

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7212050号

(P7212050)

(45)発行日 令和5年1月24日(2023.1.24)

(24)登録日 令和5年1月16日(2023.1.16)

(51)国際特許分類

F I

H 0 2 J 3/38 (2006.01)

H 0 2 J 3/38 1 3 0

H 0 2 J 3/32 (2006.01)

H 0 2 J 3/32

H 0 2 M 7/48 (2007.01)

H 0 2 M 7/48 R

請求項の数 13 (全28頁)

(21)出願番号	特願2020-543462(P2020-543462)	(73)特許権者	521367857
(86)(22)出願日	平成30年5月31日(2018.5.31)		エルティー・(ユーエスエイ)・コーポ
(65)公表番号	特表2021-501558(P2021-501558 A)		レーション
(43)公表日	令和3年1月14日(2021.1.14)		アメリカ合衆国テキサス州78539,
(86)国際出願番号	PCT/US2018/035454		エディンバーグ, スティーブン・ドライ
(87)国際公開番号	WO2019/083567	(74)代理人	ブ 3 1 1 5
(87)国際公開日	令和1年5月2日(2019.5.2)		100118902
審査請求日	令和3年5月12日(2021.5.12)		弁理士 山本 修
(31)優先権主張番号	15/796,506	(74)代理人	100106208
(32)優先日	平成29年10月27日(2017.10.27)		弁理士 宮前 徹
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100196508
			弁理士 松尾 淳一
		(72)発明者	リヤオ, ジャウ・ダー
			台湾 3 0 0 シンジュー, シアンシャン
			・ディストリクト, ジョーンホワ・ロー
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 太陽光発電所

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも1つのAC電力生産ユニットを含むPV発電所であって、前記少なくとも1つのAC電力生産ユニットのうちの1つまたは複数の各々は、

総計でx MWの複数の太陽電池ストリングから構成されるDC発電機であって、xが正の数字である、DC発電機と、

y MWの合計公表電力定格をもつ1つまたは複数の第1のDC/AC3相コンバータであって、前記DC発電機によって提供されるDC電力を受け取り、受け取った前記DC電力をAC電力に変換し、その変換されたAC電力を、トランスを通して電力グリッドに提供する1つまたは複数の第1のDC/AC3相コンバータと、

エネルギーリザーバであって、前記DC発電機によって生成された前記DC電力の残りの部分の少なくともいくらかを該エネルギーリザーバの入力において受け取るように構成されるエネルギーリザーバと、

z MWの合計公表電力定格を有する1つまたは複数の第2のDC/AC3相コンバータであって、zは正の数字であり、前記エネルギーリザーバからDC電力を該1つまたは複数の第2のDC/AC3相コンバータの入力において受け取り、前記エネルギーリザーバから受け取った前記DC電力をAC電力に変換し、その変換されたAC電力を、トランスを通して前記電力グリッドに提供するように構成される1つまたは複数の第2のDC/AC3相コンバータと

を含み、

10

20

y と z の和は x よりも大きい、
P V 発電所。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の P V 発電所であって、前記 y と z の和は x の 2 倍よりも大きい、P V 発電所。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の P V 発電所であって、前記 y と z の和は x の 1 . 1 から 2 倍の間である、P V 発電所。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の P V 発電所であって、y は x よりも小さい、P V 発電所。

10

【請求項 5】

請求項 1 に記載の P V 発電所であって、z は x よりも大きい、P V 発電所。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の P V 発電所であって、前記少なくとも 1 つの A C 電力生産ユニットは複数の A C 電力生産ユニットであり、 $(y + z) / x$ の比は前記複数の A C 電力生産ユニットの各々に対して実質的に同じである、P V 発電所。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の P V 発電所であって、

第 1 のデカップリングデバイスであって、該第 1 のデカップリングデバイスを通じて前記 D C 発電機は前記 1 つまたは複数の第 1 の D C / A C 3 相コンバータに D C 電力を提供する、第 1 のデカップリングデバイスと、

20

第 2 のデカップリングデバイスであって、該第 2 のデカップリングデバイスを通じて前記 D C 発電機は前記エネルギーリザーバに D C 電力を提供する、第 2 のデカップリングデバイスと、

第 3 のデカップリングデバイスであって、該第 3 のデカップリングデバイスを通じて前記エネルギーリザーバは前記 1 つまたは複数の第 2 の D C / A C 3 相コンバータに D C 電力を提供する、第 3 のデカップリングデバイスと
のうちの少なくとも 1 つをさらに含む P V 発電所。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の P V 発電所であって、

30

第 1 のデカップリングデバイスであって、該第 1 のデカップリングデバイスを通じて前記 D C 発電機は前記 1 つまたは複数の第 1 の D C / A C 3 相コンバータに D C 電力を提供する、第 1 のデカップリングデバイスと、

第 2 のデカップリングデバイスであって、該第 2 のデカップリングデバイスを通じて前記 D C 発電機は前記エネルギーリザーバに D C 電力を提供する、第 2 のデカップリングデバイスと、

第 3 のデカップリングデバイスであって、該第 3 のデカップリングデバイスを通じて前記エネルギーリザーバは前記 1 つまたは複数の第 2 の D C / A C 3 相コンバータに D C 電力を提供する、第 3 のデカップリングデバイスと
のうちの少なくとも 2 つをさらに含む P V 発電所。

40

【請求項 9】

請求項 1 に記載の P V 発電所であって、

第 1 のデカップリングデバイスであって、該第 1 のデカップリングデバイスを通じて前記 D C 発電機は前記 1 つまたは複数の第 1 の D C / A C 3 相コンバータに D C 電力を提供する、第 1 のデカップリングデバイスと、

第 2 のデカップリングデバイスであって、該第 2 のデカップリングデバイスを通じて前記 D C 発電機は前記エネルギーリザーバに D C 電力を提供する、第 2 のデカップリングデバイスと、

第 3 のデカップリングデバイスであって、該第 3 のデカップリングデバイスを通じて前記エネルギーリザーバは前記 1 つまたは複数の第 2 の D C / A C 3 相コンバータに D C 電

50

力を提供する、第3のデカップリングデバイスとをさらに含むPV発電所。

【請求項10】

請求項1に記載のPV発電所であって、前記1つまたは複数の第1のDC/AC3相コンバータは、MEUP Tコントローラを使用して動作する、PV発電所。

【請求項11】

請求項10に記載のPV発電所であって、前記1つまたは複数の第2のDC/AC3相コンバータも、MEUP Tコントローラを使用して動作する、PV発電所。

【請求項12】

請求項1に記載のPV発電所であって、前記1つまたは複数の第2のDC/AC3相コンバータは、MEUP Tコントローラを使用して動作する、PV発電所。

10

【請求項13】

請求項1に記載のPV発電所であって、

該PV発電所は複数の第1のデカップリングダイオードと、1つの第2のデカップリングダイオードとを含み、前記1つの第2のデカップリングダイオードは前記複数の第1のデカップリングダイオードの何れとも異なり、

前記複数の第1のデカップリングダイオードは、各々、前記DC発電機から離れる向きの順方向を有し、前記総計でx MWの複数の太陽電池ストリングの対応する1つと、前記1つの第2のデカップリングダイオードとの間に位置し、

前記1つの第2のデカップリングダイオードも、前記DC発電機から離れる向きの順方向を有し、前記エネルギーリザーバと前記DC発電機との間にさらに位置する、
PV発電所。

20

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

[0001]太陽光(PV)発電所は、太陽エネルギーを電気に変換することによって電気を生成する。その生成された電気が、次いで、電力グリッドに提供される。太陽エネルギー源(すなわち、太陽の受光)は、経時的に変化する強度を有すると特徴づけられる。したがって、そのようなPV発電所内のPV発電機は、発電最適化デバイス(「オブティマイザ」とも呼ばれる)を組み込む。1つのタイプのオブティマイザは「最大電力点追従装置(MPPT)」(または「MPPTデバイス」と名付けられ、これは、PV発電所の動作を制御するためにMPPTデバイスが使用する瞬時最大電力生産点(MPP)電圧を追跡する。この慣習は、本明細書において、「ブラインドMPPT確認」と呼ばれる。MPPTデバイスは、一般的には、ソフトウェアまたはファームウェアであり、経時的に変化する太陽エネルギー源からの最大電力生産という結果になる、経時的に変化する電圧を追跡する。

30

【0002】

[0002]本明細書において特許請求の範囲に記載される主題は、いかなる欠点をも解決するまたは上記で説明された環境などの環境内でのみ動作する実施形態に限定されない。むしろ、この「背景技術」は、本明細書において説明されるいくつかの実施形態が実施され得る1つの例示的な技術エリアを示すためにのみ提供される。

40

【発明の概要】

【0003】

[0003]本明細書において説明される実施形態は、少なくとも1つのAC電力生産ユニットを含む太陽光(PV)発電所に関する。PV電力状態の一実施形態によれば、各AC電力生産ユニットは、DC発電機と、第1のDC/AC3相コンバータと、エネルギーリザーバと、第2のDC/AC3相コンバータとを備える。DC発電機は、x MW太陽電池ストリングから構成され、ここで、xは正の数字である。第1のDC/AC3相コンバータは、y MWの合計公表電力定格を有する。第1のDC/AC3相コンバータは、DC発電機によって提供されたDC電力を受け取り、受け取ったDC電力をAC電力に変換し

50

、その変換された A C 電力を、トランスを通して電力グリッドに提供する。エネルギーリザーバは、D C 発電機によって生成された D C 電力の残りの部分の少なくともいくらかを受け取る。第 2 の D C / A C 3 相コンバータは、 z MW の合計公表電力定格を有し、ここで、 z は正の数字であり、 y と z の和は x よりも大きい。第 2 の D C / A C 3 相コンバータは、エネルギーリザーバから D C 電力を受け取り、エネルギーリザーバから受け取った D C 電力を A C 電力に変換し、その変換された A C 電力を、トランスを通して電力グリッドに提供する。 y と z の和は x よりも大きいので、この実施形態による発電所は、より多くの電力を電力グリッドに配送する。

【 0 0 0 4 】

[0004] 本明細書において説明される別の実施形態によれば、各 A C 電力生産ユニットは、 x MW 太陽電池ストリングから構成される D C 発電機と、エネルギーリザーバと、 z MW の合計公表電力定格を有する D C / A C 3 相コンバータとを含み、ここで、 z は x よりも大きい。エネルギーリザーバは、D C 発電機によって生成された D C 電力の残りの部分の少なくともいくらかを受け取る。D C / A C 3 相コンバータは、エネルギーリザーバから D C 電力を受け取り、エネルギーリザーバから受け取った D C 電力を A C 電力に変換し、その変換された A C 電力を、トランスを通して電力グリッドに提供する。 z は x よりも大きいので、この実施形態による発電所は、より多くの電力を電力グリッドに配送する。

【 0 0 0 5 】

[0005] 本明細書において説明されるさらに別の実施形態によれば、各 A C 電力生産ユニットは、太陽電池ストリングから構成される D C 発電機を備える。D C / A C 3 相コンバータは、D C 発電機からデカップラを通して D C 電力を受け取り、受け取った D C 電力を A C 電力に変換し、その変換された A C 電力を、トランスを通して電力グリッドに提供する。デカップラの使用によって、発明者が電力消滅現象に関して発見した問題が回避され、それによって、発電所がグリッドに配送することができる電力の量が増加する。

【 0 0 0 6 】

[0006] この「発明の概要」は、以下の「発明を実施するための形態」でさらに説明される一連の概念を簡略化された形で紹介するために提供される。この「発明の概要」は、特許請求の範囲に記載された主題の重要な特徴または本質的な特徴を特定することを意図するものではなく、特許請求の範囲に記載された主題の範囲を決定する際の補助として使用されることを意図するものでもない。

【 0 0 0 7 】

[0007] 上記で記載された利点ならびに他の利点および特徴が取得可能である様式について説明するために、さまざまな実施形態のより具体的な説明が、添付の図面を参照しながら、なされる。これらの図面はサンプル実施形態を示したものにすぎず、したがって、本発明の範囲の限定と考えられるべきでないことを理解して、実施形態は、添付の図面の使用を通して、追加の特殊性および詳細とともに説明および講釈される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 8 】

【図 1 A】 [0008] デカップリングデバイスがエネルギーリザーバとともに使用されるさまざまな発電所のブロック図である。

【図 1 B】 [0008] デカップリングデバイスがエネルギーリザーバとともに使用されるさまざまな発電所のブロック図である。

【図 1 C】 [0008] デカップリングデバイスがエネルギーリザーバとともに使用されるさまざまな発電所のブロック図である。

【図 2 A】 [0009] 実験においてセットアップされ、2 つの A C 電力生産ユニットが従来の方法でセットアップされ、各電力生産ユニットの出力を測定する電力計およびエネルギー計をもつ、発電所のブロック図である。

