

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6334563号  
(P6334563)

(45) 発行日 平成30年5月30日 (2018.5.30)

(24) 登録日 平成30年5月11日 (2018.5.11)

(51) Int. Cl.		F I			
HO2M	7/48	(2007.01)	HO2M	7/48	E
HO2J	3/38	(2006.01)	HO2M	7/48	R
			HO2J	3/38	130

請求項の数 19 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-554136 (P2015-554136)	(73) 特許権者	515078095
(86) (22) 出願日	平成26年1月22日 (2014.1.22)		エスエムエイ ソーラー テクノロジー
(65) 公表番号	特表2016-510586 (P2016-510586A)		アクティエンゲゼルシャフト
(43) 公表日	平成28年4月7日 (2016.4.7)		SMA Solar Technolog
(86) 国際出願番号	PCT/EP2014/051241		y AG
(87) 国際公開番号	W02014/118059		ドイツ連邦共和国 34266 ニーステ
(87) 国際公開日	平成26年8月7日 (2014.8.7)		タール, ゾンネンアリー 1
審査請求日	平成28年12月7日 (2016.12.7)	(74) 代理人	110001302
(31) 優先権主張番号	102013100961.1		特許業務法人北青山インターナショナル
(32) 優先日	平成25年1月30日 (2013.1.30)	(72) 発明者	ウンル, アレクサンダー
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		ドイツ連邦共和国 34266 ニーステ
(31) 優先権主張番号	102013105339.4	(72) 発明者	シュレーダー, トーマス
(32) 優先日	平成25年5月24日 (2013.5.24)		ドイツ連邦共和国 34117 カッセル
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		, ヴェステンドシュトラッセ 4
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 DC-ACコンバータのDC電圧入力に共通接続される複数のDC電源に電力を配分するための方法及びインバータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

DC-ACコンバータ(6)の入力側DCリンク(5)に並列に接続される複数のDC電源(24、25)間に電力を配分する方法であって、前記DC電源の少なくとも1つは、DC-DCコンバータ(2)経由で前記DCリンク(5)に接続され、前記DC-DCコンバータ(2)は前記DC電源(25)により前記DCリンク(5)に供給される電力の変化を引き起こすために作動可能であり、前記DC-ACコンバータ(6)の電力がすべてのDC電源(24、25)から利用できる最大電力の合計に関して抑制制御される前記DC-ACコンバータ(6)の抑制制御動作中に、前記DC電源(24、25)の電力が別々に抑制制御される方法において、前記DC-ACコンバータ(6)の前記抑制制御動作中に、前記少なくとも1つのDC電源(25)を前記DCリンク(5)に接続している少なくとも前記少なくとも1つのDC-DCコンバータ(2)の作動により、少なくとも1つの他のDC電源(24、25)の電力の変動が動的に補償され、

DC-DCコンバータ(2)であって、それを經由して前記少なくとも1つの他のDC電源(25)が、作動される前記DCリンク(5)に接続される、DC-DCコンバータ(2)により、前記少なくとも1つの他のDC電源(25)の前記電力が、有効に変化させられることを特徴とする方法。

【請求項2】

DC-ACコンバータ(6)の入力側DCリンク(5)に並列に接続される複数のDC電源(24、25)間に電力を配分する方法であって、前記DC電源の少なくとも1つは

、DC-DCコンバータ(2)経由で前記DCリンク(5)に接続され、前記DC-DCコンバータ(2)は前記DC電源(25)により前記DCリンク(5)に供給される電力の変化を引き起こすために作動可能であり、前記DC-ACコンバータ(6)の電力がすべてのDC電源(24、25)から利用できる最大電力の合計に関して抑制制御される前記DC-ACコンバータ(6)の抑制制御動作中に、前記DC電源(24、25)の電力が別々に抑制制御される方法において、前記DC-ACコンバータ(6)の前記抑制制御動作中に、前記少なくとも1つのDC電源(25)を前記DCリンク(5)に接続している少なくとも前記少なくとも1つのDC-DCコンバータ(2)の作動により、少なくとも1つの他のDC電源(24、25)の電力の変動が動的に補償され、

前記少なくとも1つの他のDC電源(24)の前記電力が、前記DC-ACコンバータ(6)の入力側DCリンク(5)のDCリンク電圧の変化を引き起こすために作動される前記DC-ACコンバータ(6)により、有効に変化させられることを特徴とする方法。

**【請求項3】**

請求項1又は2に記載の方法において、前記少なくとも1つのDC電源(25)が、前記作動可能なDC-DCコンバータ(2)経由で前記DC-ACコンバータ(6)の前記DCリンク(5)に接続される太陽電池発電装置を含むことを特徴とする方法。

**【請求項4】**

請求項3に記載の方法において、それぞれ、作動可能なDC-DCコンバータ(2)経由で前記DC-ACコンバータ(6)の前記DCリンク(5)に接続される太陽電池発電装置を含む複数のDC電源(25)を特徴とする方法。

**【請求項5】**

請求項1乃至4の何れか1項に記載の方法において、前記少なくとも1つの他のDC電源(24)が、電気機械を含む発電装置を有することを特徴とする方法。

**【請求項6】**

請求項5に記載の方法において、前記少なくとも1つの他のDC電源(24)により前記DCリンク(5)に供給される前記電力の変化を引き起こすために作動可能なDC-DCコンバータ(2)なしに、前記発電装置が前記DC-ACコンバータ(6)の前記DCリンク(5)に接続されることを特徴とする方法。

**【請求項7】**

請求項1乃至6の何れか1項に記載の方法において、前記少なくとも1つの他のDC電源(24、25)の前記電力の変動が、前記少なくとも1つのDC電源(25)を前記DCリンク(5)に接続する前記DC-DCコンバータ(2)の10ms以下、好ましくは1ms以下の応答時間により補償されることを特徴とする方法。

**【請求項8】**

請求項1乃至7の何れか1項に記載の方法において、前記DC-ACコンバータ(6)の前記電力が外部プリセットに従って抑制制御されることを特徴とする方法。

**【請求項9】**

請求項1乃至8の何れか1項に記載の方法において、前記DC-ACコンバータ(6)の前記抑制制御される電力が動的に変化させられることを特徴とする方法。

**【請求項10】**

請求項1乃至9の何れか1項に記載の方法において、前記少なくとも1つの他のDC電源(24、25)の前記電力が、前記少なくとも1つの他のDC電源(24、25)の特性の少なくとも一部を検出するために有効に変化させられることを特徴とする方法。

