

(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2016-139378

(P2016-139378A)

(43) 公開日 平成28年8月4日(2016.8.4)

(51) Int.Cl.	F 1			テーマコード (参考)		
G05F 1/67 (2006.01)	G05F 1/67	A	5H007			
H02M 7/48 (2007.01)	H02M 7/48	R	5H420			

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2015-15318 (P2015-15318)
 (22) 出願日 平成27年1月29日 (2015.1.29)

(71) 出願人 503361400
 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
 東京都調布市深大寺東町七丁目4番地1
 (74) 代理人 100092093
 弁理士 辻居 幸一
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 禎男
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭
 (74) 代理人 100086771
 弁理士 西島 孝喜
 (74) 代理人 100109070
 弁理士 須田 洋之
 (74) 代理人 100109335
 弁理士 上杉 浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光電池の動作点制御方法、及び、光電池システムとその制御方法

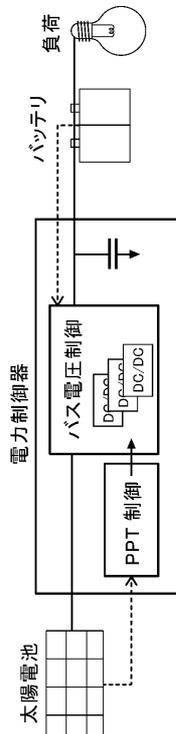
(57) 【要約】

【課題】 制御安定性と高速応答性、そして追尾効率性を備えた光電池の動作点制御方法、及び関連する方法、システムを提供することを課題とする。

【解決手段】

光電池の出力電力を、スイッチ式の電力制御器を介して負荷側に出力する光電池システムにおいて、スイッチングの時比率変更幅を2段階の固定値とし、動作点が最大電力点を越えたことに応じて、大きい変更幅から小さい変更幅へと（高速モードから高分解能モードへと）切り替えを行う。さらに、時比率調整の時間間隔を、出力電力の変化量に応じて可変としてもよい。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

スイッチを有する電力制御器を介して光電池の出力電力を負荷側へと出力する光電池システムを用いて実施される方法であって、

前記スイッチのオンオフ切り替えの時比率を変更することにより、前記光電池の動作電圧を変化させる段階と、

前記動作電圧の変化により前記光電池の出力電力が増加した場合には、該動作電圧の該変化と同じ方向へと、減少した場合には異なる方向へと、前記時比率を再び変更することにより該光電池の動作電圧を再び変化させる段階と

を備えることにより、前記光電池の動作電圧を繰り返し変化させ、該光電池の動作点を最大電力点に向かって制御するよう構成され、

前記光電池の動作点の前記最大電力点に向かった前記制御における前記時比率の変更幅としては、第一の変更幅と、該第一の変更幅よりも小さい第二の変更幅とのいずれかを用い、該第一の変更幅を用いた該時比率の変更により前記動作点が前記最大電力点を越えて移動したと判断された時に、用いる変更幅を該第二の変更幅へと切り替える

よう更に構成された、光電池の動作点制御方法。

【請求項 2】

前記時比率の変更を繰り返す時間間隔を、前記光電池の出力電力の変化量に応じて調整するよう更に構成された、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記電力制御器から前記負荷側へと出力される出力電圧の値が所定の設定電圧値以上であることを条件として、又は該設定電圧値を超えることを条件として、該条件が満たされない場合に請求項 1 又は 2 に記載の方法を実施し、前記光電池の動作点を前記最大電力点に向かって制御する段階と、

前記条件が満たされる場合において、前記出力電圧の値が出力電圧目標値を超える場合には該出力電圧を降下させ、該出力電圧の値が該出力電圧目標値を下回る場合には該出力電圧を上昇させるよう、前記時比率を変更することにより、該出力電圧を該出力電圧目標値に向かって制御する段階と

を備えた、光電池システムの制御方法。

【請求項 4】

前記光電池システムにおいて、前記電力制御器として DC / DC コンバータが用いられる、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記光電池システムにおいて、前記 DC / DC コンバータに対して前記負荷側にインバータ回路が更に接続される、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

光電池と、

前記光電池の出力電力を負荷側へと出力する、スイッチを有する電力制御器と

を備え、

前記スイッチのオンオフ切り替えの時比率を変更することにより、前記光電池の動作電圧を変化させ、

前記動作電圧の変化により前記光電池の出力電力が増加した場合には、該動作電圧の該変化と同じ方向へと、減少した場合には異なる方向へと、前記時比率を再び変更することにより該光電池の動作電圧を再び変化させる

ことにより、前記光電池の動作電圧を繰り返し変化させ、該光電池の動作点を最大電力点に向かって制御するよう構成され、

前記光電池の動作点の前記最大電力点に向かった前記制御における前記時比率の変更幅としては、第一の変更幅と、該第一の変更幅よりも小さい第二の変更幅とのいずれかを用い、該第一の変更幅を用いた該時比率の変更により前記動作点が前記最大電力点を越えて移動したと判断された時に、用いる変更幅を該第二の変更幅へと切り替える

10

20

30

40

50

よう更に構成された、光電池システム。

【請求項 7】

前記時比率の変更を繰り返す時間間隔を、前記光電池の出力電力の変化量に応じて調整するよう更に構成された、請求項 6 に記載の光電池システム。

【請求項 8】

前記電力制御器から前記負荷側へと出力される出力電圧の値が所定の設定電圧値以上であることを条件として、又は該設定電圧値を超えることを条件として、該条件が満たされない場合に、前記光電池の動作点の前記最大電力点に向かった前記制御を実施するよう構成され、

前記条件が満たされる場合において、前記出力電圧の値が出力電圧目標値を超える場合には該出力電圧を降下させ、該出力電圧の値が該出力電圧目標値を下回る場合には該出力電圧を上昇させるよう、前記時比率を変更することにより、該出力電圧を該出力電圧目標値に向かって制御する

10

よう更に構成された、請求項 6 又は 7 に記載の光電池システム。

【請求項 9】

前記電力制御器は DC / DC コンバータである、請求項 6 乃至 8 のいずれか一項に記載の光電池システム。

【請求項 10】

前記 DC / DC コンバータに対して前記負荷側に接続されたインバータ回路を更に備える、請求項 9 に記載の光電池システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光電池の出力電力制御に関する。特に本発明は、スイッチ式の電力制御器を用いて光電池の動作点を最大電力点に向かって制御するための方法及びシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

太陽電池等、光電池の出力電力を最大化する方法においては、特許文献 1 等に示される山登り法が広く知られている。山登り法は、その単純なアルゴリズムにより複雑な演算を必要とせず、廉価なコンピュータで十分に制御が可能である一方、制御デューティを少しずつ変化させながら最大電力点を探索するため、高速応答性に欠ける。山登り法においては追尾効率と応答性がトレードオフの関係にあるが、両者を両立する手法を得るべく様々な研究がなされている。一例として、インクリメンタルコンダクタンス法（非特許文献 1）やフィボナッチ探索法を用いた方法（非特許文献 2）、太陽電池のダイオード特性を利用したニュートン法（非特許文献 3）、太陽電池の特性を予め数式近似する予測法（特許文献 2）等がある。また、山登り法にも改良手法が提案されているが（特許文献 3，非特許文献 4 等）、その多くにおいて、最大電力点から制御点が離れているときは探索のステップ幅を大きくし、最大電力点に近付くとステップ幅を小さくする手法が取られている。中でも、特許文献 3 に示される、太陽電池電圧に対する出力電力の変化量に応じてステップ幅の変化量を可変する手法は優れた方法として知られている。

30

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開昭 57 - 206929 号公報

【特許文献 2】特開 2012 - 93869 号公報

【特許文献 3】特開平 6 - 83465 号公報

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献 1】Jun Youn Ahn, Jong Hoo Park, B.H.Cho, K.J.Yoo, Analog MPPT for c

50

onnected single-phase system, KIPE conference, pp.785-788, 2003.

