

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5490317号  
(P5490317)

(45) 発行日 平成26年5月14日(2014.5.14)

(24) 登録日 平成26年3月7日(2014.3.7)

(51) Int. Cl. F I  
H O 1 L 31/05 (2014.01) H O 1 L 31/04 C

請求項の数 14 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-513594 (P2013-513594)	(73) 特許権者	390023711
(86) (22) 出願日	平成23年4月15日 (2011.4.15)		ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2013-535095 (P2013-535095A)		ミット ベシユレンクテル ハフツング
(43) 公表日	平成25年9月9日 (2013.9.9)		ROBERT BOSCH GMBH
(86) 国際出願番号	PCT/EP2011/055983		ドイツ連邦共和国 シュツツトガルト (
(87) 国際公開番号	W02011/154185		番地なし)
(87) 国際公開日	平成23年12月15日 (2011.12.15)		Stuttgart, Germany
審査請求日	平成25年2月12日 (2013.2.12)	(74) 代理人	100114890
(31) 優先権主張番号	102010029813.1		弁理士 アインゼル・フェリックス＝ライ
(32) 優先日	平成22年6月8日 (2010.6.8)		ンハルト
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100099483
			弁理士 久野 琢也
		(72) 発明者	トビアス ミルデンシュタイン
			ドイツ連邦共和国 ラウダ シュピタール
			シュトラーセ 13/17
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽光発電システム内のサブモジュールの電流生成を制御する方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

太陽光発電システム内の電流生成を制御するための方法であって、

前記太陽光発電システムは、当該太陽光発電システムを形成するように接続されている少なくとも1つのサブモジュールを有している、方法において、

切り替えタイミングサイクル(T)で、オンスイッチング状態とバイパススイッチング状態との間で前記サブモジュールを交互に切り替え、前記サブモジュールは、前記オンスイッチング状態において前記太陽光発電システムに接続されており、前記バイパススイッチング状態においてバイパスされており、

・前記バイパススイッチング状態の間に前記太陽光発電システムの総電流強度(I<sub>2</sub>)を測定し、前記総電流強度(I<sub>2</sub>)から求められた目標値(I<sub>Threshold</sub>)を一時的記憶し、前記オンスイッチング状態の間にサブモジュール電流強度(I<sub>1</sub>)を測定し、前記目標値と比較し、

・前記サブモジュール電流強度(I<sub>1</sub>)が前記目標値を下回ると、前記切り替えタイミングサイクル(T)に依存しないで、前記サブモジュールを前記バイパススイッチング状態にリセット(Z)する、

ことを特徴とする、太陽光発電システム内の電流生成を制御するための方法。

【請求項 2】

前記リセット(Z)を切り替え時点(t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub>)で行い、前記切り替え時点は、前記目標値(I<sub>2</sub>)と前記サブモジュール電流強度(I<sub>1</sub>)との間の偏差(I)の大

きさに依存している、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記サブモジュールに接続されているコンデンサの放電特性によって、前記リセット (U) の切り替え時点 ( $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ) に影響を与える、請求項 1 または 2 記載の方法。

【請求項 4】

前記サブモジュールの太陽電池の、少なくとも 1 つの、内在している、照射に依存する容量の放電特性によって、前記リセット (U) の切り替え時点 ( $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ) に影響を与える、請求項 1 から 3 までのいずれか一項記載の方法。

【請求項 5】

前記切り替えタイミングサイクル (T) は、前記サブモジュール電流強度 ( $I_1$ ) に依存する値を有している、請求項 1 から 4 までのいずれか一項記載の方法。

【請求項 6】

前記切り替えタイミングサイクル (T) は、外部から、インタフェースを介して任意に調整される、請求項 1 から 5 までのいずれか一項記載の方法。

【請求項 7】

太陽光発電システム内の電流生成を制御するための装置であって、  
前記太陽光発電システムは、当該太陽光発電システムを形成するように接続されている少なくとも 1 つのサブモジュールを有しており、

前記装置は、

前記サブモジュール (2) によって生成された電流強度を測定する第 1 の電流測定装置 (4a) と、前記太陽光発電システム内で生成された電流強度を測定する第 2 の電流測定装置 (4b) とを備えた制御回路 (3) と、

前記サブモジュールが前記太陽光発電システムに接続されているオンスイッチング状態、または、前記サブモジュールがバイパスされているバイパススイッチング状態に前記サブモジュールをセットする切り替えスイッチ (5) と、

当該切り替えスイッチを調整するタイマーユニット (7) とを有し、

前記制御回路 (3) は、

・前記バイパススイッチング状態の間に前記太陽光発電システムの総電流強度 ( $I_2$ ) を測定し、前記総電流強度 ( $I_2$ ) から求められた目標値 ( $I_{Threshold}$ ) を一時記憶し、前記オンスイッチング状態の間にサブモジュール電流強度 ( $I_1$ ) を測定し、前記目標値と比較し、

・前記サブモジュール電流強度 ( $I_1$ ) が前記目標値を下回ると、前記切り替えタイミングサイクル (T) に依存しないで、前記サブモジュールを前記バイパススイッチング状態にリセット (Z) する、