【図 2 B】 [0010] デカップリングデバイスとエネルギーリザーバとを含む修正後の、グリッドへの改善されたエネルギー出力を検証するために使用された、図 2 A の発電所のブロック図である。

10

20

30

40

50

【図 3】[0011]電力配送の 2 つのチャネルがある発電所のブロック図である。1 つのチャネルは、エネルギーリザーバの使用を呼び出し、1 つは、エネルギーリザーバのユーザを呼び出さない。

【図 4】[0012]図 3 のより広い実施形態を表す発電所のブロック図である。

【図 5】[0013]エネルギーリザーバの使用を介して電力が配送される発電所のブロック図である。

【図 6】[0014]図 5 のより広い実施形態を表す発電所のブロック図である。

【図 7】[0015]発電所のブロック図である。

【図 8】[0016]本明細書においてについて説明する原理による最大エネルギー利用点追従 (MEUP T) コントローラのブロック図である。

【図 9】[0017]発電所の文脈における図 8 の MEUP T コントローラのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

[0018]特許公報 US 2016 / 0036232 および US 2017 / 0149250 A1 (これらの内容は、参照により本明細書に組み込まれる) は、電気の最適以下の量を達成するブラインド MPPT 確認の慣習がグリッドに提供される PV エネルギーシステムを開示する。これらの特許公報は、エネルギー利用のための電気を効率的に抽出するために、生産された電気エネルギーを効果的および効率的に抽出するようにエネルギー抽出デバイスの特性を合致させるべきであることを教示する。そのうえ、これらの特許出願は、関連デバイスも、状況に合致されるおよび / または効率的なエネルギー利用のために抽出された電気を配送するべきであることを教示する。

【0010】

[0019]これらの特許公報は、エネルギー利用効率は、電力生産に加えて電力需要に密接に依存するということをさらに強調する。そのうえ、これらの公報は、いずれのエネルギーシステムでも、一般的な電力消費は、エネルギー保存則および電荷保存則に従うときですら、必ずしも電力生産に等しいとは限らないことを教示する。

【0011】

[0020]MPPT デバイスを太陽光発電所のためのオプティマイザとして使用する代わりに、参照される特許公報は、「最大エネルギー利用点追従装置」、または「MEUP T デバイス」を PV 発電所オプティマイザとして使用することを提案した。そのようなオプティマイザは、本明細書では、「MEUP T オプティマイザ」と呼ばれる。参照される特許公報によれば、MEUP T オプティマイザは、「余剰エネルギー」と呼ぶもの、生産されるが抽出されていないおよび / または利用のために電力グリッドに配送されない電気エネルギーと定義するものを捕捉するように設計される。「余剰エネルギー」のその定義も本明細書において使用される。

【0012】

[0021]MEUP T オプティマイザは、捕捉された余剰エネルギーをエネルギーリザーバ内に一時的に貯蔵し、次いで、この電気エネルギーを準備し、利用のために電力グリッドに配送するようにも設計される。したがって、PV 発電所の電気販売収入は、MEUP T オプティマイザを組み込んでいるとき、増強可能である。

【0013】

[0022]セクション 1 : MEUP T オプティマイザの機能

[0023]US 2016 / 0036232 および US 2017 / 0149250 A1 (「参照される特許公報」) において説明される原理によれば、本明細書で開示される一実施形態の MEUP T オプティマイザは、余剰エネルギー抽出器と、エネルギーリザーバと、MEUP T コントローラとを備える。MEUP T コントローラは、エネルギー抽出器および DC / AC コンバータと協働して動作する。「電力」と「エネルギー」という用語は、(厳密には同じではないが) 当技術分野では互換的に使用される。したがって、別段に規定されない限り、各用語は同じ意味を有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

[0024]エネルギー抽出器は、生産されたDC電力源から初期振動パワートレインを抽出する。抽出された初期動力チェーンは、電力グリッドのAC電力グリッド要件に従う。言い換えれば、抽出された初期動力チェーンは、電力グリッド電圧範囲に適合するピーク電圧を有する経時的に変化する正弦波電圧を有する。そのうえ、電力（電圧の二乗に比例する）は、 $(\sin^2(\quad t))$ または $(\cos^2(\quad t))$ の形をとり、電力グリッドと（同じ位相および同じ周波数と）同期される。

【 0 0 1 5 】

[0025]一方、余剰エネルギー抽出器は、生産されたDC電力から初期振動パワートレインを減ずることから残る残りの振動パワートレインを抽出する。言い換えれば、この残りの振動パワートレインは、初期振動パワートレインを電力グリッドに提供した後に残る残った振動パワートレインである。残りの振動パワートレインは、電力グリッドに提供された初期振動パワートレインと比較して90°位相シフトを有する。90°位相シフトにより、この残りの振動パワートレインは、同じ電力グリッド上に提供するためのAC電力へと即時に変換不可能である。したがって、エネルギーリザーバは、残りの振動パワートレインの余剰エネルギーを一時的に貯蔵するために使用される。その後、貯蔵されたエネルギーは、DC/ACコンバータに供給される。したがって、貯蔵された余剰エネルギーは、同じ電力グリッドと（同じ位相および周波数と）同期されたAC電力に変換可能である。

【 0 0 1 6 】

[0026]MEUP Tコントローラは、リザーバのエネルギーレベルを測定し、抽出可能なリザーバ内のエネルギーの量を推定し、このエネルギー量がDC/ACコンバータによって抽出可能であるようにこの情報を関連づけられたDC/ACコンバータに配送する。次いで、DC/ACコンバータは、適切な脈動性パワートレインの形をしたAC電力への変換のために、貯蔵されたエネルギーをリザーバから抽出し、そのAC電力を電力グリッドに提供する。したがって、PV発電所は、MEUP Tオブティマイザを組み込んでいるとき、ほとんどすべての生産された電気エネルギーを電力グリッドに提供することができる。対照的に、MEUP Tオブティマイザがなければ、参照される特許公報によるPV発電所は、生産された電力/エネルギーの半分未満しか電力グリッドに提供することができない。

【 0 0 1 7 】

[0027]セクション2：MEUP Tをもつ従来のPV発電所を改善する

[0028]太陽光発電所は、多くの場合、メガワット(MW)の数によって定格がつけられる。従来の方法で、太陽光発電所が、x MW（ここで、xは何らかの正の数字である）が定格であると公表されるとき、これは、すべての太陽電池ストリングのDC電力生産定格の総計がx MWであることを意味する。そのような従来の太陽光発電所は、x MWより大きくない合計製造業者公表DC/AC変換能力を有する3相DC/ACコンバータも有する。この原理は、従来のMPPT実施による慣習発電所の動作を要約したものである。

【 0 0 1 8 】

[0029]言い換えれば、定格x MWの従来のPV発電所は、x MW PV太陽光発電パネルのストリングからなり、これは、太陽エネルギーをDC電気に変換する。次いで、生成されたDC電気が、3相DC/ACコンバータによって抽出され、電力グリッドのすべてのAC電力要件に適合する適切なAC電力に変換され、次いで、電力グリッドに提供される。電力グリッドに提供されるこのAC電力は、本明細書において「初期振動パワートレイン」とも呼ばれる。DC/ACコンバータの合計製造業者公表DC/AC変換能力は、太陽光発電パネル業界によって公表された設置された太陽光発電パネルのDC生成能力の総量であるx MWより大きくないことを想起されたい。

【 0 0 1 9 】

[0030]参照される特許公報US 2016/0036232およびUS 2017/0149250 A1の説明によれば、初期振動パワートレイン（エネルギー抽出器によって抽出される）を太陽光発電パネルストリングによって生産される合計DC電力から減ずると

10

20

30

40

50

き起こる残りの振動パワートレインが存在する。言い換えれば、このパワートレインは、エネルギー抽出器によって抽出され電力グリッドに提供された初期振動パワートレインから約 90°位相差を有する残りの振動パワートレインである。

【0020】

[0031]残りの振動パワートレインは、電力グリッドから約 90°位相がずれているので、この残りの振動パワートレインは、直接的に条件づけられ、AC 電力に変換され、同じ電力グリッドに提供されることが可能である。参照される特許公報に開示されている原理によれば、エネルギーリザーバは、この 90°位相がずれた残りの振動パワートレイン内に含むエネルギーを一時的に貯蔵する（表された余剰エネルギーを貯蔵したとき）。この余剰エネルギーがエネルギーリザーバへと貯蔵された後、余剰エネルギーは、DC/AC コンバータに供給可能である DC エネルギーとして働くことができる。この余剰エネルギーは、次いで、すべての電力グリッド要件（電力グリッドとの同期を含む）に適合する AC 電力に変換可能であり、したがって、結果として生じる AC 電力が、同じグリッドに適用されることがある。

【0021】

[0032]セクション 3：エネルギーリザーバからのエネルギー漏洩を防止する

[0033]MEUP T オプティマイザのためのエネルギーリザーバ設計考慮事項について詳述する前に、重要な問題が、本明細書において最初に対処される。具体的には、太陽光発電パネルストリングは、日暮れに非常に高い抵抗を有することがあるが、太陽光発電パネルストリングは、正午に太陽が強いとき、かなりの電流をいずれの方向にも伝導することができる。したがって、リザーバ内に貯蔵された電気エネルギーは、昼の間、太陽光発電パネルを通して漏洩し、これを加熱することがある。したがって、デカップリングダイオードは、電気エネルギーがリザーバを充電するために各太陽光発電パネルストリングから流れることができるが、リザーバ内のエネルギーは、リザーバから太陽光発電パネルストリングへと逆流することはできないように、太陽光発電パネルストリングの各々に追加されることがある。次に、このデカップリングを達成するさまざまなエネルギーリザーバシステムが、図 1 A、図 1 B、および図 1 C を参照しながら説明される。

【0022】

[0034]セクション 4：エネルギーリザーバのための設計考慮事項

[0035]図 1 A は、DC/AC コンバータ 1200 A がその電力を AC 電力に変換するとき DC/AC コンバータ 1200 A によって取り出される電力を減ずる太陽電池ストリング 1100 A のセットから生産された電力ストリームから生じる余剰電力を一時的に貯蔵するように設計されたエネルギーリザーバ 1300 A を示すブロック図を示す。AC 電力は、トランス 1500 A を通して AC 電力グリッド 1600 A に提供される。リザーバ 1300 A は、デカップリングダイオードセット 1400 A を通して残りの振動パワートレインを受け取る。一例では、このエネルギーリザーバ 1300 A は、1 MW PV 発電所の余剰エネルギーを一時的に 2 分間貯蔵するように設計される。

【0023】

[0036]単なる一例として、主エネルギー源は一定の強度で 2 分間保つことができる（および、PV ストリング 1100 A の電力生産は、一定の 1 MW 生成機の電力生産を可能にするように保つ）と仮定する。以下の分析では、初期振動パワートレインと残りの振動パワートレインの両方は、同じ反復形を有するが、90 度位相差を有する。最初に、エネルギーリザーバがどのように総当たり（brute force）を使用して設計され得るかを調べる。エネルギーリザーバの目的は、DC/AC コンバータがこの貯蔵されたエネルギーを後に変換することができるよう余剰エネルギーを一時的に貯蔵することであることを留意されたい。

【0024】

[0037]参照される特許公報において論じられるように、生産された DC 電気エネルギーに対する余剰エネルギーの推定比は、一般的な従来の PV 発電所の場合は 0.5 を超える。分析のために、PV 発電所は 1 MW PV 太陽光発電パネルストリングを有し、DC 電

10

20

30

40

50

力が、50ヘルツであるグリッドおよび線間電圧380にVAC3相AC電力を提供するためにAC電力に変換されると仮定する。この場合、1電力サイクルの継続時間は約0.01秒に等しく、合計相電流は最大 $1,000,000 / (380 / 1.732)$ であり、ここで、1.732は、3の平方根の値である。この比は、線間電圧に対するピーク電圧の比(3相AC電力における線間対位相電圧すなわち「相電圧」)である。この発電所のための電力サイクル内で余剰エネルギーと関連づけられた電荷を貯蔵することは、約8Vファラデー($0.5 * 0.01 * 1,000,000 / (380 / 1.732)$)の等価な電荷容量を必要とするであろう。ここで、「V」は、設計されたりザーバの充電前後の電圧差である。

【0025】

10

[0038]このPVステーションのエネルギー利用を最大にするために、いくつかの実施形態では、MEUPトプティマイザの動作電圧は、PV最大電力生産電圧の75%以内であるべきである。言い換えれば、75%最大電力生産の電圧範囲は、MEUPトプティマイザのそれらの実施形態において観測されるべきである。測定されたI-Vデータは、一般的には、この範囲は約80ボルトであることを示す。この電圧範囲が、エネルギーリザーバのための充電/放電電圧範囲(すなわち、 $V = 80$ ボルト)として選定されたとき、エネルギーリザーバの電荷容量は、約0.1ファラデー/MW/電力サイクルである(ここで、電力サイクルは0.01秒持続する)。