【非特許文献2】Masafumi Miyatake, Tooru Kouno and Motomu Nakano, Maximum Power Point Tracking Control Employing Fibonacci Search Algorithm for Photovoltaic Power Generation System, International Power Electronics Conference (ICPE'01), pp.622-625, Seoul (2001/10).

【非特許文献3】M. Nakahara, M. Iwasa, Fast MPPT Algorithm of Solar Battery, E. E. Report, Vol.16 No.1, 2010, pp.90-95.

【非特許文献4】Veerachary Mummadi, Improved Maximum Power Point Tracking Algorithm For Photovoltaic Sources, IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (2008), pp. 301-305.

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

地上のような系統連系を有しない宇宙機には、機器のオンオフ切り替えに伴う負荷トランジェントに対して高速応答性が求められる。多くの宇宙機は太陽電池を電力源とし、余剰電力をバッテリーに蓄えることで電力運用されている。負荷電力が小さくバッテリーが満充電の場合は、出力電圧を目標値に向かって制御することにより太陽電池の出力を絞る制御(CV: Constant Voltage制御)が行われるが、宇宙機の搭載機器は頻りにオンオフの切り替えを繰り返しているため、この切り替えに伴って負荷電流がステップ状に変化することにより、太陽電池に接続されたコンバータ等、電力制御器の出力電圧に攪乱(負荷トランジェント)が生じる。この負荷トランジェントの影響を打ち消すべく、太陽電池出力を上げる制御(PPT: Peak Power Tracking制御)が行われる。この時、速やかにPPT制御ができない場合は、バッテリーからの放電によって電力を賄うことによりバッテリーの寿命を縮めることになるか、あるいは大きなキャパシタバンクが必要となる。そのような問題を避けるべく、ミリ秒オーダーの高速応答性を有したPPT制御の確立が必要である。既存技術では、太陽電池の電気的特性や制御器の入出力特性を考慮し、最大電力点を予測する方法が提案されているが、ミッション期間中の太陽電池特性を総じて的確に予測することは困難であり、制御器の特性パラメータ値の決定も複雑となる。また、特許文献3に示される手法は、演算に割り算を使用するため計算が高負荷になりやすく、ステップ幅が不定であるため、トランジェントに対する安定性が課題である。また、山登り法をベースとする制御では、制御デューティの更新周波数を制御回路の共振周波数以上に上げると動作が不安定になる欠点がある。

20

30

【0006】

本発明は、上記従来技術の問題点を解消すべく、制御安定性と高速応答性、そして追尾効率性を備えた光電池の動作点制御方法、及び関連する方法、システムを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、太陽電池等の光電池における出力電力を最大化する方法として、コンバータ等の電力制御器の制御デューティ(時比率)変更幅(ステップ幅)を2段階の固定値とし、ステップ幅を大きくとる高速モードと小さくとる高分解能モードを設定することを提案する。光電池の動作点が最大電力点を越えて移動したことを検出し、モードの切り替えを行う。また本発明は、これらと併せて、制御周波数を電力の変化量に応じて可変とすることを提案する。

40

【0008】

具体的に、本発明は、スイッチを有する電力制御器を介して光電池の出力電力を負荷側へと出力する光電池システムを用いて実施される方法であって、スイッチのオンオフ切り替えの時比率を変更することにより、光電池の動作電圧を変化させる段階と、動作電圧の変化により光電池の出力電力が増加した場合には、動作電圧の上記変化と同じ方向へと、減少した場合には異なる方向へと、時比率を再び変更することにより光電池の動作電圧を

50

再び変化させる段階とを備えることにより、光電池の動作電圧を繰り返し変化させ、光電池の動作点を最大電力点に向かって制御するよう構成され、光電池の動作点の最大電力点に向かった制御における時比率の変更幅としては、第一の変更幅と、第一の変更幅よりも小さい第二の変更幅とのいずれかを用い、第一の変更幅を用いた時比率の変更により動作点が最大電力点を越えて移動したと判断された時に、用いる変更幅を第二の変更幅へと切り替えるよう更に構成された、光電池の動作点制御方法を提供する。

【0009】

上記方法において、時比率の変更を繰り返す時間間隔を、光電池の出力電力の変化量に応じて調整するよう更に構成することができる。

【0010】

また本発明は、電力制御器から負荷側へと出力される出力電圧の値が所定の設定電圧値以上であることを条件として、又は設定電圧値を超えることを条件として、条件が満たされない場合に上記光電池の動作点制御方法を実施し、光電池の動作点を最大電力点に向かって制御する段階と、条件が満たされる場合において、出力電圧の値が出力電圧目標値を超える場合には出力電圧を降下させ、出力電圧の値が出力電圧目標値を下回る場合には出力電圧を上昇させるよう、時比率を変更することにより、出力電圧を出力電圧目標値に向かって制御する段階とを備えた、光電池システムの制御方法を提供する。

【0011】

上記光電池システムにおいて、電力制御器としてはDC/DC（直流/直流）コンバータを用いることができる。この場合、DC/DCコンバータに対して負荷側にインバータ回路を更に接続してもよい。

【0012】

さらに本発明は、光電池と、光電池の出力電力を負荷側へと出力する、スイッチを有する電力制御器とを備え、スイッチのオンオフ切り替えの時比率を変更することにより、光電池の動作電圧を変化させ、動作電圧の変化により光電池の出力電力が増加した場合には、動作電圧の上記変化と同じ方向へと、減少した場合には異なる方向へと、時比率を再び変更することにより光電池の動作電圧を再び変化させることにより、光電池の動作電圧を繰り返し変化させ、光電池の動作点を最大電力点に向かって制御するよう構成され、光電池の動作点の最大電力点に向かった制御における時比率の変更幅としては、第一の変更幅と、第一の変更幅よりも小さい第二の変更幅とのいずれかを用い、第一の変更幅を用いた時比率の変更により動作点が最大電力点を越えて移動したと判断された時に、用いる変更幅を第二の変更幅へと切り替えるよう更に構成された、光電池システムを提供する。

【0013】

上記システムにおいて、時比率の変更を繰り返す時間間隔を、光電池の出力電力の変化量に応じて調整するよう更に構成することができる。

【0014】

また本発明は、電力制御器から負荷側へと出力される出力電圧の値が所定の設定電圧値以上であることを条件として、又は設定電圧値を超えることを条件として、条件が満たされない場合に、光電池の動作点の最大電力点に向かった上記制御を実施するよう構成され、条件が満たされる場合において、出力電圧の値が出力電圧目標値を超える場合には出力電圧を降下させ、出力電圧の値が出力電圧目標値を下回る場合には出力電圧を上昇させるよう、時比率を変更することにより、出力電圧を出力電圧目標値に向かって制御するよう更に構成された光電池システムを提供する。

【0015】

上記光電池システムにおいて、電力制御器としてはDC/DCコンバータを用いることができる。この場合、DC/DCコンバータに対して負荷側にインバータ回路を更に接続してもよい。

【発明の効果】

【0016】

本発明により、光電池の動作点制御において追尾効率と高速応答の両立が可能となる。

10

20

30

40

50

また、制御安定性と高速応答の両立も可能となる。これらの利点を備えた、本発明に従う動作点制御によれば、追尾効率を犠牲にしないミリ秒オーダーでの高速応答が可能となるため、負荷トランジェントが生じた際にバッテリーからの放電を防ぎ、バッテリーの長寿命化を図ることができる。あるいは、大きなキャパシタバンクが不要となり、光電池システムにおける部品点数の削減並びに小型軽量化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態に従う光電池の動作点制御のために用いることができる、太陽電池、電力制御器、バッテリー、負荷の接続例を示す概略図。

