

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5626798号
(P5626798)

(45) 発行日 平成26年11月19日(2014.11.19)

(24) 登録日 平成26年10月10日(2014.10.10)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 L 31/04 (2014.01) HO 1 L 31/04 5 2 0
 HO 2 S 40/34 (2014.01) HO 2 S 40/34

請求項の数 4 (全 39 頁)

(21) 出願番号 特願2011-85327 (P2011-85327)
 (22) 出願日 平成23年4月7日(2011.4.7)
 (65) 公開番号 特開2012-178535 (P2012-178535A)
 (43) 公開日 平成24年9月13日(2012.9.13)
 審査請求日 平成26年3月19日(2014.3.19)
 (31) 優先権主張番号 特願2011-23143 (P2011-23143)
 (32) 優先日 平成23年2月4日(2011.2.4)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000005049
 シャープ株式会社
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
 (74) 代理人 110000947
 特許業務法人あーく特許事務所
 (72) 発明者 水巻 秀隆
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
 シャープ株式会社内

審査官 和田 将彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽光発電システム、スイッチングシステム、およびバイパス装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の太陽電池セルを直列に接続した太陽電池モジュールが複数直列に接続された太陽電池モジュール群と、それぞれの前記太陽電池モジュールに並列に接続され前記太陽電池モジュールの出力電圧が予め特定された特定電圧より小さいときに前記太陽電池モジュール群に流れるモジュール群電流をバイパスさせるバイパス電流経路と、前記太陽電池モジュール群から出力された電力を直流-直流変換するDC/DCコンバータとを備えた太陽光発電システムであって、

それぞれの前記バイパス電流経路に配置されて前記バイパス電流経路の導通および非導通を切り替えるスイッチング素子と、前記スイッチング素子のそれぞれに対応して配置され前記スイッチング素子の開閉を制御する制御部とを備え、

前記制御部は、前記出力電圧が前記特定電圧より小さくなったとき、前記スイッチング素子を閉から開に切り替えて前記バイパス電流経路を導通させる構成とされ、

前記制御部は、ダイオードと2つの抵抗を直列に接続した直列回路とされて前記太陽電池モジュールに並列に接続されており、前記2つの抵抗の間に接続されて前記太陽電池モジュールの出力電圧を分圧して出力する分圧端子を備え、

前記分圧端子は、前記スイッチング素子の制御端子に接続されていることを特徴とする太陽光発電システム。

【請求項2】

請求項1に記載の太陽光発電システムであって、

前記スイッチング素子および前記制御部は、単一の配線基板に実装されて前記太陽電池モジュールの出力ボックスに内蔵されていること
を特徴とする太陽光発電システム。

【請求項 3】

電流経路に配置されて前記電流経路の導通および非導通を切り替えるスイッチング素子と、前記スイッチング素子の開閉を制御する制御部とを備えるスイッチングシステムであって、

前記制御部は、前記電流経路の両端間の電圧に基づいて前記スイッチング素子の開閉を制御する構成とされ、

前記制御部は、ダイオードと2つの抵抗を直列に接続した直列回路とされて前記電流経路の前記両端に並列に接続されており、前記2つの抵抗の間に接続されて前記太陽電池モジュールの出力電圧を分圧して出力する分圧端子を備え、

前記分圧端子は、前記スイッチング素子の制御端子に接続されていること
を特徴とするスイッチングシステム。

【請求項 4】

太陽電池モジュールの両端に接続されることによってバイパス電流経路を構成するバイパス装置であって、

前記バイパス電流経路の導通および非導通を切り替えるスイッチング素子と、前記スイッチング素子に対応して配置され前記スイッチング素子の開閉を制御する制御部とを備え、

前記制御部は、ダイオードと2つの抵抗を直列に接続した直列回路とされ、前記太陽電池モジュールに並列に接続された場合に、前記2つの抵抗の間から前記太陽電池モジュールの出力電圧を分圧して出力する分圧端子を備えてあり、

前記分圧端子は、前記スイッチング素子の制御端子に接続されていること
 を特徴とするバイパス装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、太陽電池モジュールが複数直列に接続された太陽電池モジュール群に流れるモジュール群電流をバイパスさせるバイパス電流経路を備えた太陽光発電システム、電流経路の導通、非導通を切り替えるスイッチングシステム、およびバイパス装置に関する。

