

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5770171号

(P5770171)

(45) 発行日 平成27年8月26日 (2015. 8. 26)

(24) 登録日 平成27年7月3日 (2015. 7. 3)

(51) Int. Cl.		F I			
G05F	1/67	(2006.01)	G05F	1/67	A
H02J	7/00	(2006.01)	H02J	7/00	302C

請求項の数 14 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2012-515071 (P2012-515071)	(73) 特許権者	511298945
(86) (22) 出願日	平成22年6月8日 (2010. 6. 8)		ウィリス、アンドレ・ポスカチーブ
(65) 公表番号	特表2012-529714 (P2012-529714A)		WILLIS, Andre, Poskatcheev
(43) 公表日	平成24年11月22日 (2012. 11. 22)		アメリカ合衆国カリフォルニア州94303、パロ・アルト、アービュタス・アベニュー3510
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/037806		3510 Arbutus Avenue
(87) 国際公開番号	W02010/144473		, Palo Alto, CA 94303, the United States of America
(87) 国際公開日	平成22年12月16日 (2010. 12. 16)		
審査請求日	平成25年6月3日 (2013. 6. 3)	(74) 代理人	100096725
(31) 優先権主張番号	61/185, 264		弁理士 堀 明▲ひこ▼
(32) 優先日	平成21年6月9日 (2009. 6. 9)	(74) 代理人	100119231
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 井上 克己
(31) 優先権主張番号	12/796, 489		
(32) 優先日	平成22年6月8日 (2010. 6. 8)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直列に接続されたDC電源用の電力獲得回路および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

平衡化回路を含む装置であって、

直列に接続された第1および第2のDC電力源に連結された第1、第2および第3の電極であって、前記第1および第2のDC電力源によりそれぞれ生成された第1および第2のDC電圧の合計、ならびに前記第1および第2のDC電力源により生成された共通DC電流を、前記第1および第3の電極を介して受け取り、前記第1および第2のDC電力源によりそれぞれ生成された第1および第2のDC電流の差に実質的に等しい差DC電流を前記第2の電極を介して受け取る、ところの第1、第2および第3の電極と、

前記第1、第2および第3の電極に連結された容量性回路と、

前記第1および第3の電極の間に連結されたスイッチ回路と、

前記第2の電極と前記スイッチ回路との間に連結された誘導性回路と、

前記第1、第2および第3の電極ならびに前記スイッチ回路に連結された制御回路とを含む、

ここで、前記制御回路は、複数の制御信号を与えることにより、前記第1および第2のDC電圧の測定値ならびに前記第1および第2のDC電流の測定値に応答し、

前記スイッチ回路は、第1の時間間隔の間、前記誘導性回路と前記第1の電極との間に第1のDC電流路を与え、第2の時間間隔の間、前記誘導性回路と前記第3の電極との間に第2のDC電流路を与えることにより、複数の制御信号に応答することを特徴とする装置。

10

20

【請求項 2】

前記容量性回路が、
前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間に連結された第 1 のコンデンサー、および
前記第 2 の電極と前記第 3 の電極との間に連結された第 2 のコンデンサーを含む、請求
項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記誘導性回路が、前記第 2 の電極と前記スイッチ回路との間に結合されたインダク
タンスを含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記差 D C 電流が、前記第 1 および第 2 の時間間隔の間、前記誘導性回路を介して伝導
される、請求項 1 に記載の装置。 10

【請求項 5】

前記スイッチ回路が、
前記第 1 の電極と前記誘導性回路との間に連結された第 1 のスイッチ装置、および
前記第 3 の電極と前記誘導性回路との間に連結された第 2 にスイッチ装置を含む、請求
項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記誘導性回路が、前記第 2 の電極と前記第 1 および第 2 のスイッチとの間に結合され
たインダクタンスを含む、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記差 D C 電流が、前記第 1 の時間間隔の間、前記誘導性回路および前記第 1 のスイッ
チ装置を経て、さらに前記第 2 の時間間隔の間、前記誘電性回路および前記第 2 のスイッ
チ装置を経て伝導される、請求項 5 に記載の装置。 20

【請求項 8】

前記第 1 の時間間隔と前記第 2 の時間間隔との比が、前記第 2 の D C 電圧と前記第 1 の
D C 電圧との比に比例する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 9】

多数の D C 電力源からの電力を最大化する方法であって、
第 1 および第 2 の D C 電力源によりそれぞれ生成された第 1 および第 2 の D C 電圧の合
計、ならびに前記第 1 および第 2 の D C 電力源により生成された共通 D C 電流を、第 1 お
よび第 3 の電極を介して受け取る工程と、 30

前記第 1 および第 2 の D C 電力源によりそれぞれ生成された第 1 および第 2 の D C 電流
の差に実質的に等しい差 D C 電流を第 2 の電極を介して受け取る工程と、

前記第 1、第 2 および第 3 の電極を容量的に連結する工程と、

前記第 1 および第 2 の D C 電圧ならびに前記第 1 および第 2 の D C 電流を測定する工程
と、この測定値にしたがって

前記差 D C 電流に対して、第 1 の時間間隔の間、前記第 2 の電極と前記第 1 の電極の間に
第 1 の誘導性 D C 電流路を与える工程と、

前記差 D C 電流に対して、第 2 の時間間隔の間、前記第 2 の電極と前記第 3 の電極との
間に第 2 の誘導性 D C 電流路を与える工程と、 40

を含む方法。

【請求項 10】

前記第 1、第 2 および第 3 の電極を容量的に連結する工程が、
前記第 1 の電極と前記第 2 の電極とを容量的に連結する工程と、
前記第 2 の電極と前記第 3 の電極とを容量的に連結する工程と、
を含む請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記差 D C 電流に対して、第 1 の時間間隔の間、前記第 2 の電極と前記第 1 の電極の間に
第 1 の誘導性 D C 電流路を与える工程が、前記第 1 の時間間隔の間、前記第 2 の電極と
前記第 1 の電極とを誘導的に結合する工程を含み、 50