ことを特徴とする、太陽光発電システム内の電流生成を制御するための装置。

【請求項 8】

前記サブモジュール (2) は、並列接続されているコンデンサ (8) の形態でエネルギー蓄積部を有している、請求項 7 記載の装置。

【請求項 9】

前記サブモジュールは、前記太陽電池 (2a) の内在しているダイオード容量の形態でエネルギー蓄積部を有している、請求項 7 または 8 記載の装置。

【請求項 10】

前記タイマーユニット (7) は、前記サブモジュールおよび / または前記太陽光発電システムによって給電されるタイマーコンデンサ (9) を有している、請求項 7 から 9 までのいずれか一項記載の装置。

【請求項 11】

電流測定装置 (4a, 4b) として、測定用分岐回路 (11) 内に配置されている複数のスイッチングトランジスタ (11a, 11b) から成るアレイが設けられている、請求項 7 から 10 までのいずれか一項記載の装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 2】

前記制御回路は、前記オンスイッチング状態または前記バイパススイッチング状態に前記サブモジュールを強制切り替えするためのインタフェースを有している、請求項 7 から 1 1 までのいずれか一項記載の装置。

## 【請求項 1 3】

強制制御のための前記インタフェースは、コミュニケーションユニットと接続されており、当該コミュニケーションユニットは、危険時および/またはメンテナンス時に、前記少なくとも 1 つのサブモジュールを前記バイパススイッチング状態にセットする、請求項 7 から 1 1 までのいずれか一項記載の装置。

## 【請求項 1 4】

搬送のために、前記少なくとも 1 つのサブモジュールは、強制制御のための前記インタフェースを介して、前記バイパススイッチング状態に切り替えられる、請求項 7 から 1 1 までのいずれか一項記載の装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0 0 0 1】

本発明は、請求項 1 の上位概念に開示されている、太陽光発電システム内のサブモジュールの電流生成を制御する方法および、請求項 6 に記載されている、太陽光発電システム内のサブモジュールの電流生成を制御する装置に関する。

## 【0 0 0 2】

## 従来技術

従来技術から公知のソーラーモジュールは、複数の個々の太陽電池から成る。これらの太陽電池は同じように、サブモジュールのアレイにまとめられる。これらのサブモジュールは、しばしば、サブストリング（部分列）とも称される。これらのサブモジュールは機能的には、ソーラーモジュールの最小エネルギー生成単位である。サブストリングを接続するために、通常は、接続ソケットが用いられる。この部品は、サブストリング内に接続されている太陽電池相互間の接続も、別のモジュールへおよび/またはインバーターへの接続も形成する。接続ソケットは、通常は、サブストリングの金属結合部の間に挿入されている、回路を含んでいる。この回路は、複数のいわゆるバイパスダイオードから成る。これらのバイパスダイオードは、全ソーラーモジュール内で生成されたソーラー電流が、各サブストリング内で生成されたソーラー電流よりも高い場合に、サブストリングをバイパスする。このケースは通常、サブストリングに影が落とされる場合に常に生じる。これは例えば、堆積した汚れ、降ってきた葉または日光照射時間に依存する、隣接対象物、殊に煙突の影による場合である。影にされた場合、各サブストリングに割り当てられているバイパスダイオードは導体であり、これによってサブストリングがバイパスされ、従って、電流生成に寄与しなくなる。これによって、影になっているセルによる電流制限が回避される。しかし、サブストリング内の最小生成ソーラーエネルギーは、ソーラーモジュールがこれによって、元来生成され得るパワーを全体で供給しないので、利用されない。

## 【0 0 0 3】

## 本発明の開示

本発明では、太陽光発電システムを形成するように接続された少なくとも 1 つのサブモジュールを有する太陽光発電システム内の電流生成を制御する方法および装置が提供される。

## 【0 0 0 4】

本発明による方法は以下のステップを有する：

切り替えタイミングサイクルにおいて、サブモジュールが、オンスイッチング状態とバイパススイッチング状態との間で交互に切り替えられる。ここで、このサブモジュールはオンスイッチング状態において太陽光発電システムを形成するように接続され、ソーラー電流生成に寄与する。また、これはバイパススイッチング状態においてバイパスされる。

## 【0 0 0 5】

バイパススイッチング状態中に、太陽光発電システムの総電流強度が測定され、目標値として一時記憶される。オンスイッチング状態中に、サブモジュール電流強度が測定され、この目標値と比較される。サブモジュール電流強度が目標値を下回ると、切り替えタイミングサイクルに依存しないで、バイパススイッチング状態へサブモジュールがリセットされる。

**【 0 0 0 6 】**

従ってこの方法のフローは、2つの切り替えプロセスを特徴とする。まずは固定の切り替えタイミングサイクルで行われる第1の切り替えプロセス中に、サブモジュールは、時間的に、はじめに固定されているインターバルで、交互に第1のスイッチング状態にセットされる。この第1のスイッチング状態においてサブモジュールは太陽光発電システムを形成するように接続されている。固定の切り替えタイミングサイクルで続く第2のスイッチング状態において、サブモジュールはバイパスされており、これによって、太陽光発電システム結合体から回路技術的に切り離される。バイパスの時間インターバル中に、システム全体内で、影になっていないソーラーモジュールに対して可能な電流強度が測定される。この電流強度は目標値として用いられ、一時的に記憶される。オンスイッチング状態への切り替え後に、サブモジュールによって供給される電流強度はサブモジュール電流強度として測定され、事前に求められた目標値と比較される。