【0026】

[0039]設計考慮事項が、2分にわたって蓄積する余剰エネルギーのこの最大量を貯蔵することである場合、必要とされる等価な電荷容量は、1MW PV発電所の場合、1200ファラデー($100 * 120 * 0.1$)に等しい。本明細書において、この必要とされる等価な電荷容量は「完全最大電荷容量」と呼ばれ、関連づけられたリザーバに貯蔵されたエネルギーの量は、「完全最大エネルギーリザーバ容量」、または「完全最大余剰エネルギー」と呼ばれる。

20

【0027】

[0040]薄膜キャパシタを使用して、この必要とされた電荷容量を満たす場合、その電荷容量を達成するために必要とされる薄膜キャパシタのセットは、体積に関して極端に大きく、資本ではコストが非常に高い。したがって、薄膜キャパシタのみからなるそのようなエネルギーリザーバを設計することは実際的ではない。

30

【0028】

[0041]この総当たり設計に対する工夫(twist)として、体積およびサイズを減少させるためにファラデーデバイス(バッテリーなど)を設計に組み込むことができるであろう。本発明者らの慎重な分析は、必要とされる電荷容量は、実際には、薄膜キャパシタとファラデーデバイスとをもつエネルギーリザーバに関して技術的に管理可能であることを明らかにした。しかしながら、そのようなリザーバのコストは、同じ性能を維持しながらバッテリーの価格が少なくとも3分の1に低下することができない限り、依然として高すぎて有益でない。

【0029】

[0042]電解キャパシタを使用することによって、必要とされる資本コストを実質的に減少させることができる。しかしながら、そのようなことは、そのようなキャパシタの比較的短い寿命により動作コストを増加させるであろう。したがって、現在、電解キャパシタの使用も実際的でない。したがって、総当たり手段は、必要とされる完全最大エネルギーリザーバ容量を用いた経済的に有益な設計を達成しない。

40

【0030】

[0043]本明細書においてについて説明する原理は、発明者によって観測された、以下のことを使用して、この問題を解決する。

(1)たいていの既存のDC/ACコンバータは、1秒で容易に3%過増または過減することができる。さらには、既存の500kW DC/ACコンバータは、動作中に1秒で容易に10kW超過増または過減することができることができる。

50

(2) 大まかな観察として、一般的な1 MW PV発電所は、毎朝ゼロ電力から電力生産を開始し、その通常の毎日の動作では、まれに、10 kW/秒よりも速くその電力生産を遡増する。

(3) MWレベルのPV発電所(定格は1 MWよりも大きいとされる)は、時々、短い電力急増中に毎秒10 kWよりも大きい遡増率を経験することがある。しかしながら、この短い急増に(または、より大きい毎秒100 kWの急増にすら)含まれるエネルギーは、MWレベル発電所において生産される合計毎日のエネルギーと比較したとき、小さい。

【0031】

[0044]これらの3つのことから、本発明者らは、(1)太陽光発電パネルストリングの各々における発電は、毎朝ゼロから開始し、および(2)PV生成機は、完全電力を瞬時に生成しないと、決定した。したがって、残りの振動パワートレインは、その最大値まで瞬時に遡増しない。言い換えれば、残りの振動パワートレインは、一般的には、DC/ACコンバータの遡増率よりもはるかにグレースフルに増加する。そのうえ、任意の短い遡増急増におけるエネルギーの量は、定格が1 MW以上とされたPVステーションのためのエネルギー収集では、重要な問題でない。

【0032】

[0045]したがって、余剰エネルギーの最大完全量を貯蔵することが可能であるエネルギーリザーバを設計する代わりに、本明細書において説明される原理は、リザーバへと入力された余剰エネルギーとDC/ACコンバータがリザーバから抽出するエネルギーとの差に等しい正味エネルギー量を(たとえば2分にわたって)貯蔵するようにリザーバを設計することを提案する。このエネルギーの量は、本明細書では、「最大差分余剰エネルギー」と呼ばれる。この最大差分余剰エネルギーの量は、最大完全余剰エネルギーよりもはるかに小さい。したがって、そのようなより小さいエネルギーリザーバを設計することは、より簡単である。これは、技術において管理可能であり、コスト効果も高い。

【0033】

[0046]図1Bは、DC/ACコンバータ1201Bによって取り出される電力を減ずる太陽電池ストリング1100Bのセットから生産された電力ストリームから生じる余剰電力を貯蔵するエネルギーリザーバ1300Bを記号的に示すブロック図を示す。同時に、別のDC/ACコンバータ1202Bは、ほぼ同じ量のDCエネルギーをエネルギーリザーバ1300B(余剰電力を含む)から受け取るようにMEUP Tコントローラ1310Bによって支持される。DC/ACコンバータ1201Bと1202Bの両方は同時に、受け取ったDCエネルギーをAC電力に変換し、そのAC電力を同じトランス1500Bを通して同じグリッド1600Bに提供する。そうする際、リザーバ1300Bへの正味エネルギー貯蔵負荷は、図1Aに示されるリザーバ1300Aの容量と比較したとき、非常に小さい容量に減少可能である。

【0034】

[0047]図1Cは、図1Bに示された構成から修正されているが、図1Bに示される構成のほぼ同じ性能を有する構成を示す。図1Cに示されるように、エネルギーリザーバ1300Cは、ダイオードセット1400Cを通してPV太陽電池ストリング1100Cによって生産されたDC電力ストリームを貯蔵する。2つのDC/ACコンバータ1201Cおよび1202Cは、PVストリングによって生産されたDCエネルギー入力とほぼ等しい量で、エネルギーリザーバ1300Cからほぼ同じ合計DC電力を(全体として)受け取るようにMEUP Tコントローラ1310Cによって指示される。したがって、リザーバ1300Cの入力および出力に、非常に小さい正味電力入力バランスがある。1201Cと1202Cの両方は同時に、受け取ったDC電力を、同じトランス1500Cを通して同じグリッド1600Bに提供されるAC電力に変換する。

【0035】

[0048]要約すると、図1Bに示されるように、(適切にデカップリングされるとき)エネルギーリザーバは、生産されたDC電力がエネルギー抽出器(DC/ACコンバータ1201Bのモジュールとして内蔵可能である)によって抽出された後に残る残りの振動パ

10

20

30

40

50

ワートレインの形で余剰エネルギーを抽出および貯蔵することができる。他のDC/ACコンバータ1201Bは、リザーバに貯蔵される余剰エネルギーの正味量を減少させるために、エネルギーリザーバ1300Bからほぼ等しい量のエネルギーを抽出するように設計される。したがって、比較的小さいリザーバが適切である。

【0036】

[0049]図1Cにも示されるように、(適切にデカップリングされるとき)エネルギーリザーバ1300Cは、すべての生産されたDC電力をPVストリング1100Cから受け取ることができる。次いで、振動ワートレインはDC/ACコンバータ1201Cおよび1202Cによって抽出されるが、余剰エネルギー(残った電力)も、90°位相がずれた残りの振動ワートレインの形でエネルギーリザーバ1300C内に暗黙的に貯蔵される。わかるように、この余剰エネルギーも、暗黙的に自動的に抽出され、リザーバ1300Cに貯蔵される。

10

【0037】

[0050]図1B(または図1C)に示される設計のどちらかを適用すると、設計されたエネルギーリザーバは、MEUPトプティマイザを目的としたエネルギーリザーバとして働くことができる。これは、90°位相がずれた少量の正味余剰エネルギーを一時的に貯蔵する。エネルギーリザーバ設計の厳しいタスクは、次に、適切なMEUPコントローラを設計するタスクにシフトされる。

【0038】

[0051]セクション5:MEUPコントローラの必要な機能

20

[0052]コントローラは、リザーバに充電する余剰電力における量に実質的に等しい適切な量のエネルギーをリザーバから一貫して取り出すように、関連づけられたDC/ACコンバータに指示することが可能であるべきである。そうする際、リザーバへのエネルギー貯蔵の正味量を最小にし、システム動作を安定させるためにリザーバ内の適切なバランスのとれたエネルギー貯蔵を維持することができる。そうするとき、エネルギーリザーバは、充電する余剰電力と短い時間継続期間DC/ACコンバータによって取り出された電力とのエネルギー差を貯蔵する(または提供する)だけでよい。

【0039】

[0053]可能なコントローラを用いると、エネルギー差は、管理可能に小さいように設計可能である。時間継続期間は、余剰エネルギーを合致する際にDC/ACコンバータに対して逡増または逡減するのに十分なほど長く、システム動作を依然として安定して保ちながらリザーバの容量を著しく減少させるのに十分なほど短いように設計可能である。したがって、推定されるリザーバの容量は、最大完全余剰エネルギーの容量の0.001倍未満になるように減少させることができる。この容量は、1MW PV発電所あたり2ファラデー未満であり、薄膜キャパシタを使用する場合ですら管理可能な電荷容量である。適切なMEUPコントローラの一例は、以下で、以下のセクション12~14に関して説明される。

30

【0040】

[0054]セクション6:キャパシタ/バッテリー複合エネルギーリザーバ

[0055]別の問題は、良好な薄膜キャパシタは、依然としてその元の容量の80パーセント超を保ちながら10~15年間続くことができるが、良好なバッテリーは、5年未満続き、その時間の後でその電荷容量のほぼ70パーセントを有することができることである。したがって、経済コストを最適化するために、注意深い設計バランスが提案される。そのうえ、リザーバ内のエネルギーの量は、常に動作を安定させるのに十分なほど大きくあるべきである。設計シミュレーションは、薄膜キャパシタおよびバッテリーの現在の価格では、1MW PVステーションに対する一般的な20年の最適エネルギーリザーバ設計は、適切な動作電圧をもつ約50アンペア時自動バッテリーストリングと組み合わせられた0.1~1ファラデー薄膜キャパシタを用いた設計であることを示す。

40

【0041】

[0056]セクション7:PVストリング内の相互電力消滅を防止する

50

[0057]上記で説明されたように、図 1 B および図 1 C において適用されるデカップリング技法は、太陽光発電パネルのストリングがエネルギーリザーバを充電することを可能にするが、電力がリザーバから P V 太陽電池ストリングへと逆流するのを防止する。デカップリングダイオードセットを適切に適用するとき、この技法は、リザーバから P V 太陽光発電パネルストリングを通ってのエネルギー漏洩を防止するだけでなく、本発明者らによって発見された現象も防止することができる。この現象は、本明細書では、「P V ストリング間の相互電力消滅現象」、「相互電力消滅現象」、または「電力消滅現象」と呼ばれる。

【0042】

[0058]この現象は、並列接続されたいくつかの P V ストリングが、生産された電力を収集するときに、発生する。この現象は特に、非常に異なる I - V 特性、光電変換効率、および / または最大電力生産電圧を有する並列接続された P V ストリングのときに、顕著である。

10

【0043】

[0059]たとえば、すべてよりも少ないストリング内のすべてよりも少ない太陽光発電パネルが影とともにキャストされたとき、影の中にあるストリングは、影の外部にある光電変換効率よりも低い光電変換効率を有する。言い換えれば、これらの太陽電池ストリングは、影の異なるキャスティングにより、一日の同じ時刻ですら非常に異なる I - V 特性を有するであろう。これらの太陽電池ストリングが並列に接続されるとき、高効率のストリングは、P V 太陽電池ストリング内での電力生産を中断させるために、生産された電力の一部を、より低効率の太陽電池ストリングに放電することができる。発明者らは、この現象を実験的に確認した。実験は、この現象は、P V 太陽電池ストリングが適切にデカップリングされるとき、防止可能であることも示す。

20

【0044】

[0060]そのうえ、電力消滅現象は、並列接続された P V ストリングが非常に異なる最大電力生産電圧を有するときにも発生することがある。たとえば、1 つは 15 のストリング化された太陽光発電パネルを有し、もう 1 つは 19 のストリング化された太陽光発電パネルを有する、並列接続された 2 つの太陽光発電パネルストリングがあると仮定する。19 のパネルをもつストリング内で生成された電力は、15 のパネルをもつストリングを決定的に流れ、電力消滅現象が発生する。実験は、上記の並列接続された 2 つのストリングから受け取った電力は、19 のパネルをもつストリングのみによって生産された電力の半分未満に減少することがあることを示す。適切にデカップリングされるとき、上記の 2 つの並列接続されたストリングから受け取った電力は、19 のパネルをもつストリングのみによって生産された電力の約 1.53 倍に回復することができる。上記で説明された実験は、(a) 相互電力消滅現象が存在することと、(b) 適切にデカップリングする技法は、この現象を防止することができることを示す。