前記差 D C 電流に対して、第 2 の時間間隔の間、前記第 2 の電極と前記第 3 の電極との間に第 2 の誘導性 D C 電流路を与える工程が、前記第 2 の時間間隔の間、前記第 2 の電極と前記第 3 の電極とを誘導的に結合する工程を含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記差 D C 電流に対して、第 1 の時間間隔の間、前記第 2 の電極と前記第 1 の電極の間に第 1 の誘導性 D C 電流路を与える工程が、前記差 D C 電流をインダクタンスおよび第 1 のスイッチ装置を介して、伝える工程を含む、

前記差 D C 電流に対して、第 2 の時間間隔の間、前記第 2 の電極と前記第 3 の電極との間に第 2 の誘導性 D C 電流路を与える工程が、前記第 2 の時間間隔の間、前記インダクタンスおよび第 2 のスイッチ装置を介して、伝える工程を含む、請求項 9 に記載の方法

10

【請求項 1 3】

前記差 D C 電流が、前記第 1 および第 2 の時間間隔の間、インダクタンスを介して伝導される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記第 1 の時間間隔と前記第 2 の時間間隔との比が、前記第 2 の D C 電圧と前記第 1 の D C 電圧との比に比例する、請求項 9 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0 0 0 1】

本出願は、“Solar Array Inverter with Per-Panel Maximum Power Point Tracking”と題する、2009 年 6 月 9 日に出願した米国仮出願第 61/185264 号の出願に基づくものである。

【0 0 0 2】

本発明は、エネルギー変換回路から電力を獲得する (harvesting) 回路および方法に関し、特に直列に接続された D C 電源から獲得された電力を最大化するための上記回路および方法に関する。

【背景技術】

30

【0 0 0 3】

当業者には周知のように、中央インバーターをベースとしたエネルギー変換設備は、直列に接続された (ときどき、ストリングスと言われている) D C 電源のグループを使用する。例を挙げると、バイオマス、ケミカル、燃料電池およびエネルギー貯蔵バッテリーがある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

たとえば、ソーラーパネルの場合、パネルが影に入ったり、薄暗くなったりすると、それらはほとんど光電流を生成しない。パネル電流はまた、いろいろな理由のために不均衡になることがある。ストリングス状になったソーラーパネルにはすべて同じ電流を伝えるという規制があるために、最も弱い電流のソーラーパネルにより、他のソーラーパネルから獲得される電力が制限される。同様の理由により、ストリング状になったソーラーパネルは同じ向きにあって、同じタイプおよび大きさでなければならない。このことは美観上または他の構造上の理由から必ずしも可能でもなく望ましくもない。

40

【0 0 0 5】

他の周知のアプローチはマイクロインバーターである。マイクロインバーターは一つのソーラーパネルからのソーラーエネルギーを市販の A C 電力グリッドに変換する。M P P T は獲得エネルギーを最大化するためにパネル単位で行われるが、マイクロインバーターの設備のコストパフォーマンスは、ワット当たりのコストが高く、電気変換効率が低い

50

めに悪い。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明にしたがって、互いに直列に接続され、等しくないDC電流を与える多数のDC電力源からの電力を最大にする回路および方法が提供される。この等しくないDC電流の間の差異に関連した電流が、直列に接続された電源から迂回させられ、磁場エネルギーとして獲得され、直列に接続された電源により与えられたDC電流に加えられる。

【0007】

本発明の一実施例にしたがって、電流平衡化回路が、

【0008】

直列に接続された第1および第2のDC電力源に連結された第1、第2および第3の電極であって、

【0009】

第1および第2のDC電力源によりそれぞれ生成された第1および第2のDC電圧の合計、ならびに第1および第2のDC電力源により生成された共通DC電流を、第1および第3の電極を介して受け取り、

【0010】

第1および第2のDC電力源によりそれぞれ生成された第1および第2のDC電流の差に実質的に等しい差DC電流を第2の電極を介して受け取る、
ところの第1、第2および第3の電極と、

【0011】

第1、第2および第3の電極に連結された容量性回路と、

【0012】

第1および第3の電極の間に連結されたスイッチ回路と、

【0013】

第2の電極とスイッチ回路との間に連結された誘導性回路と、

【0014】

第1、第2および第3の電極ならびにスイッチ回路に連結された制御回路とを含み、

【0015】

ここで、制御回路は、複数の制御信号を与えることにより、第1および第2のDC電圧ならびに第1および第2のDC電流に応答し、

【0016】

スイッチ回路は、第1の時間間隔の間、誘導性回路と第1の電極との間に第1のDC電流路を与え、第2の時間間隔の間、誘導性回路と第3の電極との間に第2のDC電流路を与えることにより、複数の制御信号に応答する。

【0017】

本発明の他の実施例にしたがって、多数のDC電力源からの電力を最大化する方法が、

【0018】

第1および第2のDC電力源によりそれぞれ生成された第1および第2のDC電圧の合計、ならびに第1および第2のDC電力源により生成された共通DC電流を、第1および第3の電極を介して受け取る工程と、