10

**【 0 0 0 7 】**

従ってこの第1の切り替えプロセスは、問い合わせプロシージャと比較プロシージャを形成する。ここでは一方ではシステム全体の電流強度全体が測定され、他方ではサブモジュールの電流強度が測定され、両方の値が継続的に相互に比較される。バイパススイッチング状態に対する時間インターバルが、サブモジュールがオンスイッチング状態にある時間インターバルと比べて短いことが明らかである。

20

**【 0 0 0 8 】**

第1の切り替えプロセスに対して付加的に、第2の切り替えプロセスが生じる。このプロセスは、サブモジュールのリセットと称される。ここではサブモジュールは、サブモジュールの電流強度が目標値を下回ると、常にバイパススイッチング状態にセットされる。これによって、一時的に性能が低減されて機能作するこのサブモジュールが、回路技術的に、太陽光発電システム結合体から分離されなくなる。しかし第2の切り替えプロセスの実行中に、第1の切り替えプロセスは継続されている。すなわち一方では継続的に新たな目標値が求められ、他方では、第2の切り替えプロセスが遅くとも、第1の切り替えプロセスの経過においてサブモジュールが再びオンスイッチング状態にセットされると、再停止されることを意味する。

30

**【 0 0 0 9 】**

これによって、方法技術的なユニットが得られる。これは、目標値設定と、目標 - 実際 - 比較と、サブモジュールによって生成されたパワーと太陽光発電システム全体に供給されるパワーとの間の調整ひいては太陽光発電システムの一部とサブモジュールとの間の性能整合とから成る。

**【 0 0 1 0 】**

有利な実施形態では、切り替え時点でこのリセットが行われる。切り替え時点は、目標値とサブモジュール電流強度との間の偏差の大きさに依存する。このような設計によって、サブモジュールの電流の実際値と目標値との間の小さい偏差が頻繁に、短時間に一時的にのみ生じることが考慮される。従って、バイパススイッチング状態へのサブモジュールのリセットが必ず必要なのではない。リセットは、この偏差が切り替え時点前に既に再び消滅している場合には行われない。

40

**【 0 0 1 1 】**

リセットの切り替え時点は、有利な実施形態では、サブモジュールに接続されているコンデンサの放電特性によって影響される。小さい偏差によってコンデンサの緩慢な放電が生じ、大きい偏差によってコンデンサの迅速な放電が生じ、これに相応して、遅い切り替え時点ないしは早い切り替え時点が生じる。

50

## 【0012】

別の実施形態では、切り替えタイミングサイクル自体が可変に設計されている。殊に、これは、サブモジュール電流強度に依存した値を有する。この切り替えタイミングサイクルないしは切り替え頻度または同様の意味である時間単位毎の切り替えパルス数は、サブモジュール電流強度が低減するにつれて増加する。

## 【0013】

この実施形態は一方で、一定して高いサブモジュール電流強度を供給しているサブモジュールが、サブモジュール電流強度が比較的低いサブモジュールと比べてそれほど頻繁にバイパススイッチング状態にセットされなくてもよい、またはその逆である、という事実を考慮している。第1の場合には、スイッチング状態の変化は傾向的に欠点である。なぜなら、一定に動作しているサブモジュールが分離されなければならないからである。第2の場合にはこれは有利である。なぜなら、サブモジュールはバイパス後に比較的迅速に再び、太陽光発電システムの回路結合内に接続されるからである。

10

## 【0014】

当然ながら、切り替えタイミングサイクルを外部から、インタフェースを介して任意に調整可能であるように構成することができる。これは殊に、メンテナンスのためおよび修復のため、または危険時または火災時の、バイパススイッチング状態へのサブモジュールの強制的なセットに関する。

## 【0015】

さらに強制制御のためにインタフェースをコミュニケーションユニットと接続することができる。これは、危険時および/またはメンテナンス時に、少なくとも1つのサブモジュールをバイパススイッチング状態にセットする。

20

## 【0016】

さらに別の構成では、少なくとも1つのサブモジュールが、搬送のために、強制制御のためのインタフェースを介して、バイパススイッチング状態にセット可能である。この搬送安全性によって、サブモジュールを規定の状態において危険なく、取り付け箇所に設置し、作動させることができる。

## 【0017】

本発明では、太陽光発電システムを形成するように接続されている少なくとも1つのサブモジュールを備えた太陽光発電システム内でのエネルギー生成の制御のために、制御回路が設けられる。この制御回路は、サブモジュールによって生成された電流強度を測定する第1の電流測定装置と、太陽光発電システム内で形成された電流強度を測定する第2の電流測定装置と、サブモジュールをオンスイッチング状態またはバイパススイッチング状態にセットする切り替えスイッチを備えている。さらにこの切り替えスイッチを調整するタイマーユニットまたは別の基準変量が設けられる。

30

## 【0018】

有利にはサブモジュールは、並列接続されたコンデンサを有している。1つの実施形態ではさらにタイマーユニット、またはリセットパルスに影響を与える別の基準変量は、サブモジュールおよび/または太陽光発電システムによって給電されるタイマーコンデンサを有する。これによって、タイマーユニットのタイミングサイクルは直接的に、サブモジュールおよび/または太陽光発電システムの動作状態から導出され、これによって定められる。