【図2】本発明の一実施形態に従う太陽電池システムの回路図。

10

【図3】本発明の一実施形態に従う、太陽電池の動作点制御及び太陽電池システムの制御のためのフローチャート。

【図4】高速モードと高分解能モードの切り替えを示す概念図。横軸が太陽電池PVに印加される電圧で、縦軸が太陽電池PVより出力される電力である。

【図5】太陽電池の出力電力の変化量に応じた、時比率変更の時間間隔の調整を説明する概念図。

【図6】図2の太陽電池システムにおいてDC/DCコンバータの負荷側にインバータ回路を接続したときの回路図。

【図7】本発明の一実施形態に従う、太陽電池の動作点制御のためのフローチャート。

【発明を実施するための形態】

20

【0018】

以下、本発明による光電池の動作点制御方法、及び、光電池システムとその制御方法を実施するための形態を、図面を用いて説明する。なお、本発明に係る各種の方法、システムの技術的範囲は後述の各実施例において開示される具体的態様に限らず、本発明の範囲内で適宜変更可能である。

【実施例1】

【0019】

光電池システムの構成

本発明は、太陽電池等の光電池にコンバータ、インバータ等の電力制御器を接続して構成される光電池システム、及び、当該システムに適用可能な各種制御方法を提案する。各要素の代表的な接続例を図1で概念的に示す。

30

【0020】

光電池の典型例である太陽電池は、一例において、シリコン(Si)半導体にリン(P)をドーピングしてなるn型半導体と、シリコン半導体にホウ素(B)をドーピングしてなるp型半導体とを接合させて、n型半導体側とp型半導体側の両面にそれぞれ電極を取り付けることにより作製される。太陽電池は典型的に、動作電圧(印加される電圧)が上昇するに応じて出力電流が減少する電流電圧特性を有しており、後述の図4のグラフに示すとおり、ある電圧 V_{mp} において最大電力で動作する(この動作点を最大電力点と呼ぶ)。大きな電力を出力させるためには、上述のように作製される太陽電池(セル)を直並列に多数接続した太陽電池パネルとして使用することが多い。ただし本発明においては、シリコン半導体をベースとした上述の太陽電池以外の任意の太陽電池、又はセレン光電池等、任意の光電池を用いることができる。

40

【0021】

本実施例においては、電力制御器を介して太陽電池の出力電力を負荷側へと出力する太陽電池システムにおいて、バッテリーの過電圧を防ぐ等の目的で電力制御器の出力側バス電圧を目標値へと制御するCV制御(基本的には太陽電池からの出力電流を絞っていく、すなわち太陽電池の電圧を大きくしていく制御となる。)と、出力側バス電圧が負荷トランジェントの影響等により降下した時に、バッテリーからの放電を防ぐ等の目的で太陽電池の出力電力の最大化を図るPPT制御とを実施することにより、負荷側の機器におけるオンオフ切り替え等によりシステム内に乱れが発生する状況であっても安定動作を可能とする

50

ためのシステム、方法が開示される。

【0022】

図1における各要素の接続態様を、図2の回路図でより具体的に示す。図2の回路においては、入力側キャパシタ C_1 、MOSFET (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor)等のスイッチ S_1 、 S_2 、インダクタ L_1 、出力側キャパシタ C_2 からなる同期整流型DC/DCコンバータの入力側に太陽電池PVを接続して太陽電池システムを構成し、当該システムの出力側に負荷Loadが接続されている。太陽電池システムと負荷Loadの間には、直並列接続されたキャパシタ鎖からなるキャパシタバンクCB、及び二次電池等を直列接続してなるバッテリーBが接続されている。また、同期整流型DC/DCコンバータにおける入力側バス電圧(キャパシタ C_1 の電圧であり、太陽電池PVの動作電圧)、太陽電池PVを流れる電流、同期整流型DC/DCコンバータにおける出力側バス電圧(キャパシタ C_2 の電圧)を測定するために電圧計や電流計がそれぞれ接続されており、これらによる測定値を表わすアナログ信号はA/D(アナログ/デジタル)コンバータによりデジタル信号へと変換されて演算回路に入力される。演算回路においては、各種測定値を用いて後述のとおり各種の条件判断や演算が行われて、スイッチ S_1 、 S_2 に対して設定すべき時比率(スイッチング周期に対するオン期間の割合)が決定される。決定された時比率を表わす信号はドライブ回路へと入力され、ドライブ回路からの命令信号により、スイッチ S_1 、 S_2 は決定された時比率でオンオフ切り替えを繰り返す。なお、A/Dコンバータ、演算回路、ドライブ回路は図2に示すとおり別個の機器、回路として構成されてもよいし、あるいはこれら全ての機能を担う単独の処理装置として構成されてもよい。これらによって実現される判断、演算等の機能を、任意の数の機器、回路に任意に分担させることが可能である。またA/Dコンバータによって測定値のアナログ信号をデジタル化することも必須ではなく、アナログ制御により上記判断、演算等の機能を備えてもよい。

10

20

【0023】

本実施例においては、スイッチ S_1 のオン期間中にはスイッチ S_2 がオフとされ、スイッチ S_1 のオフ期間中にはスイッチ S_2 がオンとなるよう、両スイッチ S_1 、 S_2 はドライブ回路により制御される。したがって、演算回路により決定されるスイッチ S_1 の時比率を D ($0 < D < 1$)とすればスイッチ S_2 の時比率は $1 - D$ である。

30

【0024】

同期整流型DC/DCコンバータの動作において、まずスイッチ S_1 がオン、スイッチ S_2 がオフである期間には、入力側バス電圧の大きさを V_{in} とし、出力側バス電圧の大きさを V_{out} とすれば、インダクタ L_1 には $(V_{in} - V_{out})$ の電圧が印加される(インダクタ L_1 に出力側から入力側へと電流を流す極性の電圧を正とする)。スイッチングの周期を T とすれば、スイッチ S_1 のオン期間は上記時比率 D を用いて DT と表わされるので、当該オン期間中にインダクタ L_1 において生じる磁束の増加分は $(V_{in} - V_{out})DT$ と表わされる。

40

【0025】

次に、スイッチ S_1 がオフ、スイッチ S_2 がオンである期間において、インダクタ L_1 には、スイッチ S_1 のオン期間とは逆の極性で大きさが V_{out} の電圧が印加される。スイッチ S_1 のオフ期間は $(1 - D)T$ と表わされるので、当該オフ期間中にインダクタ L_1 において生じる磁束の減少分は $V_{out}(1 - D)T$ と表わされる。同期整流型DC/DCコンバータが定常状態で動作するならば、上記磁束の増加分と減少分が釣り合うため $(V_{in} - V_{out})DT = V_{out}(1 - D)T$ が成立し、入出力電圧比 $V_{out}/V_{in} = D$ が得られる。すなわち、同期整流型DC/DCコンバータは降圧型DC/DCコンバータと同様に動作する。ただし、電力制御器としては、降圧型、昇圧型、昇降圧型等、任意のコンバータや、実施例2で用いるインバータを初めとする任意のインバータの他、スイッチにより動作する任意の電力制御器を用いてよい。本実施例においては、時比率 D を介して上記入出力電圧比 V_{out}/V_{in} を変更することにより、出力側バス電圧や太陽電池PVの動作点を制御する。