【0019】

第1および第2のDC電源によりそれぞれ生成された第1および第2のDC電流の差に実質的に等しい差DC電流を第2の電極を介して受け取る工程と、

【0020】

第1、第2および第3の電極を容量的に連結する工程と、

【0021】

第1および第2のDC電圧ならびに第1および第2のDC電流を測定する工程と、これにしたがって

10

20

30

40

50

【0022】

差DC電流に対して、第1の時間間隔の間、第2の電極と第1の電極の間に第1の誘導性DC電流路を与える工程と、

【0023】

差DC電流に対して、第2の時間間隔の間、第2の電極と第3の電極との間に第2の誘導性DC電流路を与える工程と、

を含む。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】図1は一実施例にしたがった電力平衡器の略示図である。

10

【図2】図2は図1の電力平衡器の動作を図示する。

【図3】図3は、図1の電力平衡器に使用されるスイッチ制御信号の典型的な信号タイミング図である。

【図4】図4は、典型的なソーラーパネルに対する電流-電圧および電力-電圧の特徴曲線の全体と拡大図である。

【図5】図5は、他の実施例にしたがった直列に接続された多数の電力平衡器と組み合わされた電力平衡器モジュールの略示図である。

【図5a】図5aは、他の実施例にしたがった直列に接続された多数の電力平衡器と組み合わされた電力平衡器モジュールの略示図である。

【図5b】図5bは、図5aの制御ユニットの典型的な実施例のブロック図である。

20

【図5c】図5cは、図5bの制御ユニットで実行される実施例のフローチャートである。

【図6】図6は、他の実施例にしたがってDC/AC変換器によりACに変換されるDCを与えるために連結された四つの電力平衡器モジュールのブロック図である。

【図6a】図6aは、他の実施例にしたがった分散インバーターシステムのアーキテクチャのブロック図である。

【図7】図7は、他の実施例にしたがった三相電力グリッド用のDC/AC変換器の略示図である。

【図7a】図7aは実施例にしたがった一相電力グリッド用のDC/AC変換器の略示図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下の詳細な説明は、ここで請求される発明の、添付図面を参照してなされる例証実施例についてのものである。そのような説明は、図解的であることが意図され、本発明の範囲に関して限定しようとするものではない。そのような実施例は、当業者が主題発明を実施することができるように十分詳細に説明される。そして、他の実施例が、主題発明の精神又は範囲から逸脱することなく、いくつかの変形例で実施されることが理解されるであろう。

【0026】

本開示を通して、文脈とは相容れないことについての明瞭な指示がない限り、説明される個々の回路要素の数は単一又は複数であると理解されるであろう。例えば、“回路”及び“回路構成”という用語は、単一部品又は複数の部品のいずれかを含むことができる。これらは、能動的及び／又は受動的であり、そして一緒に接続されるか、そうでなければ結合されて（例えば、1以上の集積回路チップとして）、説明された機能を与える。また、明瞭な指示がない限り、“信号”という用語は、1以上の電流、1以上の電圧、又はデータ信号を示すことがある。さらに、本発明は、ディスクリートな電子回路構成（1以上の集積回路チップの形態であることが好ましい）を使用した実施の文脈で論議されているが、そのような回路構成のどの部分の機能でも、処理される信号周波数又はデータレートに依存して、1以上の適切にプログラムされたプロセッサを使用して代替的に実施される。また、図がいろいろな実施例の機能ブロックの図を示す限り、機能ブロックはハード

40

50

ウェア回路間の区分けを必ずしも示さない。したがって、たとえば、一つまたはそれ以上の機能ブロック（たとえば、プロセッサ、メモリーなど）はハードウェア（たとえば、汎用性信号プロセッサ、ランダムアクセスメモリー、ハードディスクドライブなど）の一つで実行されてもよい。同様に、ここに記述されたどのプログラムも、独立型のプログラムでもよく、動作システムでのサブルーティンとして組み込まれてもよく、インストールされたソフトウェアのパッケージにある機能であってもよい。

【0027】

以下で詳述されるように、本発明は、直列に接続されたDC電力源からの電力の獲得（harvesting）を最大にする。例示の例を説明するために、下述の説明は、高い変換効率、高い変換のコストパフォーマンスでもって、ソーラーエネルギーを市販の電力グリッドへ供給されるAC電流に変換する例に基づいている。高いソーラーエネルギーの獲得は各ソーラーパネル用のMPPTを使用して達成される。公になっている統計上データに基づき、このようなモジュールごとのMPPTは典型的なソーラーパネルの据え付けでは、5-25%のエネルギー獲得利得に寄与する。ソーラーパネルの据え付けの維持は、さらに各光電池モジュールの性能を連続的にモニターすることで利点がある。さらに、屋根に高DC電圧の配線が不用という利点もある。

【0028】

図1に示されているように、本発明の重要な特徴は電力平衡器である。例示の実施例に示されているとおり、二つのソーラーパネルPV1 100、PV2 101は直列に接続されている。それらが同じ特徴をもっている場合は、MPPT変換器が、両パネルが最大の電力を伝えるポイントを見出す。それらが同じ特徴をもっていない場合は、弱い方のパネルが、強い方のパネルから獲得した電力を制限することになる。たとえば、一方のパネルPV1が暗くなり、他方のパネルPV2よりも1アンペア小さな電流を形成する場合は、電力平衡器は、MPPT変換器がたとえばパネル間の不整合を補償することにより、両パネルからより多くの電力を獲得できるようにする。

【0029】

一実施例にしたがって、電力平衡器は、図示のように互いに接続されたコンデンサーC1 102、C2 103、インダクターL1 104、スイッチSW1 105、SW2 106（たとえば、金属酸化膜半導体電界効果トランジスター（MOSFET））、および制御ユニット107を含む。スイッチ105、106が50%のデューティサイクルで動作すると、電力平衡器は、パネルPV1、PV2により生成される電流と無関係に、パネルPV1、PV2において実質的に等しい電圧を維持する。