**【請求項11】**

請求項1乃至10の何れか1項に記載の方法において、前記少なくとも1つの他のDC電源(24、25)の前記電力の変動中、前記少なくとも1つの他のDC電源(24、25)のMPPが通過されることを特徴とする方法。

**【請求項12】**

請求項1乃至11の何れか1項に記載の方法において、前記少なくとも1つの他のDC電源(24、25)の前記電力が、前記少なくとも1つの他のDC電源(24、25)の

10

20

30

40

50

電圧増大を識別するために有効に変化させられることを特徴とする方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至 1 2 の何れか 1 項に記載の方法において、前記少なくとも 1 つの他の前記 DC 電源 ( 2 4、2 5 ) の前記電力が、前記少なくとも 1 つの他の DC 電源 ( 2 4、2 5 ) を開路に近い動作点から、同一電力であるがより低い動作電圧の短絡に近い動作点に移行させるために有効に変化させられることを特徴とする方法。

【請求項 1 4】

請求項 1、3 乃至 8 の何れか 1 項に記載の方法において、前記少なくとも 1 つの他の DC 電源 ( 2 4、2 5 ) の前記電力が、少なくとも 1 つの観点から最適化されるすべての前記 DC 電源 ( 2 4、2 5 ) の動作点を決定し、かつ、それに接近するために、有効に変化させられることを特徴とする方法。

10

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の方法において、前記観点が以下：

- 前記 DC - DC コンバータ ( 2 ) 及び前記 DC - AC コンバータ ( 6 ) のすべての電力損失の最小化、

- 前記 DC - DC コンバータ ( 2 ) 及び前記 DC - AC コンバータ ( 6 ) のすべての負荷の最小化、

- 複数の前記 DC - DC コンバータ ( 2 ) 内の同一設計の構成要素の電力損失の整合

- 前記 DC - AC コンバータ ( 6 ) の電力調整能力の最適化  
から選択されることを特徴とする方法。

20

【請求項 1 6】

- 入力側 DC リンク ( 5 ) を有する DC - AC コンバータ ( 6 )、

- 前記 DC リンク ( 5 ) への複数の DC 電源 ( 2 4、2 5 ) の並列接続のための複数の入力 ( 2 3、2 6 )、

- 少なくとも 1 つの DC - DC コンバータ ( 2 ) であって、前記入力の 1 つ ( 2 6 ) と前記 DC リンク ( 5 ) との間に配置され、前記 DC - DC コンバータ ( 2 ) 経由で前記 DC リンク ( 5 ) に供給される電力の変化を引き起こすために作動可能である、少なくとも 1 つの DC - DC コンバータ ( 2 )、及び

- 請求項 1 乃至 1 5 の何れか 1 項に記載の方法に従って前記少なくとも 1 つの DC - DC コンバータ ( 2 ) を作動する制御装置 ( 9 ) を含むインバータ ( 1 )。

30

【請求項 1 7】

請求項 1 6 に記載のインバータ ( 1 ) において、前記制御装置 ( 9 ) が前記 DC - AC コンバータ ( 6 ) の電力を調整する一次制御装置要素 ( 1 2 ) 及び前記電力を前記少なくとも 1 つの DC - DC コンバータ ( 2 ) の作動により前記入力 ( 2 3、2 6 ) 間に配分する二次制御装置要素 ( 1 5 ) を有することを特徴とするインバータ。

【請求項 1 8】

請求項 1 6 又は 1 7 に記載のインバータ ( 1 ) において、作動可能な DC - DC コンバータ ( 2 ) が前記入力 ( 2 6 ) のすべてと前記 DC リンク ( 5 ) との間に設けられることを特徴とするインバータ。

40

【請求項 1 9】

請求項 1 6 又は 1 7 に記載のインバータ ( 1 ) において、前記入力 ( 2 3 ) の少なくとも 1 つに作動可能な DC - DC コンバータ ( 2 ) が設けられないことを特徴とするインバータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、DC - AC コンバータの入力側 DC リンクに並列に接続される複数 DC 電源に電力を配分するための方法に関する。この方法は、独立特許請求項 1 の前文記載の特徴

50

を有する。本発明は、さらに、入力側DCリンクを含むDC-ACコンバータ、DCリンクへの複数のDC電源の並列接続のための複数の入力、及び少なくとも1つのDC-DCコンバータを備えるインバータに関する。このDC-DCコンバータは、複数の入力の1つとDCリンクとの間に配置され、前記DC-DCコンバータ経由でDCリンクに供給される電力の変換を引き起こすために作動可能である。

#### 【0002】

具体的には、個々の、複数又はすべてのDC電源は、太陽電池の少なくとも1つのストリングを有する太陽電池発電装置を含むことができる。DC電源のすべてがこの方法により設計された場合、対応するインバータも、太陽電池インバータと呼ばれる。さらに、すべてのDC電源の動作点に対応するDC-DCコンバータを作動することにより個別に設定できる場合、マルチストリングインバータという用語が使用される。この場合の太陽電池のストリングは、少なくとも複数の太陽電池の直列回路を意味するものとして理解される。しかし、複数のかかる直列回路を並列に接続してストリングにすることもできる。この場合、これらの並列接続される直列回路のそれぞれは、サブストリングと呼ばれる。この場合、太陽電池をグループに結合して太陽電池モジュールを形成し、次にこれらのモジュールに関して直列に接続してストリング又はサブストリングを形成することができる。

#### 【0003】

光電的に生成された電気エネルギーをACグリッドに給電するインバータの電力の抑制制御がACグリッドの安定化のために必要になることがある。抑制制御は、それぞれのインバータの定格出力の一定のパーセンテージ、すなわち一定期間の時間にわたり時間的に一定のパーセンテージで発生することがある。しかし、それは、動的に、すなわち、時間とともに変動する限界値に基づいてACグリッド上の瞬間電力要求を対象として設定されるプリセットを考慮して発生することもある。いずれにせよ、抑制制御は、ACグリッドについて負の電力調整を行う。

#### 【0004】

抑制制御が動的又はむしろ静的に発生するのか、及び抑制制御が行われる理由に関係なく、本発明は、DC-ACコンバータの抑制制御された電力をインバータの種々のDC-DCコンバータに配分することに関する。