【背景技術】

【0002】

太陽光を電気に変換する太陽電池セルが開発されている。しかし、太陽電池セル（太陽電池素子）1個の発電電力（発電電圧、発電電流）は小さいことから、多数の太陽電池セルを直列に、さらには並列に接続して太陽電池モジュールとして必要な電力を得るようにしている。また、太陽電池モジュールをさらに複数接続して太陽光発電システムが構成されている。

【0003】

太陽電池セル（太陽電池モジュール）は太陽光によって発電することから、太陽光が遮光されて太陽電池セル（太陽電池モジュール）の表面が影の状態とされた場合、発電に寄与しない太陽電池セル（太陽電池モジュール）が直列に接続されて通常の発電状態を維持している太陽電池セル（太陽電池モジュール）に対して電流の制限を及ぼすことになり、太陽光発電システムとしての発電効率が低下することになる。

【0004】

また、非発電状態の太陽電池セル（太陽電池モジュール）に対しても通常の発電状態を維持している太陽電池セル（太陽電池モジュール）からの電流が流れる。非発電状態の太陽電池セル（太陽電池モジュール）は、抵抗体として作用することから発熱作用によって例えばホットスポット現象を生じ、寿命および信頼性を低下させる虞が生じる。

【0005】

10

20

30

40

50

そこで従来の太陽光発電システムでは、適宜の個数の太陽電池セルで構成された太陽電池モジュールに対してバイパスダイオードを接続して上述した不都合を回避する構成とされている。図5A、図5Bに基づいて従来の太陽光発電システムについて説明する。

【0006】

図5Aは、従来の太陽光発電システム101の概略ブロック構成を示すブロック図である。

【0007】

従来の太陽光発電システム101は、太陽光 L_s を光電変換によって電気(電力)に変換する太陽電池セル112が複数直列に接続されて構成された太陽電池モジュール111を備える。太陽電池モジュール111は、さらに複数(例えば、太陽電池モジュール111fおよび太陽電池モジュール111s)直列に接続されて太陽電池モジュール群110を構成している。太陽電池モジュール群110は、さらに多くの太陽電池モジュール111を接続して構成することも可能であるが、説明の便宜上、2個の太陽電池モジュール111(太陽電池モジュール111fおよび太陽電池モジュール111s)が接続された場合について説明する。

【0008】

なお、2個の太陽電池モジュール111fおよび太陽電池モジュール111sを特に区別する必要がない場合は、単に太陽電池モジュール111とすることがある。また、太陽電池モジュール111fに配置された太陽電池セル112を太陽電池セル112fとし、太陽電池モジュール111sに配置された太陽電池セル112を太陽電池セル112sとする。両者(太陽電池セル112fおよび太陽電池セル112s)を特に区別する必要がない場合は、単に太陽電池セル112とすることがある。また、図5Aでは、太陽電池モジュール111の内側で両端に配置された太陽電池セル112を示し、中間に配置された太陽電池セル112については図示を省略している。

【0009】

太陽光 L_s が照射された太陽電池モジュール111は、それぞれ光電変換によって出力電圧を発電し、太陽電池モジュール111の直列接続によって加算された電圧が太陽電池モジュール群110の出力電圧としてDC/DCコンバータ130の入力端へ入力される。

【0010】

直列接続された各太陽電池セル112には、共通のモジュール群電流 I_g が流れる。したがって、太陽電池モジュール群110は、太陽電池モジュール111fおよび太陽電池モジュール111sを電流経路としてモジュール群電流 I_g をDC/DCコンバータ130の入力端へ供給する。

【0011】

DC/DCコンバータ130は、予め設定された変換比率で太陽電池モジュール群110の出力電圧(直流電圧)を適宜の電圧(電力)に変換し、出力端から負荷(不図示)に向けて出力する。

【0012】

従来の太陽光発電システム101は、太陽電池モジュール111と並列に接続されたバイパス電流経路115、バイパス電流経路115に挿入されてバイパス電流経路115と共に単一方向の電流路を構成するバイパスダイオード116を備える。バイパス電流経路115、バイパスダイオード116は、太陽電池モジュール111に対応させて接続されることから、太陽電池モジュール111と同様に2個配置されている。