【0030】

パネルPV1は電流 I_1 を生成し、パネルPV2は $I_2 = I_1 + I_{\text{delta}}$ を生成するとする。電力平衡器が使用されないと、MPPT変換器が全電流 I_1 を受け取り、 I_{delta} は回収または獲得されない。電力平衡器の目的は、付加的な電流 I_{delta} を獲得し、これに関連した余分な電力をMPPTに送ることである。

【0031】

図2に示されているように、電力平衡器の動作は、従来のブースト変換器のものと対比できる。スイッチSW2 200が閉じている間、スイッチSW1 203が開き、電流差 $I_2 - I_1 = I_{\text{delta}}$ がPATH1 202を介して伝導され、エネルギーがインダクターL1 201の磁場内に蓄積する。スイッチSW1 203が閉じている間、スイッチSW2 200が開き、電流がPATH2 205を介して伝導され、インダクターL1 201に前に蓄えられたエネルギーは、付加的な電流（ソーラーパネルPV1、PV2の電流差 I_{delta} に関連し、 $I_{\text{delta}} * V_{PV2}^{MPP} / (V_{PV1}^{MPP} + V_{PV2}^{MPP})$ に完全に等しい平均の大きさ I_{added} を有する）としてMPPT変換器204に伝えられる。かくして、電力平衡器はエネルギー206の平衡化されていない部分のみを変換し、MPPT変換器204に直接進む電流 I_1 に関連したエネルギーの平衡化された部分に影響を与えない。したがって、電力平衡器のエネルギー変換の効率はエネルギーの非平衡な部分の大きさ206に実質的に比例する。コンデンサーC1 204、C2 203の静電容

量値は重要というわけではないが、しかし、スイッチSW1 105、SW2 106のスイッチング周波数および許容可能な最大のパネルの不整合を含む基準に基づいて選択される。また、静電容量値は、それら両端の電圧リップルより、ソーラーパネルPV1、PV2の電圧がソーラーパネルPV1、PV2の最大の電力ポイント(MPP)の電圧から著しく逸脱しないことが確実になるように、十分に高いほうがよい。このことにより、ソーラーパネルから獲得するエネルギーが最大値近くに維持される。典型的な結晶性シリコンソーラーパネルに対して、電圧リップルがパネルMPP電圧から約5%（ピークツーピーク）であるならば、99.5%のエネルギーの獲得が達成される。

【0032】

図4に示されているように、電力獲得のさらなる改良は、各パネルに対して個々に電圧を最適化することにより得ることができる。グラフ400は、典型的なソーラーパネルに対する電流-電圧および電力-電圧曲線を図示する。たとえば、“PV1 I-V曲線”はパネルPV1 100（影にされている）に対応し、“PV2 I-V曲線”はパネルPV2 101（影にされていない）に対応する。拡大されたグラフ401は、パネルPV2の最大電力がPV1の場合より僅かに高い電圧に達すること（たとえば、 V_{PV2}^{mP} P402、 V_{PV1}^{mP} P403）を示している。この最適化は、電圧 V_1 108、 V_2 109および電流 I_1 110、 I_2 111（以下で詳述する）の測定に基づいて制御ユニット107（図1）の二次（たとえば、より緩やか）最適化ループにより達成される。

【0033】

図3に示されているように、制御ユニット107はスイッチSW1、SW2を開閉する制御信号のデューティサイクルをセットする。すなわち、 $T_1/T_2 = V_{PV2}^{mP} / V_{PV1}^{mP}$ で、ここで V_{PV1}^{mP} 、 V_{PV2}^{mP} はそれぞれ、パネルPV1およびPV2の最適電圧であり、 T_1 および T_2 はそれぞれ、制御信号SW1 300、SW2 301のパルス幅である。

【0034】

図5に示されているように、他の実施例にしたがって、二つを超える数のソーラーパネルから獲得した電力を最大化するために、たとえば、直列に接続された四つのソーラーパネルPV1 500、PV2 501、PV3 502、PV4 503を有する、マルチ平衡器獲得最大化モジュールの実施に同様の技術を適用することができる。四つのパネル（二つの平衡化された対となるように構成されたもの）を平衡化するために、三つの電力平衡器を使用することができる。ソーラーパネルの各対PV1+PV2、PV3+PV4の電力平衡化は、上記の通りに行われる。三番目の電力平衡器は、ソーラーパネルの二対のPV1+PV2、PV3+PV4を平衡化する。その結果、四つ全てのパネルは平衡化され、MPPT変換器504に対して電力を与える。MPPT変換器504は、図示のとおり実質的に相互接続され、効果的なブースト変換器として機能する、インダクターL4 505、スイッチSW7 506（たとえば、MOSFET）、ダイオードD1 507およびコンデンサーC5 508を含む。

【0035】

制御ユニット509は四つの最適化ループを実行する。最速の最適化ループは、MPPT変換器504のスイッチSW7 506のデューティサイクルを制御することにより、四つの平衡化されたパネル全てに対してMPPTを追跡する。二つの比較的遅い最適化ループ（好適には同じもの）は、ソーラーパネルの対の中で、個々のソーラーパネルを最適化する。ソーラーパネルの対PV1+PV2は、スイッチSW1 510、SW2 511のスイッチデューティサイクルにより制御される一方、ソーラーパネルの対PV3+PV4は、スイッチSW3 512、SW4 513のスイッチデューティサイクルにより制御される。最も遅い最適化ループは、スイッチSW5 514、SW6 515のスイッチデューティサイクルを制御することにより、ソーラーパネルの対PV1+PV2、PV3+PV4をグループとして平衡化する。