30

【0045】

[0061]他の 1 つの実験では、P V プラントは、2 つの電力生産ユニットを有するように配置された。各ユニットは、同じ製造業者およびモデルの 85 の太陽光発電パネルからなる。2 つの電力生産ユニットの各々は、生産された D C エネルギーを収集するために、5 つの並列接続された P V ストリングをもつように構成された。2 つの P V ストリングは、直列接続された 15 のパネルと、直列接続された 17 のパネルをもつ 2 つのストリングと、直列接続された 21 のパネルをもつ別のストリングとをもつように構成された。これらの 10 のストリングの最大電力生産電圧が、空が晴れた正午に別々に測定されるとき、最大電力生産電圧は、最低で 420 ボルト ~ 最高で 610 ボルトの範囲にある。したがって、これらの並列接続された P V 太陽電池ストリングは、同じ晴れた空の下で非常に異なる最大電力生産電圧を有する。

40

【0046】

[0062]電力生産ユニットの各々は、異なる D C / A C コンバータを介して、収集された D C 電力を A C 電力に変換する。各生産ユニット内で生産されたエネルギーおよび電力を

50

測定するために、キロワット時計およびワット計が、各生産ユニットのDC/ACコンバータの各々のAC出力に接続された。次いで、これらのユニットが、AC電力をグリッドに提供するために、トランスに接続された。36日の期間にわたる2つの電力計の72の同一の示度があり、この36日の期間の終了時に場合2つのキロワット時計の同一の示度がある場合、これらの2つの電力生産ユニット内のすべての要素（計器の2つのセットを含む）が実質的に同一であったことが確認される。

【0047】

[0063]次いで、一方の電力生産ユニットは、21のパネル（と使用されない1つのパネル）の4つのストリングをもつように構成されるように修正され、他方の電力生産ユニットは、上記で説明された5つのストリングから変更されないままであった。修正された電力生産ユニットの測定される電力生産は、一般的には、空が晴れた正午において、他方の電力生産ユニットの電力生産の4.1倍よりも大きかった。次いで、60日の、提供された蓄積されたエネルギーを測定した。このエネルギーは、2つのキロワット時計の示度から得られた。修正された電力生産ユニットは、修正されていない電力生産ユニットのエネルギーの3.38倍のエネルギーをグリッドに提供した。上記の実験は、相互電力消滅現象は並列接続されたPVストリング内で、特に、非常に異なるI-V特性または非常に異なる最大電力電圧を有するストリングとともに、実際に存在することを明確かつ決定的に証明した。

【0048】

[0064]結論として、本明細書において説明される原理による適切なデカップリング技法は、エネルギーリザーバから太陽電池ストリングを通るエネルギー漏洩を防止することができ、PVストリング間での発見された相互電力消滅現象も防止することができる。

【0049】

[0065]セクション8：余剰エネルギーの存在を証明する実験

[0066]MEUPトプティマイザの設計について説明する前に、このセクションでは、そのようなPV発電所内での余剰エネルギーの存在を最終的に証明する実験について説明する。これは、参照される特許公報、US2016/0036232およびUS2017/0149250 A1によって予測される。繰り返しになるが、参照される特許公報は、余剰エネルギーを、生産されたが熱に変えられる前に抽出および/または利用されない電気エネルギーと定義する。具体的には、PV発電所内で、「余剰エネルギー」は、生産されたDCエネルギーが3相DC/ACコンバータによって抽出されAC電力に変換された後で存在する残った電気エネルギーを含む。MEUPトプティマイザは、この残った電気エネルギーすなわち余剰エネルギーを捕捉/利用するように設計可能である。以下では、実験セットアップおよび実験の段階的な実行について説明する。

【0050】

[0067]図2Aは、2つのAC電力生産ユニット2100Aと2200Aとを備えるPV発電所2000Aの開始セットアップを示す。AC電力生産ユニット2100Aおよび2200Aの各々は、ブラインドMPPT確認を実施し、3相AC電力を電力グリッド2600Aに提供する。AC電力生産ユニット2100Aは、DC発電機2110Aと、3相DC/AC(15kW)コンバータ2130Aとからなる。AC電力生産ユニット2200Aは、DC発電機2220Aと、3相DC/AC(15kW)コンバータ2230Aとからなる。発電機2110Aは、2つの並列接続されたPVストリング2111Aおよび2112Aを使用して、DC電気を生成する。発電機2220Aは、別の2つの並列接続された太陽電池ストリング2221Aおよび2222Aを使用して、DC電気を生成する。4つのPVストリングの各々は、25の直列接続された太陽光発電パネルからなる。各パネルは、空の晴れた正午に250Wの電力を生産することが可能である。

【0051】

[0068]DC発電機2110Aは、DC電力を3相DC/ACコンバータ2130Aに供給する。DC発電機2220Aは、DC電力を3相DC/ACコンバータ2230Aに供給する。次いで、これらの2つのコンバータ2130Aおよび2230Aは、供給された

D C 電力を 3 相 A C 電力に変換する。実験では、電力生産ユニット 2 1 0 0 A および 2 2 0 0 A の A C 出力電力はそれぞれ、2 つの 3 相 A C ワット計 (k W 単位) 2 3 5 1 A および 2 3 5 2 A によって測定された。これらの 2 つの電力生産ユニット 2 1 0 0 A および 2 2 0 0 A の A C エネルギー生産量 (k W * 時間単位) もそれぞれ、2 つの k W 時計 2 3 6 1 A および 2 3 6 2 A によって測定された。次いで、生産された 3 相 A C 電力は、トランス 2 5 0 0 A を介してグリッド 2 6 0 0 A に提供された。P V 発電所が動作させられ、2 つの A C 電力生産ユニット 2 1 0 0 A および 2 2 0 0 A のエネルギー生産量が 7 日間測定された。

【 0 0 5 2 】

[0069] 2 つの k W 時計の示度は、この時間期間中、毎日等しい値を示した。このことは、これらの 2 つの電力生産ユニット 2 1 0 0 A および 2 2 0 0 A のすべての要素 (測定用機器の 2 つのセットを含む) が実質的に同一であるという高い信頼性を提供する。このステップの後、2 つの A C 電力生産ユニットのうち的一方 2 2 0 0 A は、変更されずに保たれたが、他方の A C 電力生産ユニット 2 1 0 0 A は、図 2 B の左側に示される異なる構成 2 1 0 0 B をもつように修正された。

【 0 0 5 3 】

[0070] 図 2 B の電力生産ユニット 2 2 0 0 B は、修正されていない、図 2 A の電力生産ユニット 2 2 0 0 A である。また、図 2 B の要素 2 3 5 1 B、2 3 6 1 B、2 3 5 2 B、2 3 6 2 B、2 5 0 0 B、2 6 0 0 B はそれぞれ、図 2 A の要素 2 3 5 1 A、2 3 6 1 A、2 3 5 2 A、2 3 6 2 A、2 5 0 0 A、2 6 0 0 A と同じである。そのうえ、電力生産ユニット 2 1 0 0 B の構成は、図 2 B では図 2 A の電力生産ユニット 2 1 0 0 A と異なるが、図 2 B の電力生産ユニット 2 1 0 0 B の要素のうちのいくつかは、図 2 A の電力生産ユニット 2 1 0 0 A 内に含まれる要素と同じである。たとえば、図 2 の P V スtring 2 1 1 1 B および 2 1 1 2 B はそれぞれ、図 2 A の P V スtring 2 1 1 1 A および 2 1 1 2 A と同じである。同様に、図 2 B の D C / A C コンバータ 2 1 3 0 B は、図 2 A の D C / A C コンバータ 2 1 3 0 A と同じである。

【 0 0 5 4 】

[0071] 以下の 6 つのステップは、どのように電力生産ユニット 2 1 0 0 A が 2 1 0 0 B の構成に修正されたかについて説明し、図 2 B の左側を参照しながら説明される。ステップ 1 は、太陽電池 String 2 1 1 1 B および 2 1 1 2 B と 3 相 D C / A C コンバータ 2 1 3 0 B の間にデカップリングダイオード 2 3 1 1 B のセットを追加することであり、これは、ブラインド M P P T 確認を実施している。ステップ 2 は、エネルギーリザーバ 2 4 1 0 B を構成に追加することであった。ステップ 3 は、デカップリングダイオード 2 3 1 2 B の別のセットを通して、および S W 1 スイッチを通して、エネルギーリザーバ 2 4 1 0 B を D C / A C コンバータ 2 1 3 0 B の D C 端子に接続することであった。ステップ 4 は、別の 3 相 D C / A C コンバータ 2 1 3 0 S (2 0 k W) を構成に追加することであった。コンバータ 2 1 3 0 S は、設計された M E U P T コントローラ 2 4 2 0 B の方向に従って動作させられた。ステップ 5 は、デカップリングダイオード 2 3 1 3 B の別のセットを通して、およびスイッチ S W 2 を通して、D C / A C コンバータ 2 1 3 0 S をエネルギーリザーバ 2 4 1 0 B に接続することであった。ステップ 6 は、スイッチ S W 3 を通して、コンバータ 2 1 3 0 S の出力端子を電力およびエネルギー測定機器セット 2 3 5 1 B および 2 3 6 1 B に接続することであった。参照される「デカップリングダイオードセット」は、当技術分野で「ブロッキングダイオード」と呼ばれるダイオードであってよいことに留意されたい。スイッチ S W 1、S W 2、および S W 3 は図 1 B に示されるように追加され、したがって、関連デバイスが、以下で説明される設計された実験実行ステップにおいて適切なときに実験に導入 (または、これから除去) 可能であることにも留意されたい。

【 0 0 5 5 】

[0072] 上記の修正が行われた後の最初の晩。S W 1 はオンにされたが、スイッチ S W 2 および S W 3 はオフにされた。コンバータ 2 1 3 0 B および 2 2 3 0 B は、翌日の朝早くに動作し始めた。電力生産ユニット 2 1 0 0 B および 2 2 0 0 B の 2 つの出力を測定する

10

20

30

40

50

電力計 2 3 5 1 B および 2 3 5 2 B は、同じ示度を示した。リザーバ 2 4 1 0 B も、リザーバ 2 4 1 0 B の高い端子電圧の測定によって示されるように充電し始める。システムは、第 1 日は終日、説明されたように動作した。2 つの電力生産ユニット 2 1 0 0 B および 2 2 0 0 B から提供された測定されたエネルギーは、kW 時計 2 3 6 1 B および 2 3 6 2 B の示度に示されるように、等しかった。この実験ステップは、追加されたデカップリングダイオードセット 2 3 1 1 B およびリザーバ 2 4 1 0 B が、電力生産ユニット 2 1 0 0 B の電力およびエネルギーの生産量を変更しなかったことを示した。

【 0 0 5 6 】

[0073]スイッチ SW 1、SW 2、および SW 3 は、第 1 の動作日の後の夜（第 2 の夜）にオンにされた。コンバータ 2 1 3 0 B および 2 2 3 0 B は、早朝（第 2 の日）に動作し始め、コンバータ 2 1 3 0 S は、コンバータ 2 1 3 0 B および 2 2 3 0 B が動作し始めた約 1 5 分後に、より低い電力変換レベルで動作し始めた。その後、コンバータ 2 1 3 0 は、その変換電力レベルを約 2 分ごとに増加させた。これは、コントローラ設計およびリザーバエネルギーレベルの増分と一致する。電力計 2 3 5 1 B（ユニット 2 1 0 0 B のための）の示度は、一日中、ほぼ日没まで、電力計 2 3 5 2 B（ユニット 2 2 0 0 B のための）の示度の約 2 倍に達した。第 2 日の終了まで 2 つの電力生産ユニット 2 1 0 0 B および 2 2 0 0 B から提供されるエネルギーは、2 つの kW 時計の示度から得られた。結果は、修正された電力生産ユニット 2 1 0 0 B から提供されるエネルギーは、修正されていない電力生産ユニット 2 2 0 0 B から提供されるエネルギーの 2 倍よりも大きかったことを示した。続く 6 日間連続で、スイッチ SW 1、SW 2 および SW 3 はオンのままであり、修正された電力生産ユニット 2 1 0 0 B から提供されるエネルギーは、一貫して毎日、電力生産ユニット 2 2 0 0 B のエネルギーの 2 倍よりも大きかった。

【 0 0 5 7 】

[0074]次の晩、スイッチ SW 2 および SW 3 がオフにされた。電力生産ユニット 2 1 0 0 B および 2 2 0 0 B から提供される測定されるエネルギーは、スイッチ SW 2 および SW 3 がオフにされたままで、続く 5 日間連続で同じレベルに戻った。次の晩、スイッチ SW 2 および SW 3 は再びオンにされた。電力生産ユニット 2 1 0 0 B の測定されるエネルギー生産量は再び、スイッチ SW 2 および SW 3 がオンのままで、続く 5 日間連続で毎日、電力生産ユニット 2 2 0 0 B のエネルギー生産量の 2 倍よりも大きくなった。