#### 【0005】

既知のマルチストリングインバータは、本出願人による製品“Sunny TriPower”である。マルチストリングインバータの複数のDC-DCコンバータは、前記DC-DCコンバータ経由で接続されているストリングを各場合において互いに独立にそれらの最大電力点(MPP)において、すなわち、これらのストリングにより最大電力が生成される動作電圧において動作させることを可能にする。この場合、DC-DCコンバータは、一般的にブーストコンバータであり、個々のストリングの動作電圧を共通DCリンク(それは、DC-ACコンバータの入力DCリンクである)のDCリンク電圧に昇圧する。製品“Sunny TriPower”の場合、ストリングの電力の抑制制御は、常に開路電圧の方向に生じる。この場合、DC-ACコンバータの電力の抑制制御事象において、まず、動作電圧とDCリンク電圧との間の電圧差が最大であるストリングが負荷から解放され、これによりその動作電圧がその開路電圧の方向に上昇する。このストリングが負荷から完全に開放されたときに初めて、又は電圧差が2番目のストリングの電圧差に等しいとき、2番目のストリングも負荷から解放される。その結果、ブーストコンバータ形式の個々のDC-DCコンバータにおける電力損失の最小化が達成され、同時にそれらの電力損失の調整も達成される。すでに説明したように、この種類のインバータの場合の動作電圧のシフトは、常に個々のストリングの開路電圧の方向に行われる。したがって、装置の規模を決定するときに、ストリングの最大開路電圧が最大許容DCリンク電圧を超えないようにすることが必要である。

#### 【0006】

本出願人による既知のバージョンのマルチストリングインバータ“Sunny boy”では、ストリングの動作可能電圧の範囲を拡張する可能性が装置運用者に与えられる。や

10

20

30

40

50

はりDCリンク電圧がその最大許容値を超えないようにするために、DC-ACコンバータの電力の抑制制御の場合には、動作電圧をそれぞれのストリングの短絡の方向、すなわちMPPからそれより低い電圧の方向にシフトする。これは、最大MPP電圧が最大許容DCリンク電圧にほぼ等しくなるようにストリングを設計することを可能にする。具体的には、この既知のマルチストリングインバータの制御中、共通DCリンクを形成するストリングの接続より前においてさえも、電圧増大ストリング、すなわち最大許容DCリンク電圧を超える開路電圧のストリングが存在するか否か検知する。次に、かかるストリングのMPPの上昇をそのストリングの低い動作電圧の範囲から行う。続いてDC-ACコンバータの電力の抑制制御中に、かかるストリングを低減動作電圧で動作させる。他方、電圧増大していない他のストリングは、抑制制御中に、より高い動作電圧の方向、すなわちそれらの開路電圧の方向にシフトされる。なぜならば、これらのストリングの特性曲線により、それらの電力のより優れた、具体的には、より速いこの方向の抑制制御能力が与えられるからである。しかし当初電圧増大でなかったストリングが、動作条件の変更のために、すなわち、たとえばその電力の抑制制御中にその動作電圧をその開路電圧の方向に上昇することにより、電圧増大になった場合、許容DCリンク電圧を超える動作電圧が実現し、影響を受けるストリングと、場合により、前記ストリングに並列に接続され、同一DC-DCコンバータに接続されているサブストリングとの動作電圧が短絡される。その結果として、DCリンク電圧のさらなる上昇が防止される。次に、マルチストリングインバータにより送り込まれる電力を再び増大する必要がある。その結果、給電中の損失が生じる。DC-ACコンバータに現在許容されている電力は、出力傾斜における最大増加による新たな増大の場合、数秒後に初めて再供給できるからである。一般に、現在DC-ACコンバータにより供給できる電力を可能な限り消費することに関心がある。

#### 【0007】

米国特許出願公開第2011/0101784 A1号明細書は、風力及び太陽ハイブリッドインバータを開示している。この場合、電力は、交流電圧源から配電グリッドに供給される。配電グリッド上の電力需要に応じて、個々の電圧源からの電力は、配電網に接続されるか、又はバッファに蓄積される。

#### 【0008】

欧州特許出願公開第2284382 A2号明細書は、電力バス上の種々の電圧源により供給される電気エネルギーが局部的に消費されるか又は熱の形式でバッファ蓄積されるエネルギー供給システムを開示している。

#### 【0009】

欧州特許出願公開第2104200 A1号明細書は、太陽電池システムのためのマルチストリングインバータを作動させる方法を開示している。このマルチストリングインバータは、各ストリングの入力側に個別DC-DCコンバータを備えている。効率を改善するために、1つ以上の電気変数、具体的には入力電流、入力電圧及び/又は入力電力を各DC-DCコンバータにおいて測定し、そして限界値及び/又は領域が超過された場合に少なくとも1つのDC-DCコンバータの動作状態をこの測定に応じて、その電力損失が低減されるように変更する。たとえば、DC-DCコンバータに接続されているストリングの動作電圧がDCリンク電圧に到達したために、その昇圧(DC-DCコンバータにより開始された)がもはや不要である場合、そのDC-DCコンバータを切り離すことができる。

#### 【0010】

国際公開第2012/017068 A2号パンフレットは、1つ以上の太陽電池発電装置からACグリッドに電気エネルギーを供給するための1つ以上のインバータを含む太陽電池システムから一定の期間内に潜在的に可能であったが実際には供給されなかった供給エネルギー量を検知するための方法を開示している。前記方法は、具体的には、抑制制御中に潜在的に可能であった電力供給量を検知することを意図している。この検知を可能にするために、抑制制御中にインバータを異なる方法で動作させるか(この異なる動作方法はMPPにおける動作を含む)又は少なくともそれぞれのインバータに接続されたスト

10

20

30

40

50

リングの特性を検知するために動作させる。具体的には、1つ以上のインバータを、それぞれ、MPPにおいて動作させ、かつ、所望の抑制制御を達成するために、その抑制制御をすべてのインバータに様に分配した場合より多量の電力を残余のインバータについて低減することができる。この既知の方法の別の特定実施形態では、インバータに接続されたストリングの特性を局部的又は全面的に抽出し、次に、時間的に平均したときに必要な電力低減が達成されるようにインバータの変化する電力を異なる時期にバッファ蓄積するか又は補償する。しかし、電力の抑制制御及び特に負の抑制制御電力の配分に課される要求は、インバータにより与えられる電力の短期間のオーバーシュートも許容しない。インバータの変化する電力にもかかわらず一定の電力を供給するために、国際公開第2012/017068A 2号パンフレットは、変化する電力と一定電力間の差をバッファ蓄積すること、又は他の形式のエネルギーに変換することを提案している。しかし、この目的のためには、別の装置を追加する必要がある。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明は、装置のさらなる複雑化を招くことなく、供給できる最大電力の利用を容易にするインバータを制御するための方法を開示するという課題に基づいている。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の課題は、独立特許請求項1の特徴を有する方法及び選択的独立請求項17の特徴を有するインバータにより解決される。従属特許請求項2～16は、本発明による方法の好ましい実施形態に関し、また、従属特許請求項18～20は本発明によるインバータの好ましい実施形態に関する。