【0036】

図5aに示されているように、他の実施例のしたがって、多数のソーラーパネルのため

10

20

30

40

50

の電力平衡器は奇数個のソーラーパネルに対しても実施できる。たとえば、五個のソーラーパネルは四つの電力平衡器回路（電力平衡器の一つへ適用される最大の電圧を減少させるように構成される）により平衡化することができる。この実施において、一つの電力平衡器化回路が、（上述した）直列に接続されたソーラーパネルにおいて、電氣的に接続された隣接する対のそれぞれを平衡化するために使用される（ここで各ソーラーパネルの対は図示のとおり、平衡器回路を交互配置することにより平衡化される）。交互配置された電力平衡器の動作は、最適化された電圧比が直列になったソーラーパネルの全ての間で維持されるように行われる。第1の電力平衡器502aは二つのスイッチSW1、SW2を含み、スイッチSW1、SW2の状態のデューティサイクルの逆比に実質的に等しい関連したソーラーパネルPV1、PV2における電圧の比を維持する。同様に、第2の電力平衡器504aは、関連したPV2、PV3の間の電圧比を定義し、繋がったすべてのパネルに対して同様に続く。かくして、五つのソーラーパネルPV1、PV2、PV3、PV4、PV5は、四つの電力平衡器回路502a、504a、505a、506aにより定義されるそれぞれの電圧比をもち、下述のとおり、電力をMPPT変換器507aに与える。この実施の一般的な場合では、直列に接続されたN個のソーラーパネルは、N-1個の電力平衡器回路により平衡化することができる。

【0037】

図5bに示されているように、一実施例にしたがって、図1、図5および図5aの制御ユニット107、509a、508aは下述のように実行することができる。ソーラーパネルの電圧および電流の電圧および電流の測定はそれぞれ、トランスデューサー501b、502b、503b、504b（これらは、アナログデジタル変換器（ADC）505bにより変換されるソーラーパネルの電圧および電流に比例したアナログ電圧を与える）を使用して実行される。MPPTフィードバック電圧はまたADC505bによりデジタル化される。ADC505bはこれら変換された信号をデジタル化された測定データとして、マイクロプロセッサ507bに与えるが、このマイクロプロセッサ507bは、関連したデータメモリー506b（たとえば、ランダムアクセスメモリー（RAM））およびプログラムメモリー508b（たとえば、リードオンリーメモリー（ROM））と一緒になって、下述のとおり計算アルゴリズムを実行する。その結果は、たとえば、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）を使用して実行されるスイッチパルス形成ロジック509bに記載される。スイッチパルス形成ロジック509bからの出力パルスは、上述の通り、電力平衡器およびMPPT変換器スイッチを駆動するための信号ドライバ510b（たとえば、MOSFETドライバー）により適切なレベルに変換される。

【0038】

図5cに示されているように、典型的な実施例にしたがって、たとえば、図5bに示されている制御ユニットの動作は進行することができる。MPPT変換器制御ループの初期化501cに続き、スイッチ制御パルス幅は、僅かな増加分dTm、増加し（502c）、その後すべてのソーラーパネルの電力の合計が以下の式にしたがって計算される（503c）。

$$P_{\text{current}} = V1 * I1 + V2 * I2 + \dots + Vn * In$$

ここで、Vn=ソーラーパネルNからの電圧

In=ソーラーパネルNからの電流

【0039】

この新規に計算された電力P_{current}は、前に記憶された電力P_{previous}と比較される（504c）。現在の電力P_{current}が、前の電力P_{previous}より高いときは、電力の記憶値は現在の値で更新され（506c）、ループは続く。そうでないときは、スイッチ制御パルスの増加dTmの符号は反転され（505c）、ループは続く。

【0040】

同様に、比較的遅い電力平衡器制御ループが初期化され（507c）、平衡器のスイッチのタイミングの変更が続く（508c）。電力平衡器（図3）の二つのスイッチの間のタイミングの関係は、一方のスイッチ制御信号SW1のデューティT1がdTnの量、

増加し、他方のスイッチ制御信号SW2のデューティT2が同じdTnの量、減少するように、変わる。電力は前のように測定(509c)されるが、電力平衡器に付設されたソーラーパネルに対してのみである。この値 $P_{current}$ は前に記憶された電力 $P_{previous}$ と比較される。現在の電力 $P_{current}$ が、前の電力 $P_{previous}$ より高いときは、電力の記憶値は現在の値で更新され(512c)、ループは次の電力平衡器に対して続く(513c)。そうでないときは、スイッチ制御パルスの増加dTmの符号は反転され(511c)、上述のとおりループは続く。

【0041】

図6に示されているように、MPPT変換器の出力は電流源としての役割をもち、そのことにより、いくつかのMPPT変換器は、並列に接続できる(たとえば、四つの並列に接続されたMPPT変換器M1 600、M2 601、M3 602、M4 603(“電力源獲得最大化モジュール”として参照される))。それらにより生成されたDC電流はDC/AC変換器604によりAC電流に変換される。

【0042】

図6aに示されているように、電力獲得最大化モジュールの独立型の性質は、この機能をグリッド接続DC-AC変換器機能から物理的に分離することを実施可能にする。このことにより、図示のとおり、分散型インバーターシステムの基本構成が可能となる。この実施において、二つまたはそれ以上のソーラーパネル601aが一つまたはそれ以上の電源獲得最大化モジュール602aに接続され、それにより最適化される。各電源獲得最大化モジュールは一つまたはそれ以上のソーラーパネルの役に立ち、一つのMPPT変換器および接続されたソーラーパネルの数に対して適切な数の平衡器を含む。二つまたはそれ以上の電源獲得最大化モジュールはDC-三相AC変換器603aに接続される。モニタリングおよび制御ゲートウェイインターフェース605aが、電力線通信を介してシステムをモニタリングする手段を提供し、状況のモニタリングおよび制御のための電源システムとローカルまたはリモートの相互作用を可能にするための通信ブリッジを提供する。