40

## 【0019】

1つの実施形態では、電流測定装置として、測定用分岐回路内に配置されているスイッチングトランジスタの阵列が設けられている、または、トランジスタ自体の経路抵抗が分岐回路として利用される。有利には、制御回路は、サブモジュールをオンスイッチング状態またはバイパススイッチング状態へ強制的に切り替えるためのインタフェースを有している。

## 【0020】

制御装置および本発明の方法を、以降で、実施例に基づいて詳細に説明する。図面は説

50

明のためだけのものであり、本発明をいかなる形態にも制限するものではない、ということに留意されたい。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】サブモジュールおよび割り当てられている制御回路を備えた太陽光発電システムの例示的な図

【図2】第1の例示的な実施形態における制御回路を備えたサブモジュール

【図3】別の例示的な実施形態における制御回路を備えたサブモジュール

【図4】サブモジュール内のソーラー電流生成の制御を行う、例示的なフローチャート

【図5】時間ダイアグラムにおける、ソーラー電流生成の制御中の例示的な切り替え過程の図

10

【図6】暗化の度合に依存した、例示的な切り替え特性の図

【実施例】

【0022】

図1は、例示的な太陽光発電システム1を示している。これは、相互に接続されたサブモジュール2のアレイから成る。このサブモジュールはそれぞれ個々の太陽電池2aから形成されている。各個々の太陽電池内で、光起電作用によって生成された電圧は、接続によって合算される。従ってこの結果、各個々のサブモジュール2は、サブモジュールにかかる電圧を形成し、最終的に、全体的な太陽光発電システムにかかる総電圧に寄与する。

【0023】

20

個々のサブモジュールは、この構成において、最小機能単位として機能し、制御回路3によって駆動制御される。制御回路は、個々のサブモジュールによって生成される電氣的なソーラー電流の電流強度を監視する。1つまたは複数のサブモジュール内で、ソーラー電流の電流強度が、殊に、暗化によって、特定の値を下回ると、相応のサブモジュールが制御回路によってバイパスされる。これによって、その内部抵抗が、太陽光発電システム全体に悪影響を及ぼさない。

【0024】

以下では、制御回路の作用を、サブモジュールと、当該サブモジュールのための制御回路とから成る装置に基づいて説明する。複数のサブモジュールから構成されている太陽光発電システムの場合には、各個々のサブモジュールに1つの固有の制御回路が割り当てられるか、または目的に応じて、複数のサブモジュールが1つの制御回路と接続されてもよい。

30

【0025】

図2は、第1の例示的な実施形態の、制御回路3を備えたサブモジュール2の回路図の例示的な図を示している。ここに示されているサブモジュールは、複数の個々の太陽電池2aから成る。制御回路は、電流測定器4aおよび4bを備えている電流測定装置4と、切り替えパルス6が加えられる切り替えスイッチ5と、タイマーユニット7と含んでいる。

【0026】

切り替えスイッチ5は、サブモジュールの結合および分離に用いられる。これはオンスイッチング状態またはバイパススイッチング状態を取る。オンスイッチング状態では、サブモジュールは太陽光発電システムのシステム全体を形成するように接続されている。太陽光発電システム内のシステム電流はこの場合には、サブモジュールの太陽電池2a内を流れる。これは、ソーラー電流の自身の部分に寄与する。バイパススイッチング状態では、サブモジュールはバイパスされ、これによって、太陽光発電システムの回路から離される。全体的な電流の流れはこの場合には、サブモジュールをバイパスしている電流経路5aを介して導かれる。

40

【0027】

この装置によって形成されないしはこの装置を流れるソーラー電流は、電流測定装置4によって検出される。ここで第1の電流測定器4aは、オンスイッチング状態の間に、

50

サブモジュールによって生成される電流強度  $I_1$  を測定し、第 2 の電流測定器 4 a はバイパススイッチング状態の間に、太陽光発電システム全体内で生成される電流強度  $I_2$  を測定する。両方の値は、ここには図示されていないサンプル & ホールド回路内で相互に比較される。

【 0 0 2 8 】

タイマーユニット 7 は、切り替えスイッチ 5 に切り替えパルス 6 を加える。このような場合は、切り替えスイッチ 5 のスイッチング状態は、オンスイッチング状態からバイパススイッチング状態へと切り替えられる、またはバイパススイッチング状態からオンスイッチング状態へと戻される。サブモジュールはこれによってバイパスされて、太陽光発電システムのシステム全体から切り離されるか、または、太陽光発電システムの回路内に組み込まれる。

10

【 0 0 2 9 】

この切り替え過程は、コンデンサ 8 によって影響される。このコンデンサは、サブモジュール 2 に対して並列接続されており、サブモジュールの作動中に充電される。サブモジュールの暗化時に、コンデンサ 8 の放電が行われる。電流測定器 4 a に記録される電流強度  $I_1$  は、これによって、コンデンサの放電電流によって生じる時定数で低下する。従って電流強度  $I_1$  は、所定の遅延後に、所定の閾値を下回る。従ってコンデンサ 8 は、オンスイッチング状態からバイパススイッチング状態への切り替えスイッチの遅延した切り替えを生じさせる。