20

【0013】

本発明について、後段において添付図面を参照しつつ例示実施形態に基づいてより詳しく説明及び記述する。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】図1は、本発明によるインバータの第1実施形態の簡略化回路図を示す。

【図2】図2は、インバータの共通DC-ACコンバータの一定電力を与えられるインバータの2つのDC-DCコンバータの時間対電力のプロットを示す。

30

【図3】図3は、図1に示したインバータの3つのDC-DCコンバータの時間対電力のプロットを示す。この図では、2つのDC-DCコンバータの1つに接続されたストリングの特性が低減され、それがDC-DCコンバータの他の1つにより補償される。

【図4】図4は、図1に示したインバータの3つのDC-DCコンバータの時間対電力のプロットを示す。この図では、2つのDC-DCコンバータの1つに接続されたストリングの特性が低減され、それが他の2つのDC-DCコンバータにより補償される。

【図5】図5は、本発明によるインバータの別の実施形態の簡略化回路図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0015】

40

本発明は、DC-ACコンバータの入力側DCリンクに並列に接続される複数のDC電源間に電力を分配する方法を提供することを提案する。DC電源の少なくとも1つは、DC-DCコンバータ経由でDCリンクに接続され、DC-DCコンバータはDC電源によりDCリンクに供給される電力の変化を引き起こすために作動可能である。DC-ACコンバータの電力がすべてのDC電源から利用できる最大電力の合計に関して抑制制御されるDC-ACコンバータの抑制制御動作中に、DC電源の電力が別々に抑制制御され、かつ、少なくとも1つのDC電源をDCリンクに接続している少なくとも1つのDC-DCコンバータの作動により、少なくとも1つの他のDC電源の電力の変動が動的に補償される。

【0016】

50

少なくとも1つの他のDC電源の電力の変動が生じる理由は、本発明の好ましい実施形態がかかる変動を能動的に引き起こすか否かに原理上無関係である。この変動が動的に補償されるということは、たとえば、少なくとも1つのDC-DCコンバータの作動により、少なくとも1つのDC電源によりDCリンクに供給される電力が増加又は減少し、その増減の程度が少なくとも1つのDC電源及び少なくとも1つの他のDC電源からDCリンクに供給される合計電力が外部プリセットに従い（在来のDCリンクコンデンサの効果を超越する電力のバッファ蓄積なしに）、かつ、この目的のために一定であることを意味する。これは、残りのDC電源の対応する電力低減により補償される個々のDC電源の電力の増加に等しい。したがって、1つのDC電源の電力変化対時間  $P_i / t$  による次の形式の均衡方程式が得られる：

$$\sum_{i=1}^n \partial P_i / \partial t = 0$$

ここで、合計は、インバータのすべてのDC電源の個数  $n$  を超える。この均衡方程式を特に短い時間尺度で適用すると、その結果、DCリンク電圧のリプルが可能な限り低く保たれる。この場合、DCリンク電圧のリプルは、残余のDC電源又はDC-DCコンバータ（このコンバータを経由して前記DC電源がその電力をDCリンクに供給する）の特定のDC電源の電力の変化に対する応答時間が短いほど小さくなる。

【0017】

この前提条件は、したがって、共通DCリンクに供給される電力がそのときに最大値としてDC-ACコンバータ経由で流れ得る電力、具体的にはACグリッド（DC-ACコンバータの抑制制御を用いた安定化の対象である）に流れ得る電力に常に対応することである。この場合、DC-ACコンバータを抑制制御する目標の電力は、それ自体、動的に変動可能である。したがって、本発明による方法により、少なくとも1つの他のDC電源の電力の変動に関わらずインバータにより規制電力を与えることもできる。

【0018】

少なくとも1つのDC電源は、作動可能DC-DCコンバータ経由でDC-ACコンバータのDCリンクに接続される太陽電池発電装置を有することが好ましい。太陽電池発電装置の電力は、DC-DCコンバータによりシフトされるこの装置の動作点により、非常に急速に変化し得る。したがって、少なくとも1つの他のDC電源の電力の変動を補償するときに、非常に高速の動的変化が可能である。具体的には、この動的変化は、たとえば、DC電源として電気機械を含む発電装置の場合（この装置では、電気機械の回転子の慣性モーメントが出力電力の変化中の高速動的変化に逆らう）よりはるかに大きい。

【0019】

高速動的変化電力の場合、複数のDC電源が、それぞれ、動作可能DC-DCコンバータ経由でDC-ACコンバータのDCリンクに接続される太陽電池発電装置を有することが有利である。このDC-DCコンバータにより、それぞれの太陽電池発電装置のMPPT追跡も可能となる。本発明による方法のインバータは、マルチストリングインバータとすることもできる。この場合、DC電源のすべてが、それぞれ、太陽電池の少なくとも1つのストリングを有し、かつ、それぞれの場合において、又は少なくとも1つを別にして、作動可能入力側DC-DCコンバータ経由で共通DC-ACコンバータに接続される。直接又は固定変圧比のDC-DCコンバータ経由でDCリンクに接続されるDC電源の動作点は、インバータのDC-ACコンバータを使用してDCリンク電圧を変えることにより変更することができる。

【0020】

しかし、少なくとも1つの他のDC電源（その電力変動がこの少なくとも1つのDC電源に割り当てられたDC-DCコンバータの作動により補償される）は、電気機械を含む発電装置を含むこともできる。少なくとも1つの他のDC電源によりDCリンクに供給される電力の変動を引き起こすために作動可能なDC-DCコンバータなしに、この発電装

10

20

30

40

50

置をDC-ACコンバータのDCリンクに接続することができる。この発電装置がAC発電装置である場合、前記AC発電装置は下流のAC-DCコンバータによりDC電源に結合される。具体的には、少なくとも1つの他のDC電源は、たとえば、風力タービン又はディーゼル発電装置でよい。これらの装置は、それ自体として与え得る電力の動的変動性は低い。しかし、太陽電池発電装置に基づく高い動的変動性を有する少なくとも1つのDC電源と組み合わせることにより、この欠点は、本発明による方法に従って除去される。