【0043】

図7は、三相電力グリッドに電力を与えるためのDC/AC変換器の実施を示す。DC電流は、チョッパ700(昇圧変圧器T1 701のための高周波(たとえば、 >20 KHz)電圧を形成する)に進む。変圧器T1のガルバニック絶縁された出力は、フィルターコンデンサーC1 703の両端にかかるDC電圧を生成するために、整流器702で整流される。六つのスイッチSW1 704、SW2 705、SW3 706、SW4 707、SW5 708、SW6 709(たとえば、MOSFETまたは絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(IGBT))は、市販の三相電力グリッドに伝えるためのフィルター回路710を通る三相AC電圧を生成する。

【0044】

制御ユニット711が三相グリッド電圧 $V_{三相}$ および電流 $I_{三相}$ をモニターし、適切な位相をもつグリッドにエネルギーを伝えるためにスイッチSW1、SW2、SW3、SW4、SW5、SW6のための制御パルスを生成する。ガルバニック絶縁が標準準拠に対して必要とされないと、DC入力電圧 V_{inp} はフィルター703に直接適用でき、これによりチョッパ700、変圧器T1 701および整流器702の必要性がなくなる。

【0045】

上記基本構成は有利なことに、変換比 V_{rect}/V_{inp} を一定に維持することにより、DC/AC電力変換の効率を最大化する。その結果、入力DC電圧 V_{inp} はグリッド電圧を追跡する。スイッチSW1、SW2、SW3、SW4、SW5、SW6における整流されたDC電圧 V_{rect} は、電流グリッド電圧に歪みのない出力波形を与えるために必要とされる最小のレベルに維持される。この基本構成では、変化するソーラーエネルギーと変化するグリッド電圧との整合は、一カ所で、たとえばMPPT変換器504(図5)で実施される。

【0046】

図7aに示されているように、他の実施例にしたがって、電力獲得最大化モジュールは

10

20

30

40

50

単相電力インバーターに使用できる。上述のとおり、ソーラーパネルはエネルギーの連続流を与える。エネルギーが単相グリッドに連続して供給され得ないので、エネルギー貯蔵バッファが必要となる。このようなエネルギー貯蔵は、図示のように、コンデンサー 701aとして実行される。直列に接続され、平衡化されたソーラーパネルにおける、MPPTブースト変換器に適用される電圧の合計は、高電力獲得最大化モジュールの出力電圧となる。コンデンサーの蓄えられたエネルギーが適用電圧の二乗に比例するため、このことは、既存の単相のソーラーパネルインバーターに比べて、容量性蓄積要素の物理的な大きさを対応した減少させる。コンデンサー 701aに存在する電圧のリップルは、適切な電力獲得最大化モジュールの制御アルゴリズムにより、ソーラーパネルから分離される。

【0047】

10

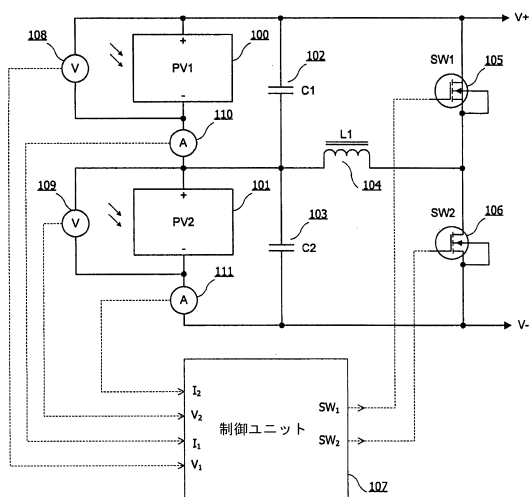
上述の説明に基づき、本発明にしたがって、電力平衡器が、ソーラーパネルのような直列接続されたDC電力源から獲得するエネルギーを、ソーラーパネルの間の不整合を補償することにより改良することができる点、電力平衡器が二つを越える数のソーラーパネルを平衡化するために使用することができる点、MPPT変換器（電流源として機能する）により、複数の変換器を、それらの出力電流を合計するために並列に接続することができる点、非常に効率的な基本構成が、エネルギー変換チェーンの一カ所で変化するソーラーエネルギーレベルと変化するグリッド電圧を補償するDC/AC電力変換器を提供する点、多重ループの制御アルゴリズムがシステム性能を最適化するために提供される点に分かるであろう。

【0048】

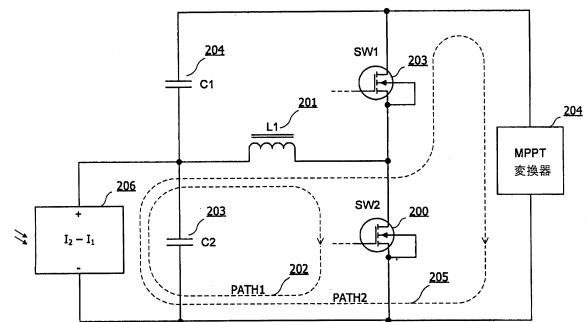
20

様々な変更および修正が、本発明の精神および範囲から逸脱することなくなされてよいことは、当業者には明らかであろう。本発明の特定の実施例が示され説明されたが、本発明を好ましい実施形態に限定することは意図しないことを理解されたい。本発明は、特許請求の範囲により画定され、本発明の精神および範囲に含まれる構造、方法および均等物を包含するものである。