【 0 0 3 0 】

20

ここで重要なのは、この切り替え過程の遅延が、コンデンサの充電状態およびサブモジュール 2 の性能に依存している、ということである。サブモジュール 2 の短時間のみの暗化または弱い暗化の場合には、コンデンサ 8 は比較的大きい時定数を伴う放電電流を出力する。従って、電流強度  $I_1$  は、比較的長い時間幅の後にはじめて、所定の閾値を下回る。このような場合には、バイパススイッチング状態への切り替えは、大きい遅延を伴って用いられるか、または阻止される。これによって、弱く暗化されているだけのサブモジュールは、回路全体から切り離されない。この場合にはコンデンサは、一時的なエネルギー蓄積部として作用する。

【 0 0 3 1 】

強い暗化の場合、殊に、サブモジュールの完全な暗化の場合には、コンデンサの放電は、比較的小さい時定数で行われる。従ってコンデンサは迅速に放電され、電流強度  $I_1$  は、これによって相応に迅速に所定の閾値を下回り、バイパススイッチング状態への切り替えが、比較的短い時間間隔の後に行われる。これによって、完全に暗化され、エネルギー生成に使用されていないサブモジュールが迅速にバイパスされる。

30

【 0 0 3 2 】

オンスイッチング状態への再切り替えは、タイマーユニットの新たな切り替えパルスによって行われる。

【 0 0 3 3 】

このためにタイマーユニットは、タイミングサイクルを有している。これは、バイパススイッチング状態への切り替え後に、オンスイッチング状態への切り替えスイッチの周期的な切り替えを生じさせる。図 2 に示されている実施例では、さらに、タイマーコンデンサ 9 が設けられている。これは、自身の放電によって、新たな切り替えパルスの生起、ひいてはオンスイッチング状態とバイパススイッチング状態との間での切り替えスイッチ 5 の交互の切り替えをトリガする。

40

【 0 0 3 4 】

サブモジュールまたは太陽光発電システムによってタイマーコンデンサが給電される場合には、そのトリガ機能が直接的に、サブモジュールまたは太陽光発電システムの目下のエネルギー生成と結合される。これによって、太陽光発電システムまたはサブモジュールのソーラー電流から導出された時間に従って、切り替えスイッチは、それぞれ別の位置に切り替えられる。

50

## 【 0 0 3 5 】

図 3 は、別の例示的な実施例における、制御回路 3 を備えたサブモジュール 2 を示している。この例では、制御回路がモノリシックに組み込まれている。制御回路は、さらに、組み込まれたタイマーユニット 7 を有している。電流強度  $I_1$  および  $I_2$  を測定するために、この例では 2 つのスイッチングトランジスタが設けられている。各スイッチングトランジスタで得られる、ドレインとソースとの間の順抵抗はここで、回路ロジックに対する測定用分岐回路 1 1 として作用する。この測定用分岐回路は、2 つの分岐回路 1 1 a と 1 1 b とから成る。分岐回路のオーム抵抗を介して、それぞれ降下する電圧  $V_1$  および  $V_2$  は、各オンスイッチング状態ないしはバイパススイッチング状態において問い合わせされ、電流強度値  $I_1$  および  $I_2$  に換算される。ここでこのタイマーは、内部で設定されている切り替え時点、ひいては新たな測定のためのタイミングサイクルを設定する。この例でも、サブモジュールはコンデンサ 8 によって緩衝され、記載されているように、バイパス状態へのサブモジュールの移行を、コンデンサの放電によって定められる遅延時点で行う。

10

## 【 0 0 3 6 】

図 4 は、ソーラー電流生成の制御の例示的なフローチャートを示している。これは、相互に噛み合っている 2 つの、ループ状の方法フローを含んでいる。

## 【 0 0 3 7 】

第 1 の方法フローは、太陽光発電システム内の継続的な目標値更新に関する。これは、リセットステップ 1 2 で始まる。ここでは、切り替え信号が切り替えスイッチに出力される。切り替えスイッチは、さらに、切り替えステップ 1 3 において、バイパススイッチング状態に切り替えられる。次に、システム電流  $I_2$  に対する値がステップ 1 4 において測定され、ステップ 1 5 において制御回路のサンプル & ホールド (S/H) 段において記憶される。サンプル & ホールド段は、内部の蓄積器の形態で、または、例えば組み込み容量を介したアナログ電圧として形成される。

20

## 【 0 0 3 8 】

第 2 の方法フローは、サブモジュールによって生成された電流強度  $I_1$  の継続的な測定と、ここで特定された値とシステム電流  $I_2$  に対する、サンプル & ホールド段内に記憶されている値との継続的な比較とによって形成されている。このために、切り替え過程 1 6 が行われ、ここで、切り替えスイッチは、オンスイッチング状態に切り替えられる。その後、測定ステップ 1 7 において、サブモジュールによって生成された電流強度  $I_1$  が測定される。同時に、この電流強度  $I_1$  が、値  $I_2$  または相応に値  $I_2$  から導出された閾値を下回っているか否かが検査される。

30

## 【 0 0 3 9 】

タイマーユニットは、ここで、固定された切り替えサイクル  $T$  で、オンスイッチング状態とバイパススイッチング状態との交互の切り替えを生じさせる。従って、上述した 2 つの方法フローが交互に実施される。この交互の切り替えは有利には次のように設計されている。すなわち、セットパルスが切り替えスイッチをバイパススイッチング位置に切り替え、後続のリセットパルスが切り替えスイッチを再び、オンスイッチング状態にセットし、これによって、リセットパルスの後は、切り替えスイッチが常にオンスイッチング状態にあるように設計されている。