#### 【0021】

言うまでもないことであるが、各DC電源により出力される電力は、DC電源間の電力補償の実行を可能とするために、本発明による方法に従って検知される。さらに当然のことであるが、DC電源の電力は、少なくとも1つの他のDC電源の電力の変動に対し、少なくとも1つのDC-DCコンバータを用いて反応するために応答が行われる速度と少なくとも同じ速度で検知される。DC電源の電力を検知するサンプリング速度はより高い、たとえば2倍であることが好ましい。サンプリング速度すなわち測定周波数は100、1000または10,000Hz超とすることができる。DC電源の電力を検知する典型的な速度は、8~50kHzの範囲である。他方、少なくとも1つの他のDC電源の電力の変動に反応するために、少なくとも1つのDC電源の電力を少なくとも1つのDC-DCコンバータの作動により調整する速度は、10Hz超、好ましくは100Hz超又は少なくとも1,000Hz超である。具体的には、それは、現在、4~25kHzの範囲である。これは、少なくとも1つのDC-DCコンバータの少なくとも1つの他のDC電源の電力の変動に対する応答時間の40~250 $\mu$ sに対応する。10Hz超の速度でも、すでに100ms未満の応答時間に相当し、したがってACグリッドに接続されるインバータに、AC電源の突然の低減に対する応答時間として通常許容される変換時間の200msの1/2未満である。一般的に、本発明による方法の品質及び頑健性は、測定周波数の増加に応じ、かつ、少なくとも1つのDC-DCコンバータの少なくとも1つの他のDC電源の電力の変動に対する応答時間の低減に応じて、向上すると言えるはずである。

#### 【0022】

DC-ACコンバータの電力は、一般的に外部プリセットに従って抑制制御され、このプリセットは、DC-ACコンバータから給電されるグリッドのそれぞれの運用装置により明確に又はグリッドのパラメータにより前もって設定され得る。次に、本発明による方法、すなわち内部プリセットに従って個々のDC電源間の電力の配分が動的に行われる。

#### 【0023】

本発明による方法では、少なくとも1つの他のDC電源の電力の変動は、たとえば、太陽電池発電装置又は風力タービンなど、その少なくとも1つの他のDC電源の動作状態の変化により生じ得る。本発明による方法の種々の実施形態では、少なくとも1つの他のDC電源の電力は、意図的に、すなわち能動的に、しかしながらDC-ACコンバータの電力の抑制制御のために時間を目標とした方法により利用するために変更される。

#### 【0024】

これは、具体的には、DC電源、すなわち、マルチistringインバータの場合、それぞれの場合に1つのDC-DCコンバータ経由でDCリンクに接続されているistringのすべて又は直接DCリンクに接続されているistringのすべての特性の少なくとも一部を抑制制御動作中にそれらのMPPを検知するために検知することも含む。この場合、この検知の目的は、これの補償を要求するために現在利用できる最大電力の決定とすることができる。しかし、この目的は、抑制制御直後にそれぞれのMPPに急速に到達することを可能にすることでもあり得る。これは、この場合には抑制制御直後に電力供給を最大化する方法と考えることもできる。

#### 【0025】

DC電源のMPPを検知するためには、前記MPPに直ちに到達することが好ましい。それを発見するためには、それぞれのDC電源の特性をできるだけ完全に下げることが好都合である。このプロセスにおいて生じるそれぞれのDC電源の電力の変動は、本発明に従って少なくとも1つのDC-DCコンバータの適切な作動により動的に補償される。

10

20

30

40

50



## 【0026】

抑制制御中に特性を下げることにより、DCリンクに接続されているDC電源のうち、電圧増大している電源、すなわちこの時点において最大許容DCリンク電圧を超える開路電圧を有している電源を識別することもできる。これらのDC電源の動作電圧は、抑制制御の場合、最大許容DCリンク電圧が超過される状況を回避するために、開路方向ではなく、短絡方向に変更されるべきである。これは、特に、マルチストリングインバータの場合に当てはまる。

## 【0027】

本発明による方法は、電圧増大DC電源の識別を可能にするのみならず、前記DC電源を短絡することなく前記DC電源を開路に近い動作状態から短絡に近い動作状態に移行させることができる。その間に共通DCリンクに流れ込んでいる高い電力は、少なくとも1つのDC-DCコンバータにより動的に補償される。

10

## 【0028】

少なくとも1つの他のDC電源の電力の変化は、上位の観点からのインバータの動作の最適化を与えるすべてのDC-DCコンバータの動作点を見いだす観点からも行われ得る。かかる上位の観点は、たとえば、インバータ全体又はすべてのDC-DCコンバータのみの電力損失の最小化であり得る。個々のDC-DCコンバータの電力損失の相互整合も、かかる上位の観点であり得る。さらなる観点としては、DC-DCコンバータの構成要素及び/又はDC-ACコンバータの負荷の最小化あるいはDC-ACコンバータの電力をそれぞれの有効な上限まで最大限に消費するためのDC-ACコンバータの電力調整能力の最適化であろう。

20

## 【0029】

すでに示したように、入力側DCリンクを有するDC-ACコンバータを含み、DCリンクへの複数のDC電源の並列接続のための複数の入力を含み、少なくとも1つのDC-DCコンバータであって、入力の1つとDCリンクとの間に配置され、前記DC-DCコンバータ経由でDCリンクに供給される電力の変化を引き起こすために作動可能である、少なくとも1つのDC-DCコンバータを含み、かつ、制御装置を含む本発明によるインバータは、その制御装置が本発明による方法に従って少なくとも1つのDC-DCコンバータを作動させることにより特徴付けられる。この場合、この制御装置は、外部プリセットに従ってDC-ACコンバータの電力を調整する一次制御装置及びこの電力を少なくとも1つのDC-DCコンバータの作動によりDC電源の個々の入力間に動的に分配する二次制御装置を含み得る。この目的のために、作動可能なDC-DCコンバータをすべての入力に設ける。しかし、これらの入力の1つの場合、作動可能なDC-DCコンバータは省略することができる。この入力に接続されているDC電源の動作点を変えるために、DCリンク電圧がDC-ACコンバータにより変化され得るからである。この場合、作動可能なDC-DCコンバータの省略は、DC-DCコンバータを全く設けないことと固定変圧比のDC-DCコンバータを設けることの両方を意味し得る。

30

## 【0030】

DC-ACコンバータの電力の抑制制御なしの動作モードでは、制御装置は、接続DC電源の個別MPPT追跡のためにDC-DCコンバータ及び場合によりDC-ACコンバータも作動させることができる。これは、特に太陽電池発電装置としての個々の、複数又は全部のDC電源の形成の場合、及びとりわけ本発明によるマルチストリングインバータの場合に当てはまる。