【 0 0 5 8 】

[0075]上記で説明されたように、この実験の段階的な実行は、参照される特許公報（US 2 0 1 6 / 0 0 3 6 2 3 2 および US 2 0 1 7 / 0 1 4 9 2 5 0 A 1）が予測したように、PV 発電所内での参照される余剰エネルギーの存在を決定的に証明する。具体的には、PV 発電所内で、生産された DC エネルギーが 3 相 DC / AC コンバータによって抽出されるとき、残ったエネルギーは依然として存在する。MEUP T オプティマイザは、この余剰エネルギーを捕捉および利用して、電力グリッドに提供される電気を増加させることができる。

【 0 0 5 9 】

[0076]セクション 9：設計された MEUP T オプティマイザの構成

[0077]修正された発電ユニット 2 1 0 0 B（上記で説明され、図 2 B に示される）は、MEUP T オプティマイザを組み込んだ PV 発電ユニットの一例として働くことができる。この場合、MEUP T オプティマイザは、3 つのデカップリングダイオードセット 2 3 1 1 B、2 3 1 2 B、および 2 3 1 3 B と、リザーバ 2 1 4 0 B と、MEUP T コントローラ 2 3 2 0 B とを備える。以下では、デカップリングダイオードセットは「デカップリングデバイス」と呼ばれることに注意されたい。

【 0 0 6 0 】

[0078]MEUP T オプティマイザモジュールの接続は、図 2 B に示され、上記で説明されている。余剰エネルギーは、この実施形態では、エネルギーリザーバ 2 4 1 0 B によって受動的に抽出されることに留意されたい。別の電力抽出器は、3 相 DC / AC インバータ 2 1 3 0 S 内にモジュールとして含まれ、3 相 DC / AC インバータ 2 1 3 0 S は、リ

10

20

30

40

50

ザーバ 2 4 1 0 B 内に貯蔵された余剰エネルギーを抽出する。コンバータ 2 1 3 0 S の A C 電力変換レベルは、エネルギーリザーバ 2 4 1 0 B への電力充電が、エネルギーリザーバ 2 4 1 0 B から放電された電力とほぼバランスがとれているように、M E U P T コントローラ 2 3 2 0 B によって調節される。したがって、期間内にリザーバに充電される「正味」電力は、好きなだけ小さくすることができる。より小さい電力充電は、M E U P T コントローラ 2 3 2 0 B によるより厳密な制御を犠牲にして、より小さいエネルギーリザーバ 2 4 1 0 B を可能にする利益を有する。

【 0 0 6 1 】

[0079]別の実施形態が図 3 に示されている。この実施形態は、5 0 0 k W 太陽光発電パネル 3 1 1 0 を使用して太陽光電力を D C 電力に変換する 1 つの A C 電力生産ユニット 3 1 0 0 のみを備える M E U P T オプティマイザを組み込んだ P V 発電所 3 0 0 0 の構成を示す。言い換えれば、A C 電力生産ユニット 3 1 0 0 は、D C 発電機 3 1 1 0 と、3 相 D C / A C (5 0 0 k W) コンバータ 3 1 3 0 とからなる。発電機 3 1 1 0 は、8 0 の並列接続された太陽電池ストリングを使用して、D C 電気を生成する。8 0 の太陽電池ストリングの各々は、2 5 の並列接続された太陽光発電パネルからなる。各パネルは、空の晴れた正午に 2 5 0 W の D C 電力生産能力を有するように公表される。この D C 生成機 3 1 1 0 は、5 0 0 k W 電気発電機 ($8 0 * 2 5 * 2 5 0 W = 5 0 0 k W$) と呼ばれ、この P V 発電所は 5 0 0 k W P V 発電所と呼ばれることに留意されたい。

【 0 0 6 2 】

[0080]図 3 に示されるように、発電機 3 1 1 0 は、デカップリングデバイス 3 3 1 1 を通して 3 相 D C / A C コンバータ 3 1 3 0 (公表 5 0 0 k W をもつ) に D C 電力を供給する。生成機 3 1 1 0 は、デカップリングデバイス 3 3 1 2 を通してエネルギーリザーバ 3 4 1 0 にも D C 電力を供給し、エネルギーリザーバ 3 4 1 0 を充電する D C エネルギー源としてのサーバ。したがって、余剰エネルギーは、リザーバ 3 4 1 0 によって受動的に抽出される。次いで、リザーバ 3 4 1 0 は、デカップリングデバイス 3 3 1 3 を通して別の 3 相 D C / A C コンバータ 3 1 3 0 S (公表 5 0 0 k W をもつ) に D C 電力を供給 (または放電) する。コンバータ 3 1 3 0 は M P P T オプティマイザとして動作し、コンバータ 3 1 3 0 S は M E U P T コントローラとして動作する。コンバータ 3 1 3 0 および 3 1 3 0 S は、別々に供給された D C 電力を 3 相 A C 電力に変換し、同じトランス 3 5 0 0 を介してグリッド 3 6 0 0 に給電するために配送する。

【 0 0 6 3 】

[0081]上記の説明において使用される D C / A C コンバータは、2 つのタイプ、すなわち、P V 太陽電池ストリングから直接的にその D C 電力を受け取る 1 つのタイプと、エネルギーリザーバからその D C 電力を受け取るもう 1 つのタイプに分類可能であることに注意されたい。コンバータのタイプの区別が、本開示および以下の詳細な説明において必要であるとき、本明細書において、P V 太陽電池ストリングから D C 電力を受け取るタイプは、「P S D C / A C コンバータ」とも呼ばれ、エネルギーリザーバから D C 電力を受け取る他方のタイプは、「E R D C / A C コンバータ」とも呼ばれる。その差異が、本開示において 3 相 D C / A C コンバータを使用する場合に必要であるとき、コンバータはそれぞれ、本明細書において、分類され、「P S 3 相 D C / A C コンバータ」および「E R 3 相 D C / A C コンバータ」と呼ばれる。

【 0 0 6 4 】

[0082]より広いレベルでの繰り返しになるが、図 4 に示される構成が示すように、この M E U P T オプティマイザは、定格された x MW 発電能力をもつ太陽光発電パネルストリングを適切に配置した x MW P V 発電所に最適化サービスを提供する。生産された D C 電力は、製造業者公表 y MW 「P S 3 相 D C / A C コンバータ」4 1 3 0 によって、デカップルデバイス 4 3 1 1 を通して抽出される。残った電力は、別のデカップリングデバイス 4 3 1 2 を通してエネルギーリザーバ 4 4 1 0 に充電され、したがって、余剰エネルギーを抽出および貯蔵する。次いで、貯蔵された余剰エネルギーは、別のデカップリングデバイスを通して、別の製造業者公表 z MW 「E R 3 相 D C / A C コンバータ」4 1

10

20

30

40

50

30Sによって変換される。コンバータ4130のうちの1つはMPPTオブティマイザによって調節され、他のコンバータ4130SはMEUP Tコントローラによって調節される。両方のコンバータは、適切な量のDC電力を3相AC電力に変換し、その3相AC電力を、同じトランス4500を介して電力グリッド4600に提供する。この構成では、 $x = y = z = 0.5$ であることに注意されたい。

【0065】

[0083]図5は、大規模PV発電所内にMEUP Tオブティマイザを組み込んだ別の実施形態を示した。発電所は、定格0.5MWの太陽光発電パネルストリング5110と、2つの公表500kW3相DC/ACコンバータ5130および5130Sとを装備する。この実施形態は、MEUP Tオブティマイザのための別の構成を示す。PV発電所5000は、1つのAC電力生産ユニット（以下では「AC電力生産ユニット5100」とも呼ばれる）を備えると考えられ得る。AC電力生産ユニット5100は、定格500kW太陽光発電パネルからなるDC発電機5110と、2つの3相DC/AC（各々500kWと公表された）コンバータ5130および5130Sとからなる。発電機5110は、DC電気を生成する、80の並列接続された太陽電池ストリングを使用する。80の太陽電池ストリングの各々は、25の並列接続された太陽光発電パネルからなる。各太陽光発電パネルは、定格が、250WのDC電力生産能力を有するとされる。エネルギーリザーバ5410は、生成機5110からデカップリングデバイス5311を通してDC電力を受け取る。2つの3相DC/ACコンバータ5130および5130Sは、コンバータ5130のためのデカップリングデバイス5312とコンバータ5130Sのためのデカップリングデバイス5313とを含む2つの別個のデカップリングデバイスを通して、リザーバ5410からDC電力を受け取る。コンバータ5130および5130Sは、トランス5500を介して電力グリッド5600に提供するために適切な量の電力をリザーバ5410から取り出し、DC電力を3相AC電力に変換するように、MEUP Tコントローラによって調節される。

【0066】

[0084]図5に示される構成についてより広く詳述するために、MEUP Tオブティマイザは、 x MW PV発電所に最適化サービスを提供する。このPV発電所は、合計定格DC発電能力 x MWを有する太陽光発電パネルストリングをもつ1つのAC電力生産ユニットを有する。DC生成機は、デカップリングデバイスを通してエネルギーリザーバを充電する。エネルギーリザーバは、デカップリングデバイスの2つの別個のセットを通して、2つの3相DC/ACコンバータにDC電気を供給する。2つの「ER3相DC/ACコンバータ」の合計製造業者公表変換能力は、 $z_1 + z_2 = z$ MWである。2つのコンバータは、適切な量のDC電力を3相AC電力に変換するようにMEUP Tコントローラによって調節される。2つのコンバータによって生産された電気は、同じトランスを介して電力グリッドに提供される。上記で説明された構成は、改正であり、図6に示されている。この構成では、 $x = 0.5$ 、 $y = 0$ 、 $z = 1$ であることに注意されたい。

【0067】

[0085]本明細書は、ここで、図4および図6に示された2つの構成を比較する。図4に示される構成では、DC生成機は、製造業者公表 y MWの能力をもつ「PS3相DC/ACコンバータ」にDC電力を供給し、残った電力をエネルギーリザーバに充電する。図4では、エネルギーリザーバは、製造業者公表 z MWの能力をもつ「ER3相DC/ACコンバータ」にDC電力を供給する。図6に示された構成に「PS3相DC/ACコンバータ」がない（すなわち、 $y = 0$ ）と、生成されるDC電力は、デカップリングデバイスを通してエネルギーリザーバに充電し、エネルギーリザーバは、デカップリングデバイスの2つの別個のセットを通して2つの「ER3相DC/ACコンバータ」にDC電気を供給する。したがって、図3の構成では $x = y = z = 0.5$ であり、図6の構成では $x = 0.5$ 、 $y = 0$ 、 $z = 1$ である。図6のさらなる一実施形態では、エネルギーリザーバ6410はない。その代わりに、太陽電池ストリング6110は、デカップリングデバイス6311を介してコンバータ6130にDC電力を提供する。

【 0 0 6 8 】

[0086]次に、M E U P T オプティマイザに関する唯一の残りの設計問題は、太陽電池ストリングの定格能力を表すパラメータとコンバータのパラメータとの最適電力合致関係を識別することである。具体的には、タスクは、最適状況において x 、 y 、および z の値の間の関係を識別することである。注意として、和 $y + z$ の値は、セクション 2 において説明されるように、従来の P V 発電所では値 x より大きくない。

【 0 0 6 9 】

[0087]値 x は、P V スtringの定格 D C 電力生産能力の MW 値に対して指定され、値 y は、P V スtringによって供給される D C エネルギーを変換する「P S 3 相 D C / A C コンバータ」の製造業者公表能力の合計 MW 値に対して指定され、値 z は、エネルギーリザーバによって供給される D C エネルギーを変換する「E R 3 相 D C / A C コンバータ」の製造業者公表能力の合計 MW 値に対して指定されることにも注意されたい。

10

【 0 0 7 0 】

[0088]たとえば図 6 では、 x は 0.5、すなわち、0.5 MW 製造業者の公表合計 P V 能力に等しい。 y は、「P S 3 相 D C / A C コンバータ」が設置されていないことを意味する 0 に等しい。 z は 1 に等しく、これは、2 つの「E R 3 相 D C / A C コンバータ」の 1 MW 合計製造業者の公表能力が、エネルギーリザーバから D C 電力を受け取り、D C エネルギーを 3 相 A C 電力に変換するために組み込まれることを意味する。 $y + z$ の値は、上記で説明された構成の両方において x 値の値の 2 倍より小さくないことに留意されたい。「能力」という用語は、デバイスの「電力定格」とも呼ばれ、別段に示されない限り、互換である。