40

## 【 0 0 4 0 】

ここで、オンスイッチング状態はいつでも中断可能である。これは次のような場合である。すなわち、測定ステップ 1 7 に続く判断ステップ 1 8 が、電流強度  $I_1$  が、値  $I_2$  によって設定された、または値  $I_2$  から導かれた目標値を下回っていることを伝えるとすぐにこのようなケースになる。ここで切り替えスイッチはバイパススイッチング状態へ、ステップ 1 3 を新たに実施することによって切り替えられ、サブモジュールが電流回路から分断される。このサブモジュールは、その後、自立して作動し、コンデンサ 8 を、サブモジュール内で継続して生成されるソーラーエネルギーによって再び充電する。

## 【 0 0 4 1 】

50

このバイパススイッチング状態は遅くとも、タイマーユニットが新たな切り替えパルスを切り替えスイッチに出力し、リセットステップ12およびこれに続く、ステップ16、17および18が再び実施されると、再び終了する。

【0042】

図5は、ソーラー電流生成の制御中の例示的な切り替え過程の図を、時間ダイアグラムに基づいて示している。このダイアグラムは、一方では、タイマーユニット7によって出力される、一連の切り替えパルスT1、T2およびT3を示している。これらは、切り替えサイクルT内で順次連続している。その下に、電流強度I1の時間的な経過特性が示されている。

【0043】

第1の切り替えパルスT1の間、電流I1は、システム電流I2に対応している。第2のリセットパルスの時点T2で、暗化が生じる。これによって、サブモジュールの電流は例えば、システム電流の70%まで低下する。電流I1は、時点 $t_{I1} < T_{threshold}$ で、ここに示されている、例えば電流I2の80%の閾値 $I_{threshold}$ を下回る。この下回りによって、切り替えパルスUがトリガされる。この時点から、サブモジュールがバイパスされる。サブモジュールにおいて実行され続けているソーラー電流生成は、コンデンサ8を、再び、破線 $I_L$ に沿って充電する。第3のリセットパルスT3の時点で、切り替えスイッチは、再び、オンスイッチング状態にセットされ、コンデンサは再び放電する。この場合には、サブモジュールの暗化は、まだ克服されていないので、新たな切り替えパルスUがトリガされ、上述の過程が繰り返される。ここでこのバイパスされているサブモジュール内で継続して電流が生成され、コンデンサ内に集められ、時点T1およびT2の後、システムに出力される。

【0044】

図6は、暗化の度合に依存している、例示的な切り替え特性の図を、ダイアグラムに基づいて示している。サブモジュールによって生成されたソーラーエネルギーが、明らかに、システム全体のソーラーエネルギーを下回っている場合（これは強い暗化の場合である）には、サブモジュール電流I1が極めて迅速に、システム電流I2によって定められている値 $I_{threshold}$ を下回り、切り替えスイッチは既に時点 $t_1$ でバイパススイッチング状態に切り替えられる。これに対して、弱い暗化のみが存在する場合には、コンデンサは、高い終値のために、格段に緩慢に放電する。従って、スイッチは格段に遅く、時点 $t_2$ または $t_3$ で、バイパススイッチング状態に切り替えられる。これによってこのサブモジュールは、エネルギー生成全体に甚大に寄与する。

【0045】

しかしタイマーユニットの時間制御、すなわち、タイミングサイクルTを可変にし、かつサブモジュールの動作とフィードバック結合させることができる。この場合にはまずは固定のタイミングサイクルTが可変にされ、リセットパルスがより迅速にまたはより緩慢に順次連続する。この時間制御は有利にはサブモジュール自身によって設定され、暗化が増すとともに、すなわち電流I1の低下に依存して、より短い時間へとシフトするように調整される。

【0046】

このような構成は、システム全体内に、それぞれに割り当てられている切り替え装置を伴って直列接続されている複数のサブモジュールが、1つよりも多い切り替えサイクルにわたって相互に影響されない、という利点を提供する。すなわち2つまたはそれよりも多くの切り替え装置が同時にバイパススイッチング状態に移行し、これによって論理的に、極端な場合には、全てのサブモジュールがバイパスされ得るという可能性を無視することができる。

【0047】

別の利点は、太陽光入射が少ない場合には、サブモジュールの内在しているコンデンサとしてのセル容量も僅かになり、これによって、ソーラー電流が低くなると、コンデンサが迅速に放電され、再充電される、ということである。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 8 】

別の構成では、太陽電池 2 a の内在している容量が利用される。ダイオード容量としても公知の、 $p-n$  接合部のこの容量は照射に依存しており、 $240\text{ cm}^2$  の面積の高性能太陽電池の場合には、照射されていない場合には  $10\ \mu\text{F}$  までの値が得られ、完全な照射 ( $1000\text{ W/m}^2$ ) の場合には  $1000\ \mu\text{F}$  の値が得られる。この容量はそれぞれ、太陽電池である電流源に並列接続されているので、近似的に、サブストリングの全体容量を同じオーダーに設定することができる。これによって、有利な実施形態では、例えば図 2 に示されている別個の外部コンデンサを省くことができる。