40

## 【0031】

本発明の有利な展開形態は、特許請求項、明細書及び図面において明記されている。本明細書において言及されている特徴及び複数の特徴の組み合わせの利点は、単なる例示であり、選択的又は累積的に効果を発揮し得るが、その際、これらの利点は必ずしも本発明による実施形態に従って実現されることを必要としない。添付の特許請求項の主題事項が以下の記述により変更されることなく、以下は、原出願文書及び特許の開示内容に適用される。図面、特に図解されている複数の構成部分の相互間の関連構成及び相互作用接続が

50

らさらなる特徴が探り出されることがあり得る。本発明の種々の実施形態の特徴又は特許請求項の選択される後方参照から逸脱する種々の特許請求項の特徴の組み合わせも同様に可能であり、かつ、本明細書において示唆されている。これは、個々の図面に示されているか又はその説明において言及されている特徴にも関係する。これらの特徴も種々の特許請求項の特徴と組み合わせ可能である。同様に、特許請求項に一覧記述された特徴は、本発明のさらなる実施形態について省略可能である。

#### 【0032】

特許請求項及び本明細書において言及される特徴は、その数に関して、まさしくこの数又は言及された数より大きい数が副詞「少なくとも」の明示的使用を必要とすることなく示されることを理解すべきである。したがって、たとえば、1つの要素について論じている場合、これは、正確に1つの要素、2つの要素又はより多くの要素が提供されることを意味するものとして理解されるべきである。これらの特徴は、他の特徴により補完され得るか又はそれぞれの製品を構成する特徴のみであり得る。

#### 【0033】

特許請求項に含まれる参照記号は、特許請求項により保護される主題事項の範囲を決して限定しない。それらは、特許請求項をより理解しやすくする目的に役立つのみである。

#### 【0034】

##### 図の記述

図1は、インバータ1の基本設計を示す。インバータ1は、複数の2極入力26を含んでいる。これに対し、それぞれの場合に、DC-DCコンバータ2（一般的にブーストコンバータ）が接続される。DC電源25は、入力26のそれぞれ経由で共通DCリンク5に接続される。各DC電源25は、太陽電池4の少なくとも1つのストリング3を有している。DCリンク5は、共通DC-ACコンバータ6の入力DCリンクである。各ストリング3の太陽電池4の個数は、ここで図示されているものよりはるかに多くすることができる。各ストリング3は、並列に接続される複数のサブストリングも含むことができる。入力26の個数も同様にここで図示されているものより多くすることができる。しかし、ただ2個だけの入力26を設けることもできる。DC-DCコンバータ2は、一般的にブーストコンバータであり、それにより、DCリンク5におけるDCリンクコンデンサの両端の様なDCリンク電圧にもかかわらず、現在の動作状態の下でストリング3の最大電力を得るために各ストリング3を個別動作電圧で作動させることができる。この電力は、DCリンク5経由でDC-ACコンバータ6に与えられ、次に前記DCリンクは前記電力を交流電流として外部ACグリッド8に供給する。DC-ACコンバータ6及びDC-DCコンバータ2は、制御装置9により制御される。ACグリッド8の運用装置10が抑制制御信号11を送ると、それは制御装置9により受け取られ、制御装置9はそれに対応して制御装置要素12を使用してDC-ACコンバータ6を抑制制御する。この場合、前記制御装置は、DC-ACコンバータ6の現在の電力を示す電力信号13を受け取り、かつ、作動信号14をDC-ACコンバータ6に送る。言うまでもないことであるが、信号13及び14は、種々の部分信号から、たとえば信号13の場合には電流測定値及び電圧測定値から、また、信号14の場合にはDC-ACコンバータ6の個々の半導体スイッチの複数の作動信号から組み合わせることができる。制御装置9は、抑制制御電力を別の制御要素15によりDC-DCコンバータ2間に配分し、また、このプロセスにおいて電力信号16を受け取り、かつ、作動信号17を出力する。この場合、作動信号17は、DCリンク5に流れ込むDC-DCコンバータ2の電力の合計がDC-ACコンバータ6によりACグリッド8に供給される抑制制御電力に対応するように、電力信号16に応じて作成される。DC-DCコンバータ2の1つの電力の変動は、他のDC-DCコンバータ2の少なくとも1つの電力における反対方向の変化により補償され、それによりDC-ACコンバータ6の抑制制御電力がDCリンク5において常に利用可能であり、したがって最大許容電力がACグリッド8に供給され得る。これは、DC-ACコンバータ6の電力の固定値（たとえば、DC-ACコンバータ6の定格電力の一定のパーセンテージなど）への規制の場合と限界値（時間とともに変動し、ACグリッド8の瞬間電力需要に基づいて決

10

20

30

40

50

定される)への規制の場合の両方に当てはまる。この場合、特に後者の状況は、DC-ACコンバータ6を用いたACグリッド8への規制電力の供給、すなわち外部プリセットに従ってDC-ACコンバータ6により行われるACグリッド8に供給される電力の動的変動に対応する。

【0035】

図1には3相インバータが示されているが、単相又は二相インバータの使用も可能である。

【0036】

図2は、2つのDC-DCコンバータ及び共通DC-ACコンバータを含むインバータについて、DC-ACコンバータによりACグリッド8に供給される一定電力18が2つのDC-DCコンバータ2の電力19及び20間並びに前記DC-DCコンバータ経由でDCリンク5に接続されているDC電源25(図1に示されている)間に動的に分配される状況を示している。1つのDC-DCコンバータの電力19の変動は、他方のDC-DCコンバータの電力20の反対方向の変化により補償される。この場合、この動的補償は、10ms未満の領域、好ましくは1ms以下の領域の高速応答時間で行われる。したがって、1つのDC-DCコンバータの電力19の変動にも関わらず、図1に示したDCリンクコンデンサ7の両端の電圧、DC-ACコンバータによりACグリッド8に供給される電力18、よってDC電源25のすべての平均電力22、及びこの場合それに等しいこれらの電源に接続されているDC-DCコンバータ2の平均電力22は、一定に保たれ得る。DC電源25の平均電力22は、これに関連して及び以降において、インバータ1にまとめて接続されているDC電源25のそれぞれのDC-ACコンバータ6の電力18に対する平均寄与を意味するものとして理解されるべきである。この状況は、特に時間依存的にも当てはまる。すなわち各DC-DCコンバータ2の平均電力22は、任意の時刻tにおいて、DC-ACコンバータ6の電力18とインバータ1にまとめて割り当てられるDC-DCコンバータ2の個数の商の結果である。この場合のインバータは、合計2つのDC-DCコンバータ2を含むインバータであるため、これらの2つのDC-DCコンバータ2の平均電力22は、DC-ACコンバータ6の電力18の1/2である。