【0013】

太陽電池モジュール111fと並列に接続されたバイパス電流経路115をバイパス電流経路115f、太陽電池モジュール111sと並列に接続されたバイパス電流経路115をバイパス電流経路115sとし、バイパス電流経路115fおよびバイパス電流経路115sを特に区別する必要がない場合は、単にバイパス電流経路115とすることがある。

10

20

30

40

50

【0014】

バイパス電流経路115fには、バイパスダイオード116fが挿入（配置）され、バイパス電流経路115sには、バイパスダイオード116sが挿入（配置）されている。バイパスダイオード116fおよびバイパスダイオード116sを特に区別する必要がない場合は、単にバイパスダイオード116とすることがある。

【0015】

それぞれの太陽電池セル112は、同様な太陽光Lsが照射されている場合、太陽光Lsの照射を受けて同様な光電変換を行う。したがって、それぞれの太陽電池セル112は、仕様に応じた発電電圧でモジュール群電流I_gを出力する。

【0016】

略均等に太陽光Lsが照射される通常の状態では、それぞれの太陽電池セル112は、同様に動作することから、太陽電池モジュール111全体で仕様に応じた出力電圧およびモジュール群電流I_gを出力する。したがって、太陽電池セル112がn個直列に接続されている場合は、太陽電池セル112の発電電圧×nが太陽電池モジュール111の出力電圧となる。

【0017】

バイパスダイオード116は、太陽電池モジュール111の出力（電圧、電流）が通常の状態では逆バイアスとなるように接続されている。つまり、バイパスダイオード116は、太陽電池モジュール111の発電電圧のプラス側にカソード側が、太陽電池モジュール111の発電電圧のマイナス側にアノード側が接続されている。したがって、通常の状態では、モジュール群電流I_gは、太陽電池モジュール111を流れ、バイパスダイオード116には流れない。つまり、通常の状態では、バイパスダイオード116は、逆バイアスされていることから、電流は流れない状態となっている。

【0018】

図5Bは、図5Aに示した従来の太陽光発電システム101でモジュール群電流I_gがバイパスダイオード116sをバイパスして流れる状態での概略ブロック構成を示すブロック図である。

【0019】

基本的な構成は、図5Aと同様であるので、主に異なる事項について説明する。

【0020】

太陽光Lsは、影などの発生によって遮光された状態の太陽光Lss（太陽電池モジュール111sに対応させて示す。）となることがある。太陽光Lssは、太陽光Lsと比較して遮光された状態を示すために太陽電池モジュール111sの外側でのみ図示されている。以下では、例えば太陽電池モジュール111s（太陽電池セル112s）が遮光されて発電しない状態となった場合について説明する。

【0021】

遮光された太陽電池モジュール111s（太陽電池セル112s）は、光電変換ができないことから太陽電池として発電しない。太陽電池として発電（機能）しない状態を示すために、図5Bでは、太陽電池モジュール111s（太陽電池セル112s）は、破線で示されている。

【0022】

遮光されて発電できない状態では、太陽電池モジュール111sは受動回路（抵抗回路）となる。つまり、直列に接続されている他の太陽電池モジュール111（ここでは、太陽電池モジュール111f）の発電によって流れるモジュール群電流I_gが流れると抵抗負荷として作用し、発熱によってホットスポット現象を生じる虞がある。

【0023】

発電しない状態で太陽電池モジュール111sにモジュール群電流I_gが流れると、太陽電池モジュール111sの両端での電位は通常の状態とは異なって逆になる。つまり、バイパスダイオード116sのアノード側が高い電位となり、バイパスダイオード116のカソード側が低い電位となることから、バイパスダイオード116sに対して順方

10

20

30

40

50

向の電圧が印加された状態となり、順方向電流としてのモジュール群電流 I_g がバイパス電流経路 115s (バイパスダイオード 116s) へ流れる状態となる。この状態では、太陽電池モジュール 111s へのモジュール群電流 I_g の流入は解消されるので、ホットスポット現象は確実に防止され、太陽光発電システム 101 の信頼性を確保することができる。