20

【 0 0 7 1 】

[0089]セクション 10：最適電力合致関係。

[0090]異なる規律（業界）により、太陽光発電パネルのための電力定格の定義は、D C / A C コンバータの定義とは異なる。太陽光発電パネルの電力定格は、太陽光発電パネルが空の晴れた正午に生産可能である最大 D C 電力と定義される。太陽光発電パネル製造業界は、所定のタイプの照明ランプ（本明細書では「標準ランプ」と呼ばれる）を使用して、晴れた空をシミュレートする。正午は、太陽光パネル表面を通して光束を垂直に照明することによってシミュレートされる。したがって、製造業者公表電力生産能力は、実際の D C 生成機の能力に非常に近いことがある。発明者らによって実行された実験も、上記の記述を確認する。したがって、P V 太陽電池ストリングの合計 D C 発電能力は、信用できると判定される。「製造業者公表能力」という肩書きは、太陽電池ストリングの電力定格について説明するとき、本明細書では省略される。一方、D C / A C コンバータ製造業界は、本明細書では「電力グリッド慣習」と呼ばれる、電力グリッド業界の慣習に従って、D C / A C コンバータの電力定格を定義する。D C / A C コンバータ能力のこの慣習および定義は、以下のように詳述される。

30

【 0 0 7 2 】

[0091]A C 電力グリッド業界は、構築された 3 相 A C 電力グリッドが、公表電力配送能力を満たすことができることを保証するために、慣習（電力グリッド慣習と呼ばれる）を施行する。3 相 A C 電力グリッドは、電力線の各ペアにおいて電圧および電流の経時的に変化する正弦波関数を 1 つの位相として配送することができる 3 つまたは 4 つの電力線からなる。電力グリッド慣習は、規格で電力線が耐える「標準」最大電圧（「線間電圧」と呼ばれる）と公表される電圧を定義する。同様に、規格で公表される指定された最大電流は、電力線が運ぶ最大電流（「最大相電流」と呼ばれる）である。デバイスが、電力グリッド慣習に従うように製造されるとき、デバイスの規格で公表される電圧は、すべての関連構成要素が耐えるべきである最大電圧である。同様に、規格で公表される最大電流は、電力線の 1 つのペアに接続する、1 つの位相のすべての関連構成要素のための最大通電能力である。デバイスの電圧および電流の経時的に変化する関数も、A C 電力グリッド内の各位相の正弦波関数に従う必要がある。

40

【 0 0 7 3 】

50

[0092]繰り返しになるが、3相DC/ACコンバータの指定された電圧は、3相電力の線間電圧と定義される。指定された最大電流は、各位相に対する電力線のペアの最大通電能力と定義される。指定された最大電力は、3つの位相が耐えることができる最大電力能力の総計と定義される。言い換えれば、電力グリッド慣習に従うとき、各位相の電力線および接続された電力デバイスは、指定された最大電力の3分の1 ($1/3$) を送ることが可能であるべきであり、他の手段で言えば、3相DC/ACコンバータの「製造業者公表電力定格」は $3 * U * I$ であり、ここで、 U は相電圧、 I は相電流である。電力線の各ペアは、 $U * I$ 電力、すなわち「製造業者公表電力定格」の $1/3$ を配送することが可能である。電力線のペアに接続する各モジュールも、電力グリッド慣習に従うとき、公表された指定された電力定格の $1/3$ を運ぶまたは配送することが必要とされる。

10

【0074】

[0093]たとえば、「AC電圧 = 315 V AC、最大電流 = 916 アンペア、および最大電力出力 = 500 kW」を指定する3相DC/ACコンバータを一例とする。「AC電圧 = 315 V AC」という指定は、「このコンバータの出力線間電圧は315ボルトである」と読まれるべきである。または、3相のバランスがとれているとき、あらゆる位相の相電圧 U は、 $U = 315 / 1.732 = 181.9$ ボルトである（ここで、1.732は、相電圧に対する線間電圧の比である、3の平方根である）。指定された「最大電流 = 916 アンペア」は、各位相における電力線およびすべての構成要素が、 $I = 916$ アンペアの通電能力を保証するように設計されると、読まれるべきである。指定される「最大電力出力 = 500 kW」は、各DC/AC変換相のすべての構成要素の最大電力変換および配送能力 $= U * I = 181.9 * 916 = 500 / 3$ kWであり、3つの変換相における関連モジュールの合計最大電力変換および配送能力は、各相の和すなわち $3 * U * I = 3 * 181.9 * 916 = 500$ kWであり、これは、前の段落で述べられた電力グリッド慣習に従うとき、定義された「製造業者公表電力定格」= $3 * U * I$ である、と理解されるべきである。

20

【0075】

[0094]3相DC/ACコンバータにおける3つの相は、 120° の位相差を有するように厳密に相関される。言い換えれば、電力線の1つのペア（位相）は、 $U * I \sin^2(t)$ （ t ）という経時的に変化する電力を配送する。第2の位相は、 $U * I \sin^2(t + 120^\circ)$ という経時的に変化する電力を配送し、第3の位相は、 $U * I \sin^2(t - 120^\circ)$ という経時的に変化する電力を配送する。3つの位相の電力線の各ペアは、厳密な相関をもつ互いに関連する3つの振動ACパワートレインを配送する。電力変換容量 $P(t)$ は、定義された「製造業者公表電力定格」に等しくないことに留意されたい。電力変換容量 $P(t)$ は、時間の関数として表され、定義された3相AC電力制限に従って得られる。

30

【0076】

[0095]言い換えれば、DC/AC電力変換容量 $P(t)$ は、 120° の厳密に相関された位相差をもち、 $\sin^2(t)$ または $\cos^2(t)$ という二乗正弦波振動に従う電力波形をもつ、3相の経時的に変化する電力出力の和から得られ、角周波数 ω に一定であることを強制する電力グリッド（同じ位相および周波数）と同期される。

40

【0077】

[0096]次に、3相DC/ACコンバータの経時的に変化する電力変換容量 $P(t)$ を得る。時間の関数としての3相DC/ACコンバータの電力変換容量は、 $P(t) = U * I * (\sin^2(t) + \sin^2(t + 120^\circ) + \sin^2(t - 120^\circ))$ である。上記で定義されたように、 U は相電圧、 I は相電流、 ω は電力グリッドの一定の角周波数である。また、 $\sin^2(t + 120^\circ) + \sin^2(t - 120^\circ) = \cos^2(t) + 1/2$ であることが示され得る。したがって、時間の関数としての3相DC/ACコンバータの電力変換容量 $P(t)$ は、 $P(t) = U * I * (\sin^2(t) + \sin^2(t + 120^\circ) + \sin^2(t - 120^\circ)) = U * I * (\sin^2(t) + \cos^2(t) + 1/2) = U * I * (1 + 1/2) = 3/2 (U * I)$ である。

50

【 0 0 7 8 】

[0097]言い換えれば、3つの位相におけるこれらの厳密に相関された3つの脈動性パワートレインの総計は、一定である。言い換えれば、これらの3つのペアの電力線の総計電力配送は、一定である。すなわち、3つの位相に関連する3つのモジュールの総計は、一定である。しかしながら、この定数は、「宣言された電力能力」の半分 ($1/2$) に等しいにすぎない。これは、電力グリッド慣習に従うときの電力変換容量と3相DC/ACコンバータの定義された「公表電力能力」との関係である。

【 0 0 7 9 】

[0098]先に説明したように、3相DC/ACコンバータの「製造業者公表電力定格」、または参照された「製造業者公表電力能力」は、電力グリッド慣習に従うとき、 $3 \cdot U \cdot I$ であることを思い出されたい。これを、上記で得られた電力変換容量と比較すると、 $P(t) = 3/2 (U \cdot I)$ である。得られた3相DC/ACコンバータのDC/AC電力変換容量は、「製造業者公表電力能力」の半分にすぎないことは、明らかである。

10

【 0 0 8 0 】

[0099]一例として、上記で説明された3相DC/ACコンバータを再び取り上げる。この3相DC/ACコンバータは、「AC電圧 = 315 V AC、最大相電流 = 916 アンペア、および最大電力出力 = 500 kW」を指定する。実際は、この3相DC/ACコンバータのDC/AC電力変換容量は250 kWにすぎない。上記の結論を得るために、最初に、公表された最大電力すなわち500 kWは、実際には $3 \cdot U \cdot I$ に等しく、ここで、 U は、指定された線間電圧から得られる相電圧、 I は、公表された最大電流であることを確認し、このコンバータの電力変換容量は $3/2 \cdot U \cdot I = 250 \text{ kW}$ に等しい。

20

【 0 0 8 1 】

[00100]パラメータ x 、 y 、および z に関する最適電力合致関係 (定義されるように) は、 $(y + z)$ の値は $2x$ の値より小さくないものとする。ここで、関連PV発電所は、 $x \text{ MW}$ PV太陽電池ストリングから構成され、「PS 3相DC/ACコンバータ」は、 $y \text{ MW}$ の合計「製造業者公表電力能力」を有し、「ER 3相DC/ACコンバータ」は、 $z \text{ MW}$ の合計「製造業者公表電力能力」を有する。「PS 3相DC/ACコンバータ」および「ER 3相DC/ACコンバータ」は、1つもしくは複数のMPP Tコントローラによって、または1つもしくは複数のMEUP Tコントローラによって、のどちらかで動作可能である。MEUP T最適化を実施するために、MEUP TコントローラによってすべてのDC/ACコンバータを動作させることが好ましい。

30

【 0 0 8 2 】

[00101]セクション 11 : 要約

[00102]図7は、PV太陽光発電所7000の構成を抽象的に示す。発電所は、太陽電池ストリング7100内に配置された、全部で $x \text{ MW}$ の太陽光発電パネルを備える。太陽電池ストリング7100内で生成されるDC電力は、デカップリングデバイス7201を通して3相DC/ACコンバータ7301のグループにDC電力入力を提供し、デカップリングデバイス7202を通してリザーバ7400に余剰電力を充電する。エネルギーリザーバ7400は、デカップリングデバイス7203を通して3相DC/ACコンバータ7302のグループにDC電力入力を提供する。3相DC/ACコンバータ7301と7302の両方は、変換された3相AC電力を、トランス7500を通して電力グリッド7600に提供する。コンバータ7301の合計「製造業者公表能力」は、 $y \text{ MW}$ である。コンバータ7302の合計「製造業者公表能力」は、 $z \text{ MW}$ である。和 $(y + z)$ の値は、 $2x$ の値より小さくない。類似の構成を使用して、セクション2において説明された従来のPV発電所について説明するとき、 $(y + z)$ の値は、 x の値より大きくないことを思い出されたい。したがって、 $(y + z)$ の値をもつ設計が、 x よりも大きい、または x の1.1倍よりもさらに良いとき、それは、余剰エネルギーのうちのいくらかが、電力グリッドに提供される電気エネルギーを増強するために捕捉可能であることを意味する。

40

【 0 0 8 3 】

50

[00103]コンバータ7301および7302はすべて、上記で説明されたMEUP Tコントローラによって動作可能である。いくつかの実施形態では、コンバータのうちのいくつかもしくは1つが、MEUP Tコントローラによって動作され、または、コンバータのうちのいずれも、MEUP Tコントローラによって動作されない。そのうえ、いくつかの実施形態では、デカップリングデバイス7201、7202、および7203のうちの1つまたはいくつかは、構成では省略可能である。PV太陽電池ストリング7100は、コンバータ7301にDC電力入力を提供する。したがって、PV太陽電池ストリング7100は、本明細書では、「PSコンバータ」と呼ばれる。エネルギーリザーバ7400は、コンバータ7302にDC電力入力を提供する。したがって、PV太陽電池ストリング7100は、本明細書では、「ERコンバータ」と呼ばれる。合計「製造業者公表電力定格」および合計「製造業者公表電力能力」という用語は、本明細書では、「公表電力」と省略されるものとする。

10

【0084】

[00104]図7に示される構成の説明を繰返すことになるが、PV発電所7000は、x MW太陽電池ストリング7100をDC発電機として備える。DC発電機7100は、デカップリングデバイス7201を通して、y MWの「公表電力」をもつ「PSコンバータ」7301に入力を提供し、別のデカップリングデバイス7202を通してリザーバ7400に残った電力を充電する。リザーバ7400は、デカップリングデバイス7203を通して、z MWの「公表された電力」をもつ「ERコンバータ」7302に入力を提供する。3相DC/ACコンバータ7301と7302はすべて、変換された3相AC電力を、トランス7500を通して電力グリッド7600に提供する。ある実施形態では、 $(y+z)$ の値は、 $2x$ の値より小さくない。しかしながら、 $(y+z)$ の値がxの値よりも大きいとき、設計は、電力グリッドへの電気エネルギー販売を増強するために部分的な利益を受け取ることができる。

20

【0085】

[00105]本明細書において説明される原理によるMEUP Tオブティマイザは、1つまたは複数のAC電力生産ユニットを備える小規模なPV発電所または大規模なPV発電所に役立つことができる。そのうえ、適切に設計されたデカップリングデバイスを用いて、エネルギーリザーバからPV太陽電池ストリングを通してのエネルギー漏洩は、防止可能である。そのうえ、適切に設計されたデカップリングデバイスを用いて、発見された「相互電力消滅」現象が防止可能である。また、「PSコンバータ」のエネルギー抽出の後、余剰エネルギーのみを受け取るために、または抽出の前に生産されたDCエネルギーをすべて受け取るために使用可能である。最後に、MEUP Tオブティマイザは、単相DC/ACコンバータを装備したPV発電所にサービスを提供することもできる。