50

【 0 0 2 6 】

光電池システムの動作

図 2 の太陽電池システムを用いて、当該システム、及び太陽電池 P V の動作点を制御するためのフローチャートを図 3 に示す。

【 0 0 2 7 】

まず初期設定（ステップ S 3 0 1）として、時比率 D の初期値、C V 制御と P P T 制御のいずれを実施するかの判断に用いられる所定の設定電圧値、C V 制御における出力側バス電圧の目標値である C V 電圧値、C V モードにおける時比率 D の変更幅、P P T 制御において後述の高速モードと高分解能モードのそれぞれで用いられる時比率 D の変更幅（2 つの異なる変更幅 $d D_1$ 、 $d D_2$ とする。ただし $d D_1 > d D_2$ ）、後述の各種計算に用いられる数値等が演算回路内のメモリに記憶されるとともに、後述の処理で用いられる各種フラグが O F F として当該メモリに記憶される。その後、任意のタイミングで（典型的には太陽電池システムの運用開始時に外部からの命令信号を受けた各種機器、回路が動作を開始する等して）処理はステップ S 3 0 2 以降へ進む。フローチャートから明らかなどおり、ステップ S 3 0 2 から進んだ処理がステップ S 3 1 1 又はステップ S 3 2 0 へと至り、その後ステップ S 3 0 2 へと戻るループ処理が行われる。

10

【 0 0 2 8 】

ステップ S 3 0 2 においては、同期整流型 D C / D C コンバータが或る時比率 D（ステップ S 3 0 2 が初めて実施される場合には、ステップ S 3 0 1 で与えられた初期値）で動作している状態で、図 2 に示される各電圧計、電流計により電圧や電流が測定されて、測定値を示すアナログ信号が A / D コンバータでデジタル信号へと変換された上で演算回路に入力される。演算回路には、各電圧計、電流計が測定した出力側バス電圧値、太陽電池 P V からの出力電流値、太陽電池 P V の動作電圧値が入力され、太陽電池 P V の電流値と電圧値を用いた乗算により、当該演算回路において太陽電池の出力電力値が計算されて当該演算回路のメモリに記憶される。また、ステップ S 3 0 2 の処理が 2 回目以降に行われる場合は、前回計算された太陽電池の出力電力値と今回計算された太陽電池の出力電力値の差が演算回路において計算され、そのメモリに記憶される。

20

【 0 0 2 9 】

次にステップ S 3 0 3 において、出力側バス電圧値と上記設定電圧値の大小関係が演算回路により判定される。ステップ S 3 0 4 に示すとおり、測定された出力側バス電圧値が設定電圧値よりも大きい場合、処理はステップ S 3 0 5 以降の C V 制御へと進み（C V モード）、出力側バス電圧値が設定電圧値以下である場合、処理はステップ S 3 1 3 以降の P P T 制御へと進む（P P T モード）。ただし、出力側バス電圧値が設定電圧値に等しい場合には C V 制御に進むこととしてもよい。

30

【 0 0 3 0 】

まずステップ S 3 0 5 以降の C V 制御について説明する。ステップ S 3 0 6 において、出力側バス電圧値と上記 C V 電圧値の大小関係が演算回路により判定される。出力側バス電圧値の方が大きい場合には、出力側バス電圧を降下させるべく、ステップ S 3 0 1 で与えられた C V モードにおける時比率 D の変更幅だけスイッチ S_1 の時比率 D を下げるべきであるとの決定が演算回路によりなされる（ステップ S 3 0 7）。出力側バス電圧値が C V 電圧値よりも小さい場合には、出力側バス電圧を上昇させるべく、上記 C V モードにおける時比率 D の変更幅だけスイッチ S_1 の時比率 D を上げるべきであるとの決定が演算回路によりなされる（ステップ S 3 1 2）。なお、出力側バス電圧値が C V 電圧値と等しい場合は、時比率の変更をスキップして後述のステップ S 3 0 9 まで進んでもよいし、あるいは分岐を単純にする目的でステップ S 3 0 7 か S 3 1 2 に進むこととしてもよい。

40

【 0 0 3 1 】

ステップ S 3 0 8 において、実際に時比率 D を変更する動作（P W M : P u l s e W i d t h M o d u l a t i o n , パルス幅変調出力）が行われる。具体的に、ステップ S 3 0 7 においてスイッチ S_1 の時比率を下げるべきであると決定された場合は、演算回路が、現時点の時比率から上記 C V モードにおける時比率 D の変更幅だけ下げた時比率 D

50

の値（ゼロ以下となる場合は、所定の下限值で置き換える。この下限値も、ステップ S 3 0 1 の初期設定で演算回路のメモリに記憶される。）を新たな時比率 D の値と決定し、新たな時比率 D の値を表わす信号をドライブ回路に送信する。ドライブ回路は、スイッチ S_1 が新たな時比率 D でオンオフ切り替えを行い、スイッチ S_2 が $(1 - \text{「新たな時比率 D」})$ でオンオフ切り替えを行うよう、スイッチ S_1 、 S_2 に命令信号を出力する。これにより同期整流型 DC / DC コンバータの動作状態が変更されて、出力側バス電圧が降下する。

【 0 0 3 2 】

一方、ステップ S 3 1 2 においてスイッチ S_1 の時比率を上げるべきであると決定された場合は、ステップ S 3 0 8 において、演算回路が、現時点の時比率から上記 CV モードにおける時比率 D の変更幅だけ上げた時比率 D の値（1 以上となる場合は、所定の上限值で置き換える。この上限値も、ステップ S 3 0 1 の初期設定で演算回路のメモリに記憶される。）を新たな時比率 D の値と決定し、新たな時比率 D の値を表わす信号をドライブ回路に送信する。ドライブ回路は、スイッチ S_1 が新たな時比率 D でオンオフ切り替えを行い、スイッチ S_2 が $(1 - \text{「新たな時比率 D」})$ でオンオフ切り替えを行うよう、スイッチ S_1 、 S_2 に命令信号を出力する。これにより同期整流型 DC / DC コンバータの動作状態が変更されて、出力側バス電圧が上昇する。

10

【 0 0 3 3 】

次にステップ S 3 0 9 において、太陽電池システムの動作が CV モードにあることを示す CV フラグがオンとされて演算回路のメモリに記憶される。また後述のとおり太陽電池システムの動作が PPT モードにあることを示す PPT フラグや、更に高分解能モードにあることを示す高分解能フラグがオフにリセットされて演算回路のメモリに記憶される（ステップ S 3 1 0）。その後、所定の待機時間が経過するのを待った上で（ステップ S 3 1 1。この待機時間も、ステップ S 3 0 1 の初期設定で演算回路のメモリに記憶される。）、処理はステップ S 3 0 2 に戻り、各種データ計測以降の処理が再び行われる（各電圧計、電流計からは A / D コンバータを介して電圧、電流の測定値が演算回路へと絶えず短い時間間隔で入力されており、上記待機時間が経過するごとに、演算回路において上述の計算、判定処理が開始されるとしてもよい。）。

20

【 0 0 3 4 】

次に、上述のステップ S 3 0 4 において出力側バス電圧値が設定電圧値以下である場合に実施される PPT 制御について説明する。ステップ S 3 1 4 において、演算回路により高分解能フラグがオフであるかどうか判定される。初めてステップ S 3 1 3 以降の処理が実施される場合や CV モードから移行した場合、高分解能フラグはオフであるため、処理はステップ S 3 1 5 以降に進む。動作が後述の高分解能モードに既に入っている場合、高分解能フラグはオンであるため処理はステップ S 3 2 1 以降に進む。