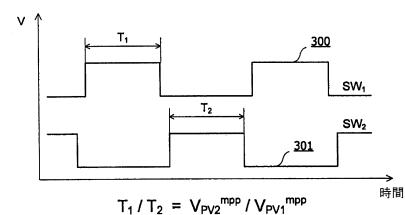
【図1】



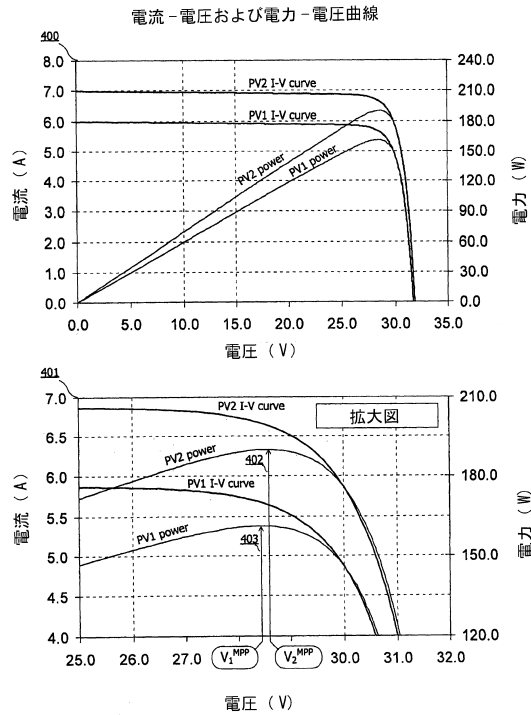
【図2】



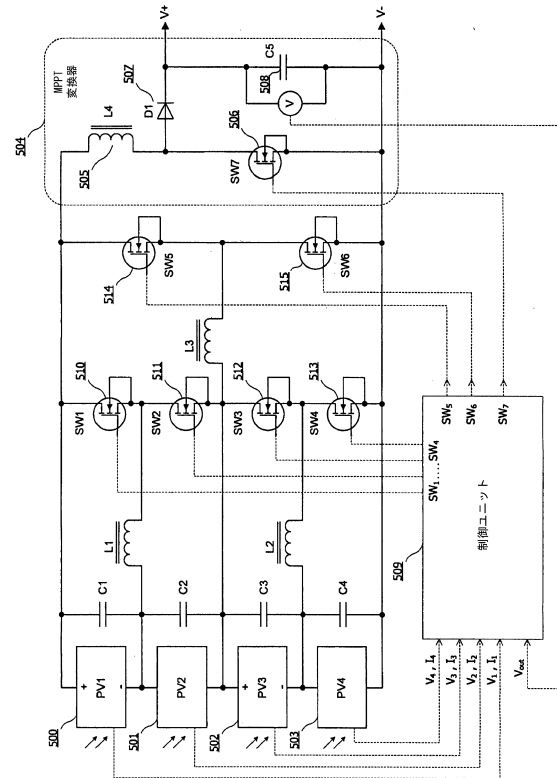
【図3】



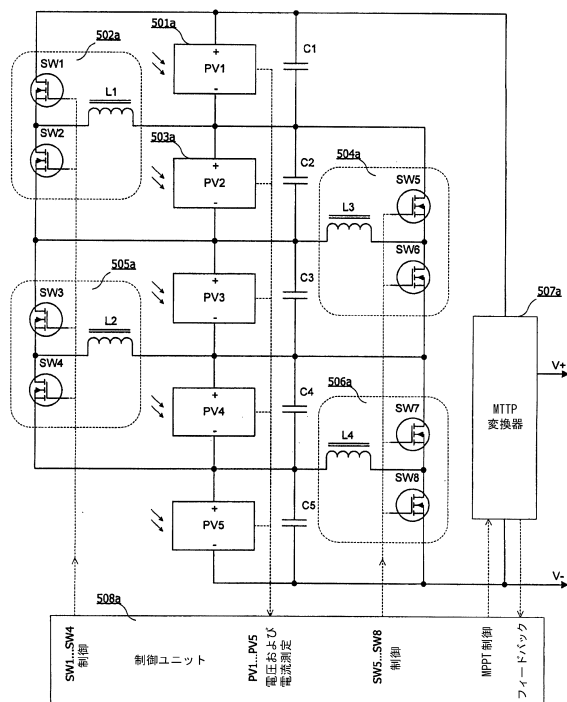
【図 4】



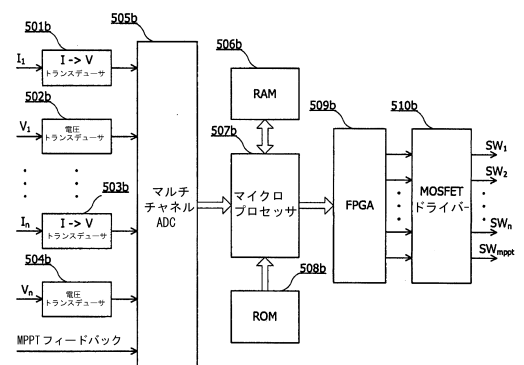
【図 5】



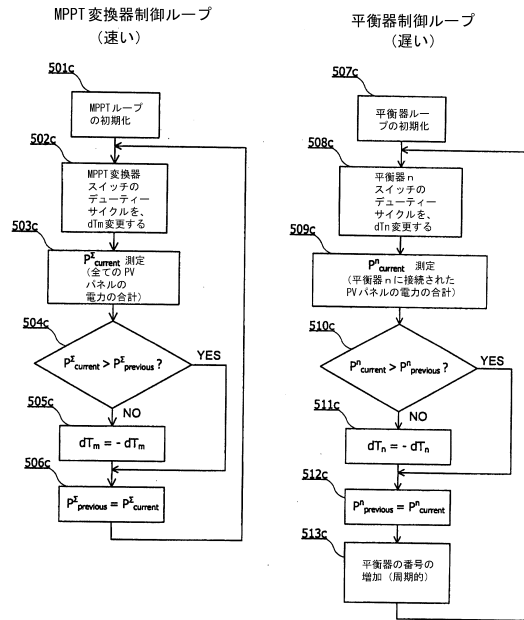
【図 5 a】



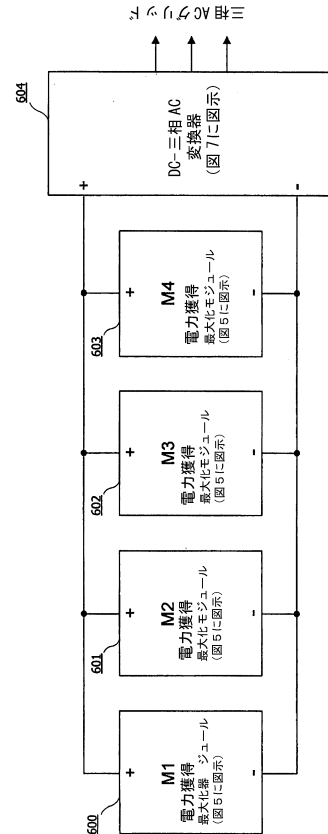
【図 5 b】



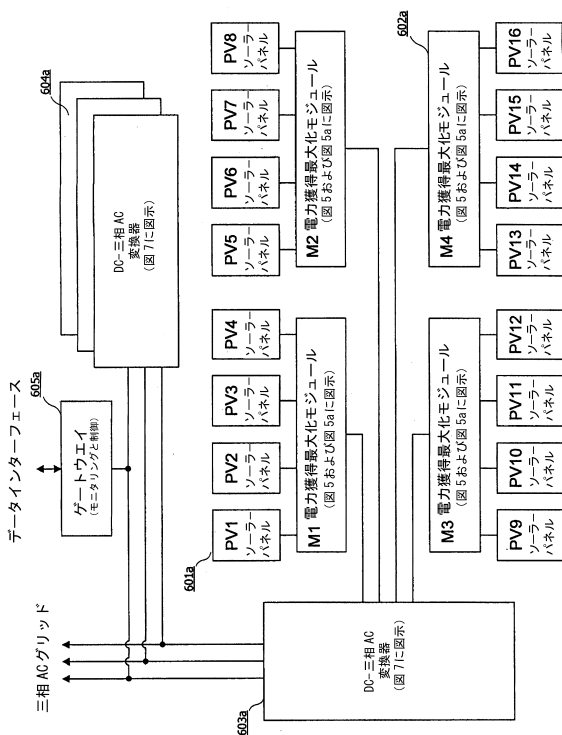
【図 5 c】