30

【0086】

[00106]セクション12：MEUP Tコントローラ的设计制約

[00107]図8は、図2BのMEUP Tコントローラ2320Bの一例を表すMEUP Tコントローラ8000（「システムコントローラ」とも呼ばれる）を示す。MEUP Tコントローラ8000は、3つの実行可能な構成要素、すなわち、検出構成要素8100、決定構成要素8200、および配送構成要素8300からなる。

40

【0087】

[00108]検出構成要素8100は、リザーバ8400内に貯蔵されたエネルギーレベルを測定する。リザーバの一例は、図2Bのリザーバ2410B、図3のエネルギーリザーバ3410、図4のエネルギーリザーバ4410、図5のエネルギーリザーバ5410、図6のエネルギーリザーバ6410、および図7のエネルギーリザーバ7410である。

【0088】

[00109]決定構成要素8200は、エネルギーリザーバ8400に提供され、これから放電される充電のバランスをおおよそとるために、適切な電力取り出しレベルを決定する。

【0089】

[00110]配送構成要素8300は、上記で決定された適切な電力取り出しレベルのコー

50

ド化されたメッセージを余剰DC/ACコンバータ8500に配送する。コンバータは、コード化されたメッセージを解釈し、コード化されたメッセージに従い、したがって、コンバータは、充電(in-charging)エネルギーのバランスをおおよそとるように、指示された電力レベルで連続的に動作することができる。リザーバ8400から取り出すコンバータ8500の一例は、図2Bのコンバータ2130S、図3のコンバータ3130S、図4のコンバータ4130S、図5のコンバータ5130S、図6のコンバータ6130S、図3のコンバータ7302である。

【0090】

[00111]経済的に有益なMEUP Tオプティマイザを得るために、MEUP Tコントローラの設計は、以下のパラメータおよび変数、すなわち、(1)エネルギーリザーバ8400の容量、(2)DC/ACコンバータ8500の通増/通減速度、(3)太陽電池ストリングのI-V特性、(4)PV電力プラントの場所の天候、および(5)余剰DC/ACコンバータとともに動作するMEUP Tコントローラが、エネルギーリザーバに提供される充電の量とエネルギーリザーバから取り出される充電の量との差(またはバランス)を最小にすることができること、を考慮に入れる。簡単な設計は、これらのパラメータおよび変数を考慮に入れたあらゆるPV発電所のためのカスタム設計されたコントローラを適用するときのみ、導き出され得る。

【0091】

[00112]セクション13:MEUP Tコントローラ設計

[00113]MEUP Tコントローラを使用することができるあらゆる1つのPV発電所のためのMEUP Tコントローラをカスタム設計することは实际的でない。一方、特にカスタム設計コントローラが可能でないとき、必要とされるMEUP Tコントローラのための簡単な設計を追求することは非常に困難である。しかしながら、エネルギーリザーバの端子電圧は、5つのパラメータおよび変数の各々によって影響される尺度とみなされ得る。したがって、上記の5つの設計制約は、MEUP Tエネルギーリザーバの端子電圧が決定パラメータとして選定されるとき、2つの部分になることができる。

【0092】

[00114]測定された端子電圧をサイト固有の「標準電圧間隔」のセットと比較するとき、システムによって現在実行されている電力抽出および変換レベルは、電力抽出レベルが(1)低すぎる、(2)高すぎる、または(3)適していると量子化可能であることが、発明者に明らかになった。したがって、MEUP Tコントローラ設計タスクは、1)通常の産業用コントローラと、2)カスタムで構築されたサイト固有の「標準電圧間隔」テーブル(本明細書では「電圧間隔テーブル」と呼ばれる)に分離することができる。

【0093】

[00115]サイト固有の電圧間隔テーブルがPV発電所に対して構築されると、電圧間隔テーブルは、必要とされるMEUP Tコントローラ機能を達成するために産業用コントローラと協調して働くことができる。次いで、産業用コントローラは、図8にも示されるように、検出構成要素、決定構成要素、および配送構成要素からなる。しかしながら、この場合、検出構成要素8100は、エネルギーリザーバ8400の端子電圧を測定する。決定構成要素8200は、測定された電圧を電圧間隔テーブルと比較し、充電エネルギーのバランスをおおよそとるように適切な電力取り出し量を決定する。配送構成要素8300は、上記で決定された適切な電力取り出しレベルのコード化されたメッセージを余剰DC/ACコンバータ8500に再び配送し、したがって、コンバータは、エネルギーリザーバ8400の到来電荷と送出電荷のバランスをおおよそとるように、指示された電力レベルで連続的に動作することができる。

【0094】

[00116]一実施形態では、MEUP Tコントローラ8000の検出構成要素8100は、余剰エネルギーリザーバ8400の端子電圧をリアルタイムで測定する。たとえそうでも、決定構成要素8200は依然として、指定された時間間隔比較ごとに、(測定された電圧と電圧インタフェーステーブルの)比較を実行することがある。この比較は、以下の

10

20

30

40

50

3つの状況のうちの1つになることがある。

【0095】

(1) 測定された電圧と電圧間隔テーブルの比較が、電力レベルが低すぎることを示す場合、コントローラ8000は、次の指定された時間間隔の間に、3相DC/ACコンバータ8500が、電力抽出および変換の1つのレベル増加することを(配送構成要素8300を通して)要求することができる。

【0096】

(2) 測定された電圧と電圧間隔テーブルの比較が、電力レベルが高すぎることを示す場合、コントローラ8000は、次の指定された時間間隔の間に、3相DC/ACコンバータ8500が、電力抽出および変換の1つのレベル減少することを(配送構成要素8300を通して)要求することができる。

10

【0097】

(3) 測定された電圧と電圧間隔テーブルの比較が、電力レベルが適していることを示す場合、コントローラ8000は、少なくとも比較の次の発生まで、次の指定された時間間隔の間に、3相DC/ACコンバータ8500が、同じ電力抽出レベルに留まることを要求することができる。

【0098】

[00117]DC/ACコンバータの電力抽出/変換調整レベルが十分に小さいとき、上記の設計は、すべての種類のエネルギーリザーバ容量に対して、すべての種類のDC/ACコンバータの過増/過減速度に対して、すべての種類の太陽電池ストリングのI-V特性に対して、PVサイトのすべての天候に対して、機能することができる。したがって、コントローラが、エネルギーリザーバから電力を取り出す3相DC/ACコンバータに対する小さい調整ステップを指示することができることは重要である。

20

【0099】

[00118]一般的な従来の集中型3相DC/ACコンバータは、指示されたとき、非常に小さい調整ステップで動作することができる。しかしながら、当技術分野で「ドライ接続ボックス」と呼ばれる(本明細書でもそう呼ばれる)、装備された通信チャネルは、一般的には、光メッセージを介した6ビット通信チャネルのみを有する。ドライ接続ボックスを通して7つ以上の電力抽出レベルを命令するために、符号化-復号技法が用いられる。この技法は、電力抽出レベルを命令するために最大 $2^6 = 64$ のメッセージを通過させることを可能にする。最大64の調整電力抽出レベルを用いて、リザーバの到来エネルギーおよび送出エネルギーにおける、必要とされる、ゼロに近い正味バランスが、技術的に達成可能である。

30

【0100】

[00119]セクション14:MEUP Tオプティマイザを組み込んだPV発電所

[00120]図9に示されるように、MEUP Tコントローラ9210を含むMEUP Tオプティマイザ9200を組み込んだPV発電所9000。MEUP Tコントローラ9200は、3つの実行可能な構成要素、すなわち、余剰エネルギーリザーバ9400の端子電圧を測定する検出構成要素9211と、測定された電圧をPVステーションの電圧間隔テーブルと比較する決定構成要素9212と、起動する、低下する、または同じままであるように配送構成要素4213を介して3相DC/ACコンバータ4502に通知する配送構成要素9213とを備える。図9の構成要素9211、9212、および9213はそれぞれ、図8の構成要素8100、8200、および8300の例である。図9のエネルギーリザーバ9400は、図8のエネルギーリザーバ8400の一例である。コンバータ9502は、図8のコンバータ8500の例である。

40

【0101】

[00121]PV発電所9000はまた、PV太陽電池ストリング9100からなる。太陽電池ストリング9100は、太陽エネルギーを電気に変換し、生成されたDC電力を、デカップリングデバイス9320を通して余剰エネルギーリザーバ9400に配送する。3相DC/ACコンバータ9502は、デカップリングデバイス9330を通して余剰エネ

50

ルギーリザーバ 9 4 0 0 から入力された D C 電力を受け取る。図 9 の太陽電池ストリング 9 1 0 0 は、まとめて、エネルギーリザーバを充電するための D C エネルギー源であり、図 2 B の太陽電池ストリング 2 1 1 1 A および 2 1 1 1 B、図 3 の太陽電池ストリング 3 1 1 0、図 4 の太陽電池ストリング 4 1 1 0、図 5 の太陽電池ストリング 5 1 1 0、図 6 の太陽電池ストリング 6 1 1 0、ならびに図 7 の太陽電池ストリング 7 1 1 0 の例である。図 9 のデカップリングデバイス 9 3 2 0 は、図 2 B のデカップリングデバイス 2 3 1 2 B、図 3 のデカップリングデバイス 3 3 1 2、図 4 のデカップリングデバイス 4 3 1 2、図 5 のデカップリングデバイス 5 3 1 1、図 6 のデカップリングデバイス 6 3 1 1、および図 7 のデカップリングデバイス 7 2 0 2 の一例である。図 9 のデカップリングデバイス 9 3 3 0 は、図 2 B のデカップリングデバイス 2 3 1 3 B、図 3 のデカップリングデバイス 3 3 1 3、図 4 のデカップリングデバイス 4 3 1 3、図 5 のデカップリングデバイス 5 3 1 3、図 6 のデカップリングデバイス 6 3 1 3、および図 7 のデカップリングデバイス 7 2 0 3 の一例である。

【 0 1 0 2 】

[00122] 上記で述べられたように、M E U P T コントローラ 9 2 1 0 は、太陽電池ストリング 9 1 0 0 からの入力エネルギー充電のバランスをとるためにエネルギーリザーバ 9 4 0 0 から適切な量のエネルギーを取り出すように、3 相 D C / A C コンバータ 9 5 0 2 に指示する。これは、ゼロに近いエネルギーの、リザーバ 9 4 0 0 への充電または取り出しという結果になる。したがって、小さいエネルギーリザーバ 9 4 0 0 が P V ステーションに適する。D C / A C コンバータからの変換された A C 電力は、トランス 9 6 0 0 を通して接続電力グリッド 9 7 0 0 に提供される。

【 0 1 0 3 】

[00123] 本明細書で使用されるとき、「実行可能な構成要素」という用語は、図 8 および図 9 を参照しながら使用される。「実行可能な構成要素」という用語は、コンピューティングの分野における当業者にはソフトウェア、ハードウェア、ファームウェア、またはそれらの組み合わせであってよい構造であると十分理解される構造のための名称である。たとえば、ソフトウェアにおいて実施されるとき、当業者は、実行可能な構成要素の構造は、そのような実行可能な構成要素がコンピューティングシステムのヒープ内に存在しようと、実行可能な構成要素がコンピュータ可読記憶媒体上に存在しようと、コンピューティングシステム上で実行され得る、ソフトウェアオブジェクト、ルーチン、メソッドを含んでよいことを理解するであろう。

【 0 1 0 4 】

[00124] そのような場合、当業者は、コンピューティングシステムの 1 つまたは複数のプロセッサによって（たとえば、プロセッサスレッドによって）解釈されるとき、コンピューティングシステムが機能を実行させられるように、実行可能な構成要素の構造がコンピュータ可読媒体上に存在することを認識するであろう。そのような構造は、プロセッサによって直接的にコンピュータ可読であってよい（実行可能な構成要素がバイナリであった場合と同様に）。あるいは、構造は、プロセッサによって直接的に解釈可能であるそのようなバイナリを生成するように（単一の段階においてであろうと、複数の段階においてであろうと）解釈可能であるおよび / またはコンパイルされるように構造化されてよい。実行可能な構成要素の例示的な構造のそのような理解は、「実行可能な構成要素」という用語を使用するとき、十分にコンピューティングの当業者の理解の範囲内である。

【 0 1 0 5 】

[00125] 「実行可能な構成要素」という用語はまた、フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ（F P G A）、特定用途向け集積回路（A S I C）、または他の任意の特殊回路内などの、ファームウェアまたはハードウェア内でもっぱらまたはほぼもっぱら実施される構造を含むと、当業者によって十分に理解される。したがって、「実行可能な構成要素」という用語は、ソフトウェア内で実施されようと、ハードウェア内で実施されようと、組み合わせで実施されようと、コンピューティングの当業者によって十分理解される構造のための用語である。