30

【 0 0 3 5 】

まずステップ S 3 1 5 以降の処理について説明する。ステップ S 3 1 5 において、今回行うべき時比率の変更が、前回の時比率の変更と同方向であるか否か（太陽電池の動作電圧の変更方向が同方向であるか否か）が演算回路により判定される。具体的には、前回のループ処理においてステップ S 3 0 2 で計算された太陽電池 PV の出力電力値と、今回のループ処理においてステップ S 3 0 2 で計算された太陽電池 PV の出力電力値との差（ステップ S 3 0 2 にて演算回路のメモリに記憶されている。）をチェックし、今回の出力電力値が大きかった場合（前回の時比率変更による電圧の変化によって出力電力が増加した場合）には、今回行うべき時比率の変更は前回と同方向であると判断され、前回の出力電力値が大きかった場合（前回の時比率変更による電圧の変化によって出力電力が減少した場合）には、今回行うべき時比率の変更は前回と異なる方向であると判断される。同方向であると判断された場合、処理はステップ S 3 1 6 以降へと進み（高速モード）、異なる方向であると判断された場合、処理はステップ S 3 2 1 以降へと進む（高分解能モード）。なお、前回と今回との出力電力値が等しい場合には、時比率の変更をスキップして後述のステップ S 3 2 0 まで進んでもよいし、あるいは分岐を単純にする目的でステップ S 3 1 6 か S 3 2 1 に進むこととしてもよい。また、ステップ S 3 1 5 の判定を初めて行う場

40

50

合は、ステップ S 3 1 6 以降の高速モードに進むものとする。

【 0 0 3 6 】

高速モードにおいては、前回と同じ方向に高速で太陽電池 P V の動作電圧を変化させるべく、前回行った時比率の変更と同じ方向に、高速モードの時比率変更幅 $d D_1$ だけ時比率 D を変更すべきであるとの決定が演算回路によりなされる (ステップ S 3 1 7)。高速モードの動作を初めて行う場合は、図 4 に示すとおり、C V モード動作点 (出力側バス電圧が上述の設定電圧値をとるときの、太陽電池 P V の動作電圧に対応) が最大電力点の電圧 V_{mp} よりも高電圧側にあるものとして (理論計算、計算機シミュレーション、あるいは事前の測定により推定される V_{mp} よりも高い電圧が太陽電池 P V に印加される状態の出力側バス電圧値として、設定電圧値を与えておく。本実施例においては典型的に、C V モードは負荷側が電流を必要としていない状態で、P P T モードは負荷側が電流を必要としている状態なので、電流 I については $I (P P T \text{モード}) > I (C V \text{モード})$ となり、太陽電池の特性から電圧 V については $V (C V \text{モード}) > V (P P T \text{モード})$ となる。) 、太陽電池 P V の動作電圧を降下させる方向に $d D_1$ だけ時比率 D を変更すべき (時比率 D を上げるべき) であるとの決定が演算回路によりなされる。ステップ S 3 1 8 において、実際に時比率 D を変更する動作 (P W M 出力) が行われる。具体的には、演算回路が、現時点の時比率から上記のとおり $d D_1$ だけ変更した時比率 D の値 (ゼロ以下、又は 1 以上となる場合は、それぞれ演算回路のメモリに記憶された下限値又は上限値で置き換える。) を新たな時比率 D の値と決定し、新たな時比率 D の値を表わす信号をドライブ回路に送信する。ドライブ回路は、スイッチ S_1 が新たな時比率 D でオンオフ切り替えを行い、スイッチ S_2 が $(1 - \text{「新たな時比率 } D \text{」})$ でオンオフ切り替えを行うよう、スイッチ S_1 , S_2 に命令信号を出力する。これにより同期整流型 D C / D C コンバータの動作状態が変更される。次にステップ S 3 1 9 において、太陽電池システムの動作が P P T モードにあることを示す P P T フラグがオンとされて演算回路のメモリに記憶される。

【 0 0 3 7 】

一方、ステップ S 3 1 5 の判定により、前回とは異なる方向に時比率を変更するべきであると判断された場合 (高速モードで行われた前回の時比率変更により太陽電池 P V の出力電力が減少した場合。演算回路はこの場合、太陽電池 P V の動作点が高速モード動作により最大電力点を越えて移動したと判断する。) 、P P T 制御は高速モードから高分解能モードに切り替えられる (ステップ S 3 2 1)。これにより、時比率 D の変更幅は $d D_1$ から $d D_2$ へと切り替えられる。ステップ S 3 1 4 において高分解能フラグがオンであった場合 (P P T 制御が既に高分解能モードに入っている場合) も、引き続きステップ S 3 2 1 以降で高分解能モードの動作が続行される。

【 0 0 3 8 】

高分解能モードにおいては、前回と同じ方向又は異なる方向へと、太陽電池 P V の動作電圧を高分解能で変化させるべく、前回行った時比率の変更と同じ方向又は異なる方向に、高分解能モードの時比率変更幅 $d D_2$ だけ時比率 D を変更すべきであるとの決定が演算回路によりなされる (ステップ S 3 2 2)。具体的に、ステップ S 3 1 5 の判定を經由してステップ S 3 2 2 に至った場合には、前回行った時比率の変更と異なる方向に時比率 D を変更すべきとの判断が演算回路によりなされ、ステップ S 3 1 4 で高分解能フラグがオンであったとしてステップ S 3 2 2 に至った場合 (高分解能モードでの 2 回目以降の動作) には、ステップ S 3 1 5 と同様に、前回のループ処理中にステップ S 3 0 2 で計算された太陽電池 P V の出力電力値に比べて今回のループ処理中にステップ S 3 0 2 で計算された太陽電池 P V の出力電力値が大きければ (前回の時比率変更による電圧の変化によって出力電力が増加した場合) 前回と同方向に、前回の出力電力値が大きければ (前回の時比率変更による電圧の変化によって出力電力が減少した場合) 前回と異なる方向に、時比率 D を変更すべき (ただし変更幅は $d D_2$ である。) であると演算回路が決定する (ステップ S 3 1 5 と同様に、前回と今回との出力電力値が等しい場合には、時比率の変更をスキップして後述のステップ S 3 2 0 まで進んでもよいし、あるいは前回と同方向又は異なる方向に時比率 D を変更すべきと予め決めておいてもよい。) 。ステップ S 3 2 3 において

、実際に時比率 D を変更する動作 (PWM 出力) が行われる。具体的には、演算回路が、現時点の時比率から上記のとおり dD_2 だけ変更した時比率 D の値 (ゼロ以下、又は 1 以上となる場合は、それぞれ演算回路のメモリに記憶された下限値又は上限値で置き換える。) を新たな時比率 D の値と決定し、新たな時比率 D の値を表わす信号をドライブ回路に送信する。ドライブ回路は、スイッチ S_1 が新たな時比率 D でオンオフ切り替えを行い、スイッチ S_2 が $(1 - \text{「新たな時比率 } D \text{」})$ でオンオフ切り替えを行うよう、スイッチ S_1 , S_2 に命令信号を出力する。これにより同期整流型 DC / DC コンバータの動作状態が変更される。次にステップ S 3 2 4 において、太陽電池システムの動作が高分解能モードにあることを示す高分解能フラグがオンとされて演算回路のメモリに記憶される。

【0039】

高速モード又は高分解能モードで上述の動作が実施された後 (あるいは上述のとおり、時比率変更がスキップされた後)、待機時間が経過するのを待ったうえで (ステップ S 3 2 0)、処理はステップ S 3 0 2 に戻る (各電圧計、電流計からは A / D コンバータを介して電圧、電流の測定値が演算回路へと絶えず短い時間間隔で入力されており、上記待機時間が経過するごとに、演算回路において上述の計算、判定処理が開始されるとしてもよい。)。ここにおいて、PPT 制御動作中にステップ S 3 2 0 で用いられる上記待機時間は固定値でなくともよく、一例においては、演算回路のメモリに記憶されている、前回計算された太陽電池 PV の出力電力値と今回計算された太陽電池 PV の出力電力値の差に応じて変更される。一例として、適切な定数 A , k を用いて待機時間を $A - k | P |$ と定義し、出力電力の差の絶対値が大きいほど係数 $k > 0$ によって待機時間が短くなる (初めて PPT 制御動作を行った時は、出力電力の差である P をゼロとして、待機時間は初期値 A とする。また待機時間には、適宜上限値と下限値を設定する。後述の周波数についても同様。) よう調整してもよいし、あるいは、ループ処理の繰り返し周波数として、出力電力の差の絶対値に応じて大きくなる周波数を導入してもよい (図 5)。待機時間、あるいは周波数の更新は一定回数のループ処理毎に行ってもよい。例えば、ループ処理を所定回数繰り返すごとに、(1) 直近の当該所定回数のループ処理で、ステップ S 3 0 2 において計算された太陽電池 PV の出力電力の平均値と、(2) それよりも前の当該所定回数のループ処理で同様に計算された出力電力の平均値と、の差を P として、上述のとおり待機時間や周波数を調整してもよい。