## 【 0 0 4 9 】

効率を最適化するために基本的に、切り替えパルスひいてはそれぞれ別の比較電流の測定は、極めて短い時間のみを必要とする。これは明らかである。なぜなら、暗化されていないサブモジュールの場合には、比較に必要な測定（ひいてはサブモジュールの短絡）によって、得られる成果が引き下げられてしまうからである。しかし、完全照射時に、切り替えのための  $100\ \mu\text{s}$  の測定時間（完全放射時および  $100\text{ m}\Omega$  の  $R_{\text{D.S.}}$  における、極めて高く設定された、 $1000\ \mu\text{F}$  のコンデンササイズの場合）および  $1\text{ s}$  のホールド時間（次のリセットまでの時間）を仮定した場合には、 $100\text{ ppm}$  または  $0.01\%$  の効果損失が生じる。さらに、図 3 に示された測定用分岐回路を介した損失も考慮されなければならない。8 A の定格電流の場合には、これによって、 $800\text{ mW}$  がエネルギースイッチを介して降下し、従って、 $240\text{ W}$  の定格出力を有するモジュールあたり 3 つのエネルギースイッチを設けると、 $3 \times 24\text{ mW} = 72\text{ mW}$  の出力損失がリセットパルスによって生じ、 $3 \times 800\text{ mW} = 2.4\text{ W}$  の出力損失が直列接続されたパワートランジスタによって生じ、全体では、サブモジュールあたり約  $3\text{ W}$  の出力損失が生じる。

## 【 0 0 5 0 】

太陽照射が少ない場合には、セル容量がファクター 100 だけ低減する。従って、 $156\text{ mm}$  の太陽電池の場合に、約  $10\ \mu\text{F}$  のセル容量が予期される。これによって、測定時間は  $1\ \mu\text{s}$  まで短くなる。しかしこの場合には有利には短いリセットインターバルに基づいて、効率損失も同様にシフトする。ここで有利な想定は  $1\text{ ms}$  であり、暗化されていない動作時には依然として、 $99.9\%$  の効果が得られ、同様に約  $1\%$  の、パワートランジスタによる比較的小さい損失が差し引かれる。

## 【 0 0 5 1 】

すなわち近似的に、本願に記載されている装置の使用並びに方法の実施形態によって、ソーラー電流の約  $1\%$  を、暗化されていない状態で損失する。しかしこれは、暗化時の比例的なゲインと対向している。これに必要な回路技術的なコストは格段に、 $\text{DC}/\text{DC}$  変換器が組み込まれている既知のモジュールベースの  $\text{MPP T}$  を下回る。

## 【 0 0 5 2 】

性能見積りのために、例えば、 $16\text{ A}$  の最大の順方向電流時および  $16\text{ A}$  の最大スイッチング電圧時に、ドレインとソースの間で、 $100\text{ m}\Omega$  のオーム抵抗  $R_{\text{D.S.}}$  を有するパワートランジスタ ( $\text{FET}$ ) を想定する。例えば、 $10\text{ m}\Omega$  にこのスイッチオン抵抗を最適化することによって、出力損失は、例えば  $0.32\text{ W}$  弱まで低減され、これによって格段に  $0.2\%$  を下回る。換言すれば：ここに示された方法は、暗化されていないサブモジュールの出力と比較して、 $99.8\%$  の効率を保証する。しかしこの低い性能損失は、暗化時のサブモジュールの効果的な電力出力と対向する。

## 【 0 0 5 3 】

切り替えスイッチを強制的にバイパススイッチング位置に移行させるコミュニケーションインタフェースを使用することによって、このサブモジュールおよび全体的な太陽光発電システムは無電流状態、むしろモジュールの短絡状態に切り替えられる。このようなスイッチング状態を、以降で、「使用不能状態」と称す。これは、例えば必要なモジュール交換中に、サブモジュールが日中の間、切り離されなければならない場合、または例えば火災の場合に、例えば炎を消す目的で屋根を開けるために、システムが無電流に切り替えられなければならない場合に有利である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

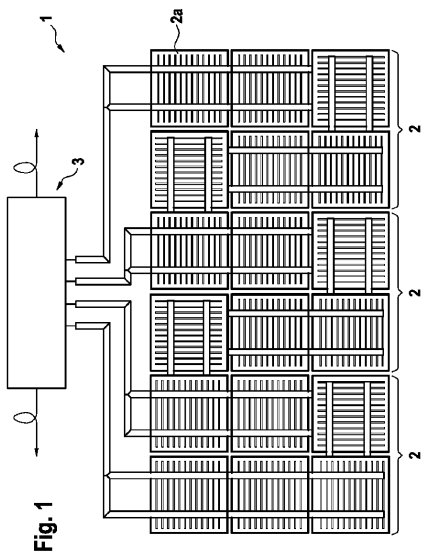
コミュニケーションの可能なアプローチはここで、別個の制御線路である。この制御線路は全てのサブモジュールに接続されている。同様に、パワーラインコンセプトが利用可能であり、ここでは信号が、ソーラー電流線路を介して送られる。または既知の高周波コミュニケーションプロトコール ( Z i g b e e、W - L A N 等 ) を介した無線のアプローチが利用される。パワーラインコンセプトが利用される場合には、例えば、「使用可能」信号の印加が、通常の、図 3 に示されているモジュールの動作様式に対して必ず必要になる。ここで、この使用可能信号の伝送には完全なソーラー電流線路が必要である。故障時にライトアークが生じると、この際に生じるイネーブル信号のノイズスペクトルが妨害となり、コミュニケーションユニットはこの信号を識別しなくなり、「使用不能」モードに切り替えられる。従って、ライトアークの識別および、ライトアークが消えるまで電流回路内で電圧がシフトダウンされることによる ( サブモジュールの「切り離し」による ) 自動除去が実現されるだろう。