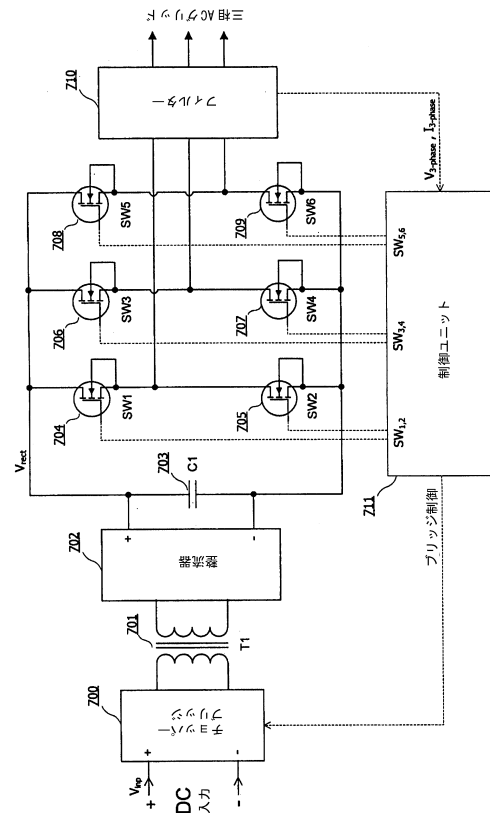
【図 6】



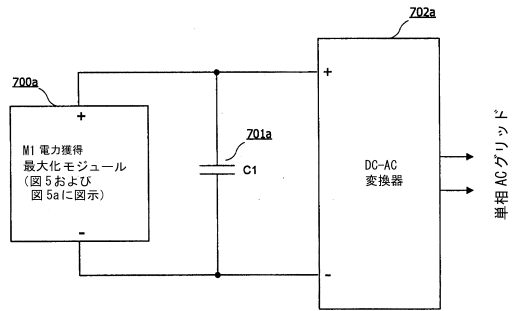
【図 6 a】



【図 7】



【図 7 a】



フロントページの続き

(74)代理人 100171697

弁理士 原口 尚子

(72)発明者 ウィリス、アンドレ・ボスカチーブ

アメリカ合衆国カリフォルニア州94303、パロ・アルト、アービュタス・アベニュー3510

審査官 中里 翔平

(56)参考文献 国際公開第2005/112551 (WO, A2)

特開平11-65687 (JP, A)

特開平10-234185 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05F 1/67

H02J 7/00

H02M 3/00-3/44