10

20

30

40

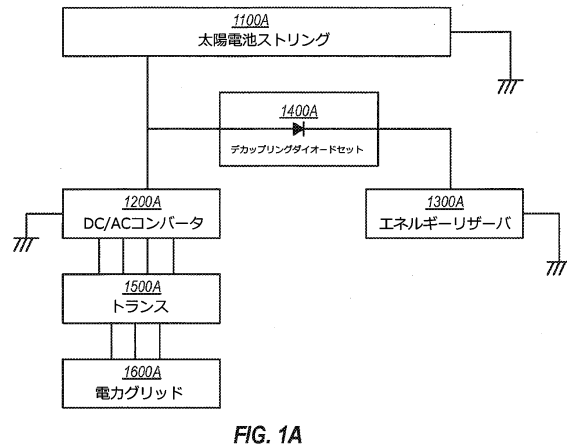
50

【 0 1 0 6 】

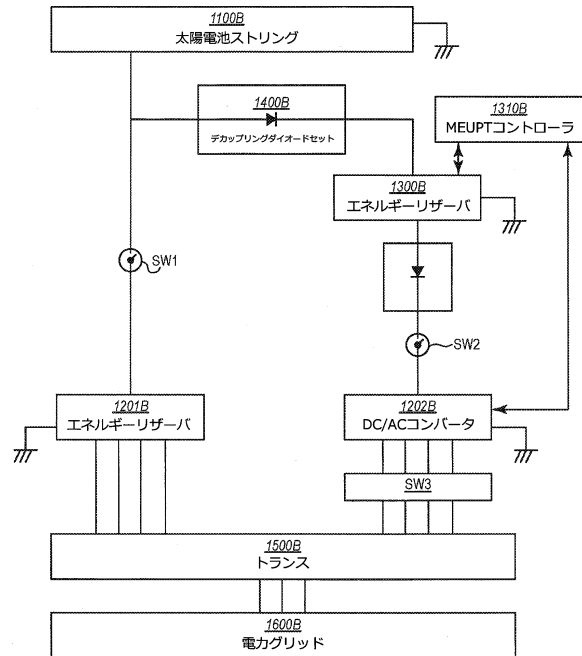
[00126]本発明は、その趣旨または本質的な特徴から逸脱することなく他の特定の形態において実施され得る。説明した実施形態は、あらゆる点で例示にすぎず、限定するものではないとみなすべきである。したがって、本発明の範囲は、前述の説明によってではなく、添付の特許請求の範囲によって示される。特許請求の範囲と等価な意味および範囲に含まれるすべての変更は本発明の範囲に包含される。

【 図 面 】

【 図 1 A 】



【 図 1 B 】



10

20

30

40

50

【図 1 C】

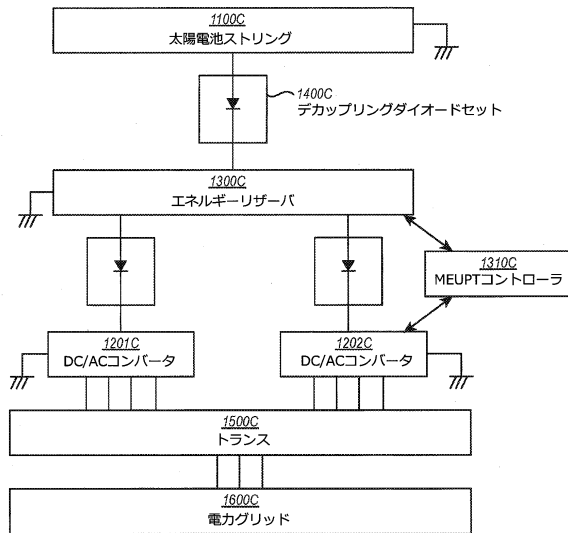


FIG. 1C

【図 2 A】

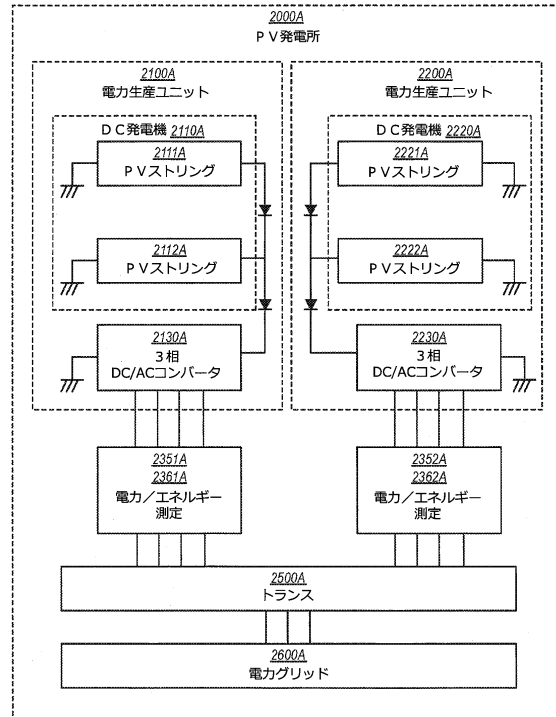


FIG. 2A

【図 2 B】

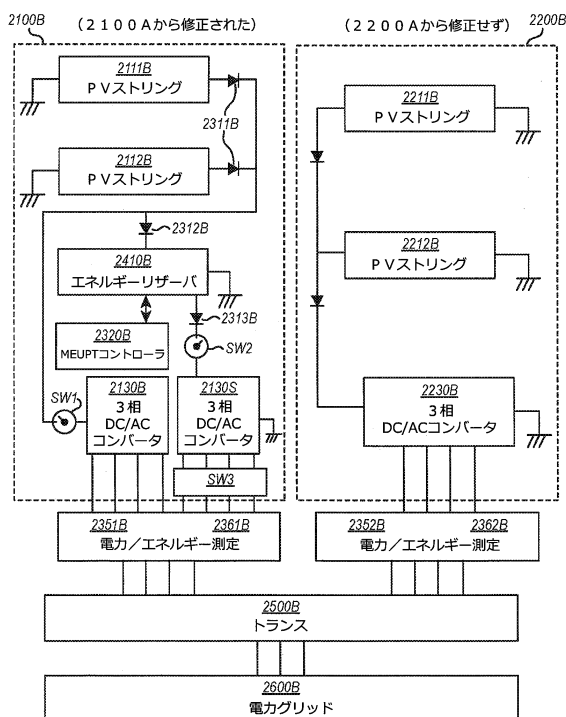


FIG. 2B

【図 3】

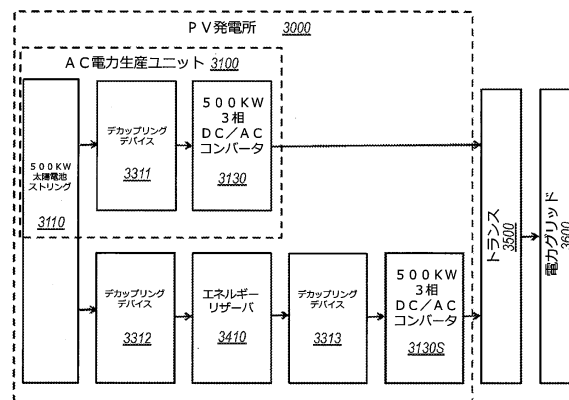


Fig. 3

10

20

30

40

50

【図 4】

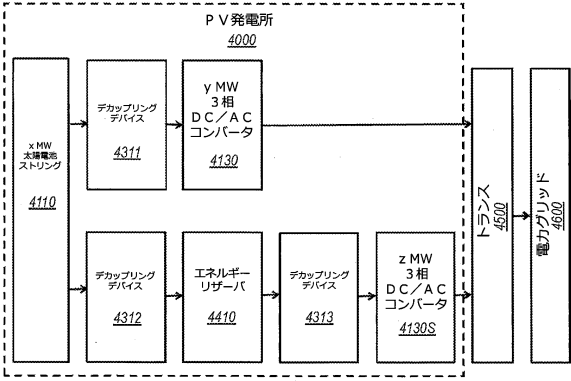


Fig. 4

【図 5】

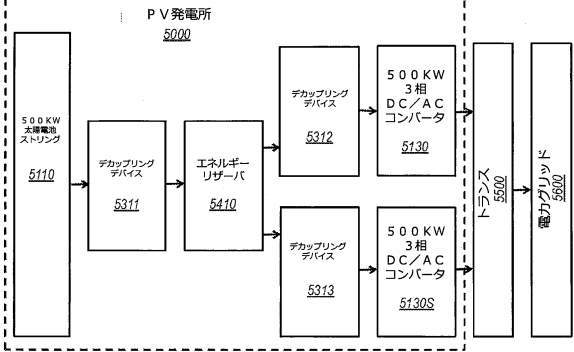


Fig. 5

【図 6】

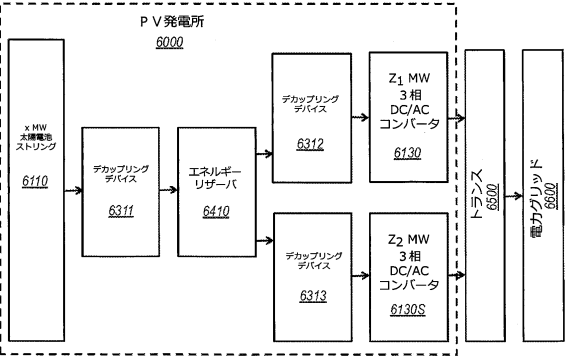


Fig. 6

【図 7】

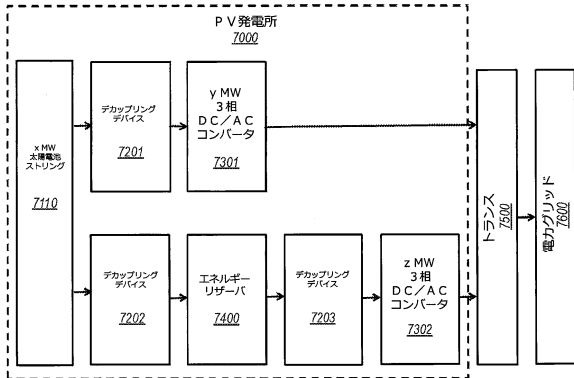


Fig. 7

10

20

30

40

50

【図 8】

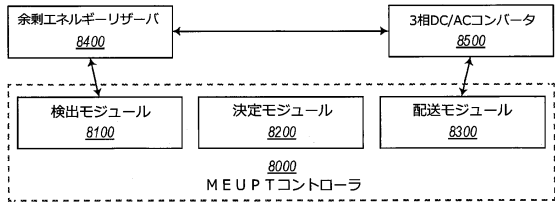


Fig. 8

【図 9】

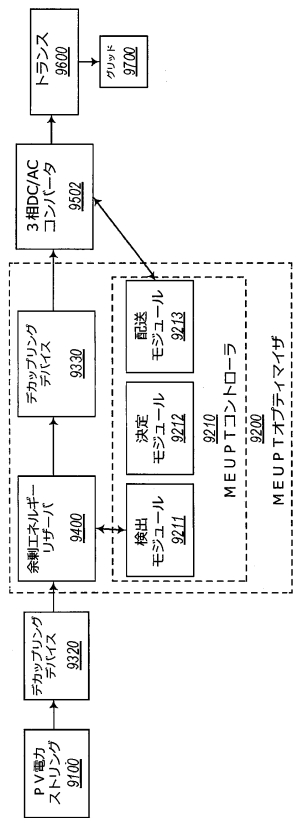


Fig. 9

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- ド, セクション 4, ナンバー 518, 10エフ
- (72)発明者 ライ, シン - チェン
台湾 300 シンジュー, シアンシャン・ディストリクト, ジョーンホワ・ロード, セクション
4, ナンバー 518, 10エフ
- (72)発明者 チャン, フォン - ツェ
台湾 300 シンジュー, シアンシャン・ディストリクト, ジョーンホワ・ロード, セクション
4, ナンバー 518, 10エフ
- (72)発明者 ハン, シウ - ウェン
台湾 300 シンジュー, シアンシャン・ディストリクト, ジョーンホワ・ロード, セクション
4, ナンバー 518, 10エフ
- (72)発明者 シュイ, ジェフリー・ウェン - タイ
台湾 300 シンジュー, シアンシャン・ディストリクト, ジョーンホワ・ロード, セクション
4, ナンバー 518, 10エフ
- 審査官 高野 誠治
- (56)参考文献 特開2016 - 129441 (JP, A)
特開平09 - 046912 (JP, A)
特開2016 - 116435 (JP, A)
特開2017 - 135920 (JP, A)
特開平10 - 336916 (JP, A)
中国特許出願公開第105379048 (CN, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H02J 3/00 - 5/00
H02J 7/00 - 7/12
H02J 7/34 - 7/36
H02M 7/42 - 7/98