【0037】

図示の場合、1つのDC-DCコンバータ及び他方のDC-DCコンバータの電力19、20は、本発明による補償は別として、平均電力22の同じレベルにある。しかし、一方のDC-DCコンバータの電力19と他方のDC-DCコンバータ2の電力20を異なるレベルとすることも可能である。たとえば、本発明による補償がない場合に、一方のDC-DCコンバータ2の電力19を他方のDC-DCコンバータ2の電力20より大きい一定値又はパーセンテージとすること、又はその逆にすることもできる。最も重要なことは、それぞれの場合において、インバータ1に接続されているすべてのDC電源25の電力の合計がDC-ACコンバータ6のプリセット電力18に対応することである。

【0038】

図3は、図1に示した3つのDC-DCコンバータ2及び共通DC-ACコンバータ6を含むインバータについて、電力Pの時間的推移を示している。DC-ACコンバータ6の電力18は時間的に一定であり、かつ、DC-DCコンバータにおいて利用可能な最大電力に関して抑制制御される。1つのDC-DCコンバータの電力19は、その特性対動作電圧に対応しており、時間tとともに一定の比率で増大している。すなわち、DC-DCコンバータ2は、それに接続されているストリングから利用できる最大電力を共通DCリンク5に供給していないが、電力18の抑制制御中に、個々のDC-DCコンバータ2又はそれに接続されているストリング3のMPP21が検出される。これは、補償の要求のために最大限利用可能な電力を記録することを目的として1回起こり得る。別の目的は、電力18の抑制制御が終了すると直ちにMPPに再び達することができるようにすることである。さらに、開路に近い高い動作電圧の範囲から短絡に近い低い動作電圧の範囲へ向かってMPP21を通過することも起こり得る。その目的は、抑制制御の一環として電圧増大に近づいた、すなわち共通DCリンク5のDCリンクコンデンサ7の両端の最

10

20

30

40

50

大許容DCリンク電圧より高い動作電圧に近づいたストリング3を、短絡により近く、ほぼ同じ電力であるが、より低い動作電圧の動作点に移行させることである。このプロセスにおいて1つDC-DCコンバータのMPP 21まで増大した電力19は、他の2つのDC-DCコンバータ2のうちの1つの低減した電力20により補償される。したがって、外部的に強制される抑制制御を超える給電喪失をもたらすであろう電力18の供給の中断は不要である。残りの他のDC-DCコンバータ2は、この例では、平均電力22に等しい電力を有している。この場合、すべてのDC-DCコンバータ2の平均電力22は、時間的に一定のままである。なぜならば、DC-ACコンバータ6の電力18も図示した範囲において時間的に一定であるからである。この例のインバータは、合計3つのDC-DCコンバータを含むマルチストリングインバータであるため、DC-DCコンバータの平均電力22はDC-ACコンバータ6の電力18の1/3に相当する。DC-ACコンバータの電力18がプリセットされた時間的に変化する設定点曲線に従うようにすることも可能である。この場合においても、最も重要なことは、インバータ1に接続されたDC電源25のすべての電力が任意の時刻tにおいて合計でDC-ACコンバータ6のプリセット電力18になることである。

#### 【0039】

図4は、図3に示されているものと同様の電力曲線を示している。しかし、この場合には、1つのDC-DCコンバータ2又はそれに接続されているストリング3の電力19（その電力はMPP 21を通過している）は、図3と対照的に、別のDC-DCコンバータ2の電力20の反対方向の変化により補償されるだけではない。その代わりに、反対方向の変化は、この場合、複数（この場合には2つ）の他のDC-DCコンバータ2に分配され、対応して低減された電力20をもたらす。DC-DCコンバータ2のすべての平均電力22に関する電力20の変化は、したがって平均電力22に関する電力19の変動の1/2の大きさとなる。したがって、たとえば、ストリングのすべてがすでに比較的高い動作電圧で動作している場合、一時的電力増大を、電圧増大範囲に最初に到達したストリングが短絡に近い低い動作電圧に移行されたときに、他のDC-DCコンバータにより補償することも可能である。これは、2つのみのDC-DCコンバータ2を含むインバータ1の場合には、困難を伴って実行可能又はときには全く不可能である。なぜならば、この場合には、1つのストリング3の電力の変化は、もっぱら、正確に1つの他方のストリング3の電力の反対方向の変化により補償される必要があるからである。したがって、個々のDC-DCコンバータ2又はそれに接続されているストリング3の有効電力変化の自由度は、インバータ1に接続されているDC電源25の合計個数とともに増加する。動的電力変化の自由度にとって、この場合、インバータ1内に存在するDC-DCコンバータ2は決定的に重要である。

#### 【0040】

図1に示した個々のDC-DCコンバータ2間に探索又は追跡方法の一環として動的に再配分される電力により、上位の観点を特によく考慮することによってインバータ1全体の動作点も経験的に決定することができる。上位の観点は、たとえば、電力損失の最小化、構成要素負荷の最小化又はすべての電力調整能力の最大化すなわち迅速かつとにかく安定した調整能力とすることができる。このような上位の観点は、個々のDC-DCコンバータ2の電力損失の、それらの構成要素の動作中の様な負荷配分に関する相互の整合とすることもできる。この方法により、特に、種々のDC-DCコンバータ2において予期される個々の構成要素の寿命を一致させることができる。DC-DCコンバータの個々の構成要素の早期故障（別のDC-DCコンバータの同一設計の構成要素に比べて）は、これにより効果的に防止される。

#### 【0041】

図5は、図1に示したインバータ1と以下の詳細に関して異なるインバータ1を示す。作動可能なDC-DCコンバータ2への入力26に加えて、インバータ1は、さらに、DC電源24を共通DCリンク5に直接接続する2極入力23を有している。この場合、直流電源24からDCリンク5に流入する電流は、入力23においてもっぱら電流センサ2