10

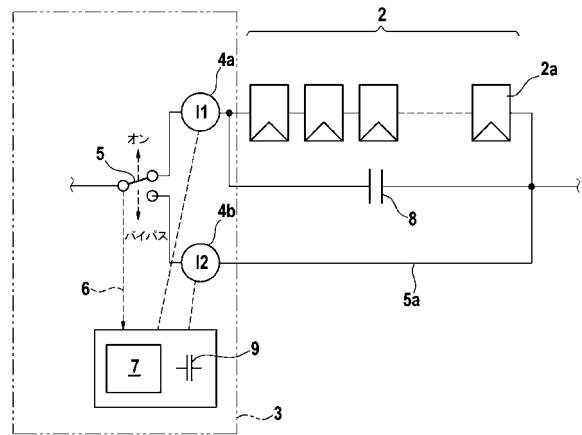
【 0 0 5 5 】

専門家の行為の範囲内で、本願に単に例として示された方法および装置の発展的な構成および実施形態が得られる。発展的な実施形態は、従属請求項に記載されている。

【 図 1 】



【 図 2 】



【図3】

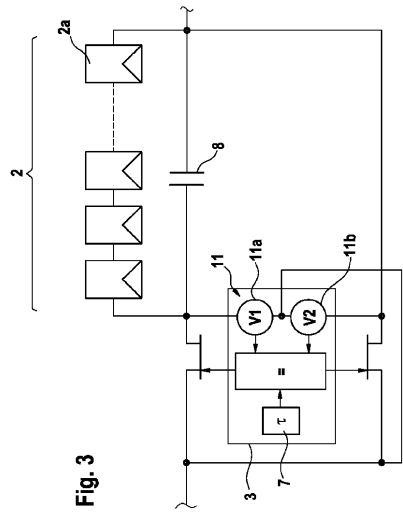
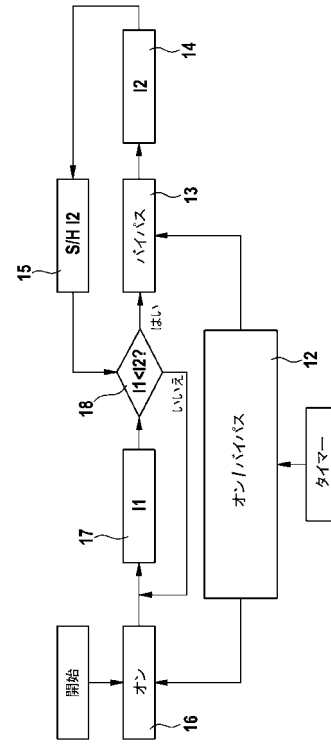
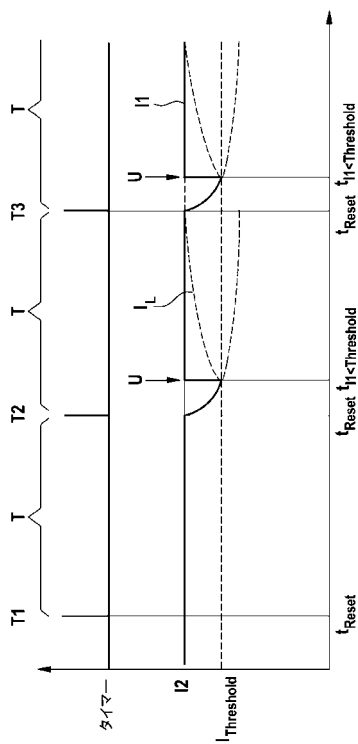


Fig. 3

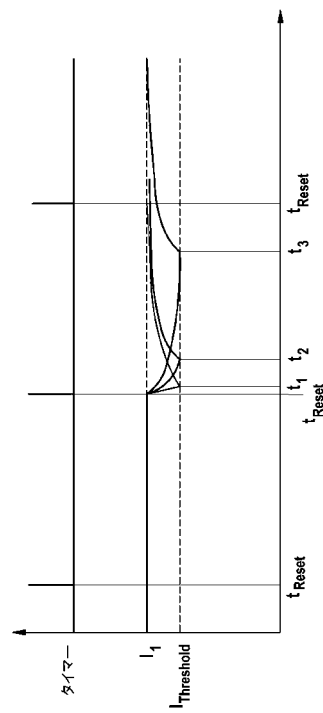
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 カーステン フンク  
ドイツ連邦共和国 ヴァイマルル ベルフェデーラー アレー 2

審査官 吉野 三寛

(56)参考文献 特表2013-508704(JP,A)  
特開2007-059423(JP,A)  
特開2001-326375(JP,A)  
実開昭59-020316(JP,U)  
特開2002-050782(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01S 50/00 - 50/15