【0040】

以上のとおり、出力側バス電圧を目標値に向かって制御する CV モードの動作と、太陽電池 PV の出力電力の最大化を図る PPT モードの動作を選択的に繰り返すことにより、太陽電池システムの動作が制御される。特に、PPT モードにおいて上述のとおり高速モードと高分解能モードを選択的に実施して時比率の変更幅を可変とすることにより、負荷トランジェントに対する高速応答と高精度な最大電力追尾が可能である。さらに、上述のとおり時比率更新の時間間隔を、太陽電池の出力電力の変化量に応じて可変とする。すなわち、図 5 に概念的に示すとおり、電力の変化量が大きいときは更新周期を短くし、電力の変化量が小さいときは更新周期を長くする。このように時間間隔を可変とすることにより、最大電力点での制御安定を確保しつつ、トランジェント発生時は高速応答を優先し、制御回路の共振周波数に依存しない制御が可能となる。なお、PPT モードにおいて待機時間や繰り返し周波数を太陽電池の出力電力変化量に応じて可変とすることは必須ではなく、例えば高速モードと高分解能モードで待機時間の固定値を 2 種類用意し、上述のモード切り替え時に待機時間も切り替えるという構成も可能であるし、あるいはステップ S 3 2 0 で用いられる待機時間を固定値としても構わない。それら固定値、上記定数 A , k 等も、ステップ S 3 0 1 において演算回路のメモリに記憶される。

【実施例 2】

【0041】

電力制御器の別の一例として、同期整流型 DC / DC コンバータに対して負荷 Load 側にインバータ回路を接続したときの回路図を図 6 に示す (キャパシタバンク、バッテリーは不図示。これらを、出力側キャパシタ C_2 とインバータ回路との間に図 2 と同様に接続

10

20

30

40

50

してもよい。) 。インバータ回路部は、M O S F E T等のスイッチ $S_3 \sim S_6$ 、及び平滑化等のためのインダクタ L_2 から構成される。動作時においては、図2の回路構成時と同様にスイッチ S_1, S_2 が時比率 $D, 1 - D$ でオンオフ切り替えを繰り返すことにより出力側バス電圧(直流電圧)がインバータ回路部へと出力されるとともに、インバータ回路部において、スイッチ S_3, S_6 がオンでスイッチ S_4, S_5 がオフの状態と、スイッチ S_3, S_6 がオフでスイッチ S_4, S_5 がオンの状態との切り替えを繰り返すことにより、負荷 $L o a d$ に対して交流電圧が出力される(スイッチ S_3, S_4, S_5, S_6 も、スイッチ S_1, S_2 と同様にドライブ回路によって切り替えが制御される。当該ドライブ回路は不図示。) 。図6の光電池システムは、図2の光電池システムと同様に図3のフローチャートに従って制御可能である。同様の制御によりC Vモードにおいては出力側バス電圧(図6の場合も、

10

【実施例3】

【0042】

図3のフローチャートにおいては、出力側バス電圧値と設定電圧値との大小関係に応じてC VモードとP P Tモードに処理を分岐させていたが、図2, 図6等の回路構成を備えた光電池システムを用いて行われる本発明の制御方法は、常にP P Tモードで行われることとしてもよい。この時のフローチャートは、図3のフローチャートからC Vモードに関する処理を除いたものとなる(図7)。

20

【0043】

まず初期設定(ステップS701)として、時比率 D の初期値、P P T制御において高速モードと高分解能モードのそれぞれで用いられる時比率 D の変更幅(2つの異なる変更幅 $d D_1, d D_2$ とする。ただし $d D_1 > d D_2$)、後述の各種計算に用いられる数値等が演算回路内のメモリに記憶されるとともに、後述の処理で用いられる各種フラグがO F Fとして当該メモリに記憶される。その後、任意のタイミングで(典型的には太陽電池システムの運用開始時に外部からの命令信号を受けた各種機器、回路が動作を開始する等して)処理はステップS702以降へ進む。フローチャートから明らかなどおり、ステップS702から進んだ処理がステップS709へと至り、その後ステップS702へと戻るループ処理が行われる。

30

【0044】

ステップS702においては、同期整流型D C / D Cコンバータが或る時比率 D (ステップS702が初めて実施される場合には、ステップS701で与えられた初期値)で動作している状態で、図2, 図6に示される各電圧計、電流計により電圧や電流が測定されて、測定値を示すアナログ信号がA / Dコンバータでデジタル信号へと変換された上で演算回路に入力される。演算回路には、各電圧計、電流計が測定した太陽電池P Vからの出力電流値、太陽電池P Vの動作電圧値が入力され(C V制御を行わない場合、出力側バス電圧の測定は不要である。) 、太陽電池P Vの電流値と電圧値を用いた乗算により、当該演算回路において太陽電池の出力電力値が計算されて当該演算回路のメモリに記憶される。また、ステップS702の処理が2回目以降に行われる場合は、前回計算された太陽電池の出力電力値と今回計算された太陽電池の出力電力値の差が演算回路において計算され、そのメモリに記憶される。

40

【0045】

次にステップS703において、処理はP P T制御へと進む。図3のフローチャートのように、出力側バス電圧値と上記設定電圧値の大小関係を演算回路が判定する必要はない。

【0046】

ステップS704において、演算回路により高分解能フラグがオフであるかどうか判定される。初めてステップS704以降の処理が実施される場合、高分解能フラグはオフ

50

であるため、処理はステップ S 7 0 5 以降に進む。動作が後述の高分解能モードに既に入っている場合、高分解能フラグはオンであるため処理はステップ S 7 1 0 以降に進む。

【 0 0 4 7 】

まずステップ S 7 0 5 以降の処理について説明する。ステップ S 7 0 5 において、今回行うべき時比率の変更が、前回の時比率の変更と同方向であるか否か（太陽電池の動作電圧の変更方向が同方向であるか否か）が演算回路により判定される。具体的には、前回のループ処理においてステップ S 7 0 2 で計算された太陽電池 P V の出力電力値と、今回のループ処理においてステップ S 7 0 2 で計算された太陽電池 P V の出力電力値との差（ステップ S 7 0 2 にて演算回路のメモリに記憶されている。）をチェックし、今回の出力電力値が大きかった場合（前回の時比率変更による電圧の変化によって出力電力が増加した場合）には、今回行うべき時比率の変更は前回と同方向であると判断され、前回の出力電力値が大きかった場合（前回の時比率変更による電圧の変化によって出力電力が減少した場合）には、今回行うべき時比率の変更は前回と異なる方向であると判断される。同方向であると判断された場合、処理はステップ S 7 0 6 以降へと進み（高速モード）、異なる方向であると判断された場合、処理はステップ S 7 1 0 以降へと進む（高分解能モード）。なお、前回と今回との出力電力値が等しい場合には、時比率の変更をスキップして後述のステップ S 7 0 9 まで進んでもよいし、あるいは分岐を単純にする目的でステップ S 7 0 6 か S 7 1 0 に進むこととしてもよい。また、ステップ S 7 0 5 の判定を初めて行う場合は、ステップ S 7 0 6 以降の高速モードに進むものとする。