10

20

30

40

50

7により検知され、電力信号16として制御装置9に伝達される。この場合、特定の電力がDCリンク5のDCリンク電圧により生じ、それがDC-ACコンバータ6の電力信号13に含まれる。DC電源24は、太陽電池の代わりに、特に電気機械を含む発電装置を有することができる。この場合の電気機械は、たとえば、風力タービン又はディーゼルエンジンにより駆動することができる。このようなDC電源は、風力タービン又はディーゼル発電装置とも呼ばれる。DC電源は、下流にAC-DCコンバータの接続されるAC発電装置も含むことができる。電気機械を含む発電装置を有するDC電源は、それ自体、回転子の慣性モーメントのために動的動作性が低い。これは、これらのDC電源がDCリンク5に供給する電力の緩やかな変化にも関係する。これらのDC電源は、したがって、ACグリッド8に調整電力を供給するためにDC-ACコンバータ6の電力の動的変化が意図されている場合には、唯一の電流源としてはあまり適切ではない。しかしながら、この動的動作は、図5に示したインバータ1において、作動可能なDC-DCコンバータ2により共通DCリンク5にそれぞれの場合に並列に接続されるDC電源25（ストリング3又は太陽電池発電装置の形態の）により達成される。しかし、ストリング3の形態のさらなる太陽電池発電装置を作動可能なDC-DCコンバータ2なしに入力23に接続することもできる。この太陽電池発電装置の場合、作動可能なDC-DCコンバータ2が入力23に設けられないにも関わらず、MPP追跡を行うことができる。この目的のために、DCリンク5のDCリンクコンデンサ7の両端の電圧降下として生じるDCリンク電圧がDC-ACコンバータ6の目標とされた作動により変更される必要があるであろう。その他のDC電源24の場合においても、その動作点は、この方法により、図5に示したインバータ1により変更され得る。DC電源24によりDCリンク5に供給される電力に結果として生じる変動は、補完的な電力変化を引き起こすために作動可能なDC-DCコンバータ2の作動により動的に補償される。

10

20

## 【符号の説明】

## 【0042】

- 1 インバータ
- 2 DC-DCコンバータ
- 3 ストリング
- 4 太陽電池
- 5 DCリンク
- 6 DC-ACコンバータ
- 7 DCリンクコンデンサ
- 8 ACグリッド
- 9 制御装置
- 10 ACグリッド8の運用装置
- 11 抑制制御信号
- 12 制御装置要素
- 13 電力信号
- 14 作動信号
- 15 制御装置要素
- 16 電力信号
- 17 作動信号
- 18 DC-ACコンバータ6の電力
- 19 DC-DCコンバータ2の電力
- 20 別のDC-DCコンバータ2の電力
- 21 DC-DCコンバータ2に接続されているストリング3のMPP
- 22 平均電力
- 23 入力
- 24 DC電源
- 25 DC電源

30

40

50

26 入力  
27 電流センサ  
t 時間  
P 電力

【図1】

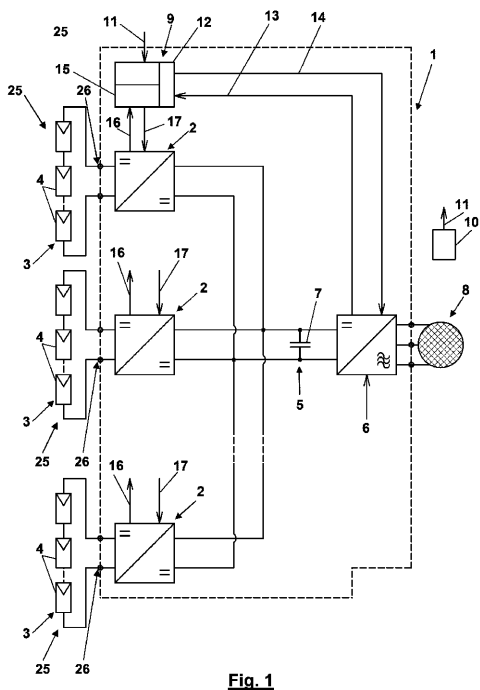


Fig.1

【図2】

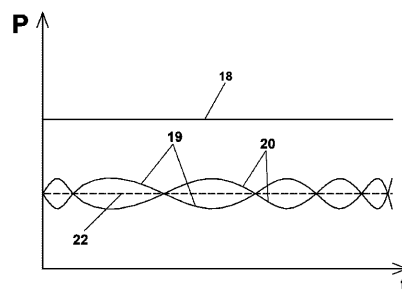


Fig.2

【図3】

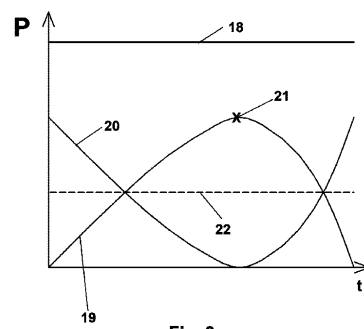


Fig.3

【 図 4 】

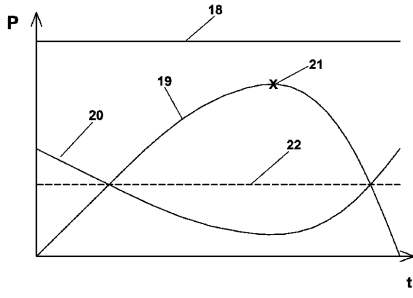


Fig. 4

【 図 5 】

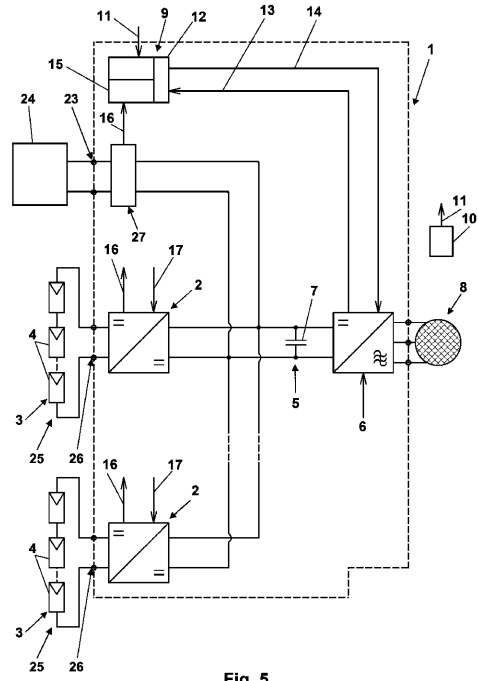


Fig. 5

---

フロントページの続き

審査官 宮本 秀一

(56)参考文献 特開2012-222908(JP,A)  
特開平08-046231(JP,A)  
特開2002-354677(JP,A)  
特表2004-508795(JP,A)  
特開2012-252537(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G05F1/12-1/44、  
1/45-7/00  
H02J3/00-5/00  
H02M3/00-3/44、  
7/42-7/98