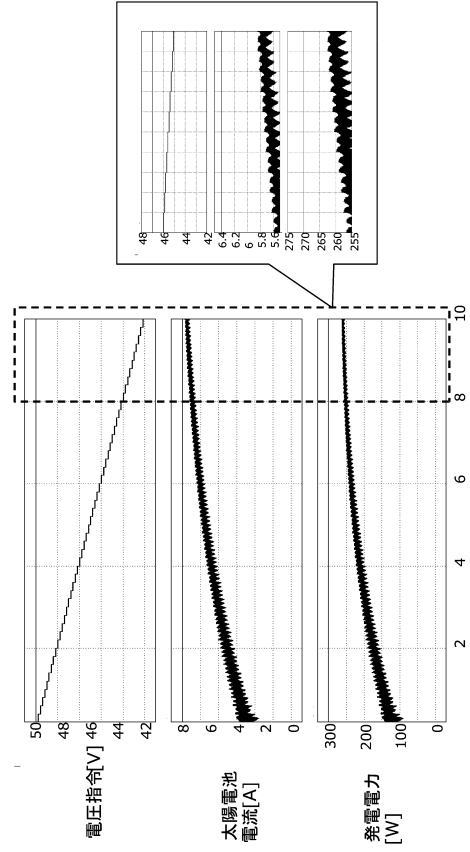
【図 1 4】



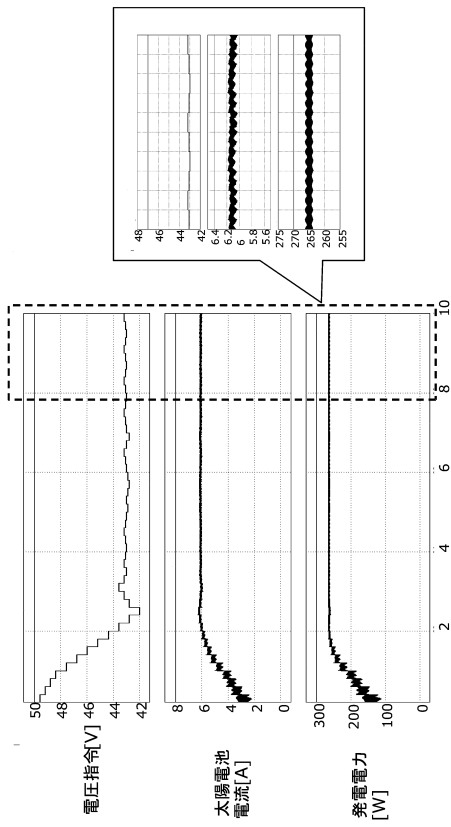
【 図 15 】



【 図 16 】



【 図 17 】



フロントページの続き

(72)発明者 柳本 真吾
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 坂東 博司

(56)参考文献 特開2014-146279(JP,A)
特開2012-221151(JP,A)
米国特許出願公開第2007/0137688(US,A1)
米国特許第08754627(US,B1)
CHAO ZHANG et al, A modified MPPT method with variable perturbation step for photovoltaic system, IEEE 6TH INTERNATIONAL POWER ELECTRONICS AND MOTION CONTROL CONFERENCE, 2009: IPEMC '09; WUHAN, CHINA, 米国, IEEE, 2009年 5月17日, pp.2096-2099
FANGRUI LIU, SHANXU DUAN, FEI LIU, BANGYIN LIU, and YONG KANG, A Variable Step Size INC MPPT Method for PV Systems, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, IEEE, 2008年 7月31日, VOL. 55, NO.7, , pp.2622-2628
AHMED K. ABDELSALAM, AHMED M. MASSOUOD, SHEHAB AHMED, PRASAD N. ENJETI, High-Performance Adaptive Perturb and Observe MPPT Technique for Photovoltaic-Based Microgrids, IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, 米国, IEEE, 2011年 4月 4日, vol.26, pp.1010-1021

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G05F 1/67