【 0 0 4 8 】

高速モードにおいては、前回と同じ方向に高速で太陽電池 P V の動作電圧を変化させるべく、前回行った時比率の変更と同じ方向に、高速モードの時比率変更幅 $d D_1$ だけ時比率 D を変更すべきであるとの決定が演算回路によりなされる（ステップ S 7 0 7）。高速モードの動作を初めて行う場合は、初期の動作点（ステップ S 7 0 1 で演算回路のメモリに記憶された時比率 D の初期値に対応）が最大電力点の電圧 V_{mp} よりも高電圧側にあるものとして（理論計算、計算機シミュレーション、あるいは事前の測定により推定される V_{mp} よりも太陽電池 P V の動作電圧が高い電圧となるよう、時比率 D の初期値を与えておく。）、太陽電池 P V の動作電圧を降下させる方向に $d D_1$ だけ時比率 D を変更すべき（時比率 D を上げるべき）であるとの決定が演算回路によりなされる。ステップ S 7 0 8 において、実際に時比率 D を変更する動作（P W M 出力）が行われる。具体的には、演算回路が、現時点の時比率から上記のとおり $d D_1$ だけ変更した時比率 D の値（ゼロ以下、又は 1 以上となる場合は、それぞれ演算回路のメモリに記憶された下限値又は上限値で置き換える。）を新たな時比率 D の値と決定し、新たな時比率 D の値を表わす信号をドライブ回路に送信する。ドライブ回路は、スイッチ S_1 が新たな時比率 D でオンオフ切り替えを行い、スイッチ S_2 が $(1 - \text{「新たな時比率 } D \text{」})$ でオンオフ切り替えを行うよう、スイッチ S_1, S_2 に命令信号を出力する。これにより同期整流型 D C / D C コンバータの動作状態が変更される。

【 0 0 4 9 】

一方、ステップ S 7 0 5 の判定により、前回とは異なる方向に時比率を変更するべきであると判断された場合（高速モードで行われた前回の時比率変更により太陽電池 P V の出力電力が減少した場合。演算回路はこの場合、太陽電池 P V の動作点が高速モード動作により最大電力点を越えて移動したと判断する。）、P P T 制御は高速モードから高分解能モードに切り替えられる（ステップ S 7 1 0）。これにより、時比率 D の変更幅は $d D_1$ から $d D_2$ へと切り替えられる。ステップ S 7 0 4 において高分解能フラグがオンであった場合（P P T 制御が既に高分解能モードに入っている場合）も、引き続きステップ S 7 1 0 以降で高分解能モードの動作が続行される。

【 0 0 5 0 】

高分解能モードにおいては、前回と同じ方向又は異なる方向へと、太陽電池 P V の動作電圧を高分解能で変化させるべく、前回行った時比率の変更と同じ方向又は異なる方向に、高分解能モードの時比率変更幅 $d D_2$ だけ時比率 D を変更すべきであるとの決定が演算

回路によりなされる（ステップS711）。具体的に、ステップS705の判定を經由してステップS711に至った場合には、前回行った時比率の変更と異なる方向に時比率Dを変更すべきとの判断が演算回路によりなされ、ステップS704で高分解能フラグがオンであったとしてステップS711に至った場合（高分解能モードでの2回目以降の動作）には、ステップS705と同様に、前回のループ処理中にステップS702で計算された太陽電池PVの出力電力値に比べて今回のループ処理中にステップS702で計算された太陽電池PVの出力電力値が大きければ（前回の時比率変更による電圧の変化によって出力電力が増加した場合）前回と同方向に、前回の出力電力値が大きければ（前回の時比率変更による電圧の変化によって出力電力が減少した場合）前回と異なる方向に、時比率Dを変更すべき（ただし変更幅は dD_2 である。）であると演算回路が決定する（ステップS705と同様に、前回と今回との出力電力値が等しい場合には、時比率の変更をスキップして後述のステップS709まで進んでもよいし、あるいは前回と同方向又は異なる方向に時比率Dを変更すべきと予め決めておいてもよい。）。ステップS712において、実際に時比率Dを変更する動作（PWM出力）が行われる。具体的には、演算回路が、現時点の時比率から上記のとおり dD_2 だけ変更した時比率Dの値（ゼロ以下、又は1以上となる場合は、それぞれ演算回路のメモリに記憶された下限値又は上限値で置き換える。）を新たな時比率Dの値と決定し、新たな時比率Dの値を表わす信号をドライブ回路に送信する。ドライブ回路は、スイッチ S_1 が新たな時比率Dでオンオフ切り替えを行い、スイッチ S_2 が $(1 - \text{「新たな時比率D」})$ でオンオフ切り替えを行うよう、スイッチ S_1 、 S_2 に命令信号を出力する。これにより同期整流型DC/DCコンバータの動作状態が変更される。次にステップS713において、太陽電池システムの動作が高分解能モードにあることを示す高分解能フラグがオンとされて演算回路のメモリに記憶される。

10

20

30

40

50

【0051】

高速モード又は高分解能モードで上述の動作が実施された後（あるいは上述のとおり、時比率変更がスキップされた後）、待機時間が経過するのを待ったうえで（ステップS709）、処理はステップS702に戻る（各電圧計、電流計からはA/Dコンバータを介して電圧、電流の測定値が演算回路へと絶えず短い時間間隔で入力されており、上記待機時間が経過するごとに、演算回路において上述の計算、判定処理が開始されるとしてもよい。）。ここにおいて、PPT制御動作中にステップS709で用いられる上記待機時間は固定値でなくともよく、一例においては、演算回路のメモリに記憶されている、前回計算された太陽電池の出力電力値と今回計算された太陽電池の出力電力値の差に応じて変更される。一例として、適切な定数 A 、 k を用いて待機時間を $A - k | P |$ と定義し、出力電力の差の絶対値が大きいほど係数 $k > 0$ によって待機時間が短くなる（初めてPPT制御動作を行った時は、出力電力の差である P をゼロとして、待機時間は初期値 A とする。また待機時間には、適宜上限値と下限値を設定する。後述の周波数についても同様。）よう調整してもよいし、あるいは、ループ処理の繰り返し周波数として、出力電力の差の絶対値に応じて大きくなる周波数を導入してもよい（図5）。待機時間、あるいは周波数の更新は一定回数のループ処理毎に行ってもよい。例えば、ループ処理を所定回数繰り返すごとに、（1）直近の当該所定回数のループ処理で、ステップS702において計算された太陽電池PVの出力電力の平均値と、（2）それよりも前の当該所定回数のループ処理で同様に計算された出力電力の平均値と、の差を P として、上述のとおり待機時間や周波数を調整してもよい。あるいはステップS709で用いられる待機時間を固定値としても構わない。

【0052】

なお、本発明の制御方法が図3、図7のフローチャートに含まれる全てのステップを含む必要はなく、実施態様に応じて適宜修正して構わない。

【産業上の利用可能性】

【0053】

本発明は、太陽電池を具備する宇宙機全般を初めとして、光電池の動作点制御が行われる任意の方法、システム等に利用することができる。一例として、太陽電池を搭載した自

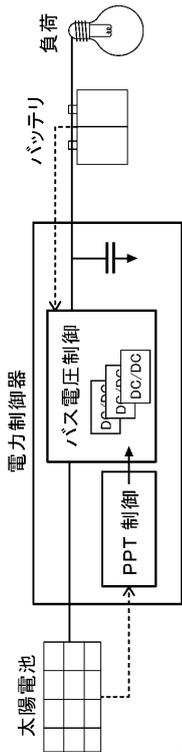
動車等の移動体等、系統連系のない電力システムに利用することができる。

【符号の説明】

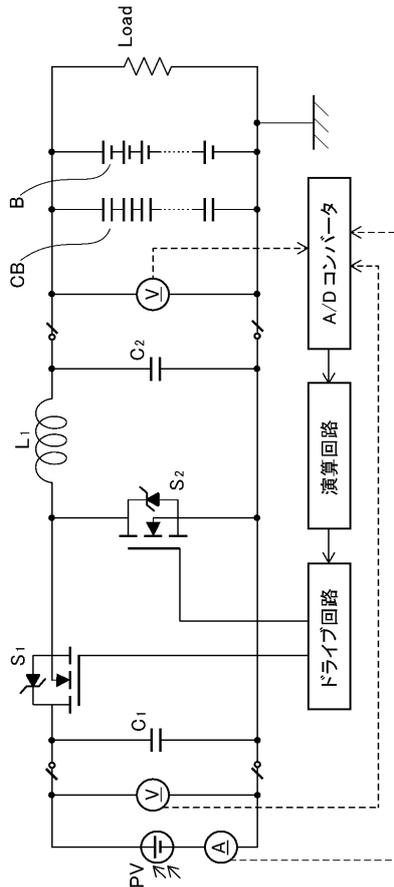
【0054】

- P V 太陽電池
- C₁, C₂ キャパシタ
- S₁ ~ S₆ スイッチ
- L₁, L₂ インダクタ
- C B キャパシタバンク
- B バッテリ
- L o a d 負荷

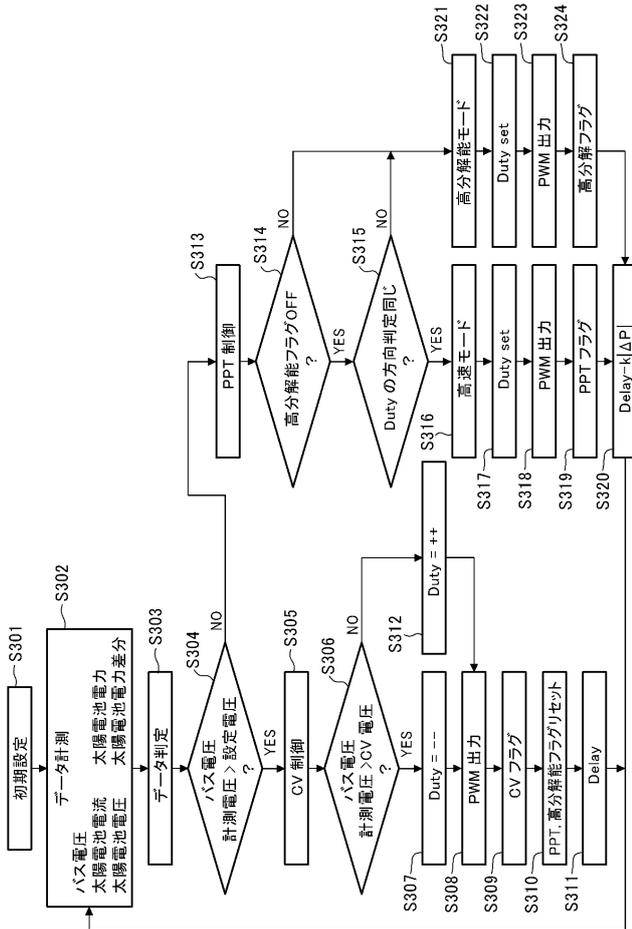
【図1】



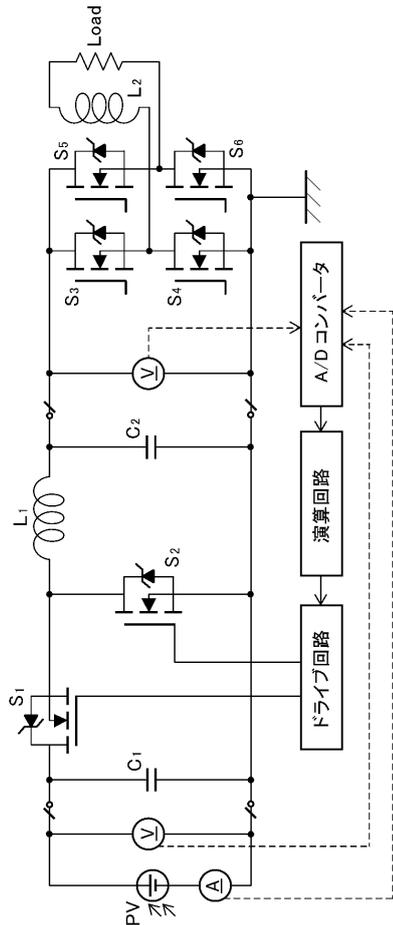
【図2】



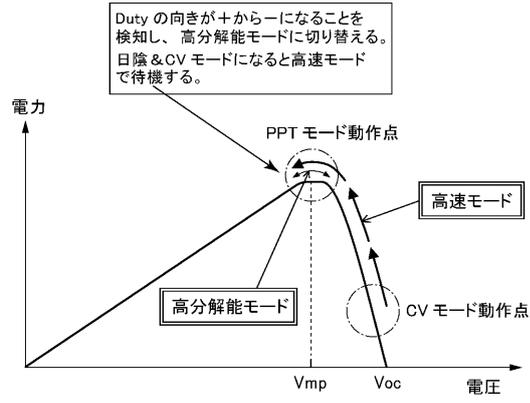
【 図 3 】



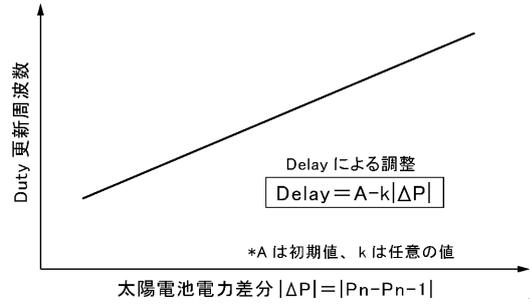
【 図 6 】



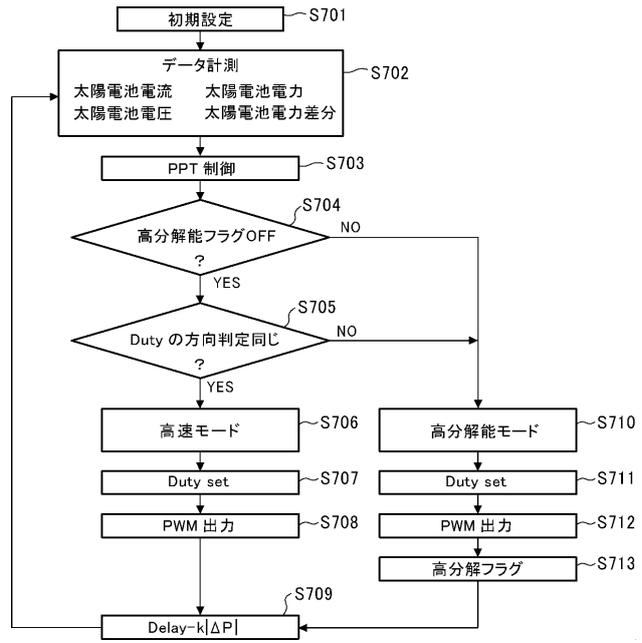
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(74)代理人 100158469

弁理士 大浦 博司

(72)発明者 岩佐 稔

茨城県つくば市千現2 - 1 - 1 独立行政法人宇宙航空研究開発機構内

Fターム(参考) 5H007 BB11 CA02 CB02 CB05 CC12

5H420 BB03 BB14 CC03 DD02 DD03 EA14 EA39 EA42 EB09 EB25

EB37 FF03 FF04 FF25 GG03