【0024】

つまり、モジュール群電流 I_g は、バイパスダイオード 116s を経由して太陽電池モジュール 111f へ流れるようになり、バイパスダイオード 116s の順方向電圧での電力消費が発生する。電力消費は太陽光発電システム 101 全体での発電効率を低下させることにつながることから、バイパスダイオード 116s での電力消費をできるだけ抑制するため、バイパスダイオード 116s としては、順方向電圧が小さいショットキーダイオードが一般的に適用される。ショットキーダイオードの順方向電圧は通常のダイオードと比較して小さいが、順方向電圧 V_f が 0.45V ~ 0.65V ある。

10

【0025】

順方向電圧 V_f を 0.5V とした場合、例えばモジュール群電流 I_g を 10A とするとショットキーダイオードでの消費電力は $10A \times 0.5V = 5W$ となり、太陽電池モジュール群 10 の規模が大きくなるほど大きな損失となり無視できなくなるという問題がある。

【0026】

なお、端子ボックスに配置されたバイパスダイオードでの電力消費に伴う発熱への対策を施した技術として例えば特許文献 1 が知られている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0027】

【特許文献 1】特開 2006 - 286996 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0028】

太陽電池セル、太陽電池モジュールでの発電状態、非発電状態の混在を解消する手段としてのバイパスダイオードの接続については、バイパスダイオード自体による電力消費の発生という問題があった。バイパスダイオードの電力消費に伴う発熱対策として特許文献 1 に記載されたような技術が提案されている。しかし、特許文献 1 に開示された技術は発生した熱への対応が開示されているのみで、バイパスダイオード自体の電力消費を低減させるものではなく、バイパスダイオードでの電力消費は依然として発生するという問題があった。

30

【0029】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、バイパスダイオードを電力消費がほとんど生じないスイッチング素子に置き換えることによって、従来のバイパスダイオードで発生していた電力消費を低減(解消)した太陽光発電システムを提供することを目的とする。

40

【0030】

また、本発明は、スイッチング素子を適用して電流経路の導通、非導通を制御することによって、電流経路を必要に応じて機能させ、また、電流経路での消費電力を抑制したスイッチングシステムを提供することを他の目的とする。

【0031】

また、本発明は、ダイオードと 2 つの抵抗の 3 素子という簡単な構成の直列回路で制御部を構成することによって、太陽電池モジュールの出力状態を分圧端子からの信号(分圧電圧)として容易にかつ高精度に抽出し、分圧端子の電位(分圧電圧)に基づいてスイッチング素子の開閉を容易にかつ高精度に制御することができるバイパス装置を提供することを他の目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0032】

本発明に係る太陽光発電システムは、複数の太陽電池セルを直列に接続した太陽電池モジュールが複数直列に接続された太陽電池モジュール群と、それぞれの前記太陽電池モジュールに並列に接続され前記太陽電池モジュールの出力電圧が予め特定された特定電圧より小さいときに前記太陽電池モジュール群に流れるモジュール群電流をバイパスさせるバイパス電流経路と、前記太陽電池モジュール群から出力された電力を直流 - 直流変換するDC/DCコンバータとを備えた太陽光発電システムであって、それぞれの前記バイパス電流経路に配置されて前記バイパス電流経路の導通および非導通を切り替えるスイッチング素子と、前記スイッチング素子のそれぞれに対応して配置され前記スイッチング素子の開閉を制御する制御部とを備え、前記制御部は、前記出力電圧が前記特定電圧より小さくなったとき、前記スイッチング素子を閉から開に切り替えて前記バイパス電流経路を導通させる構成とされ、前記制御部は、ダイオードと2つの抵抗を直列に接続した直列回路とされて前記太陽電池モジュールに並列に接続されており、前記2つの抵抗の間に接続されて前記太陽電池モジュールの出力電圧を分圧して出力する分圧端子を備え、前記分圧端子は、前記スイッチング素子の制御端子に接続されていることを特徴とする。

10

【0033】

したがって、本発明に係る太陽光発電システムは、太陽電池モジュールが例えば太陽光の遮断などによって発電しない非発電状態となったとき、発電しない太陽電池モジュールと並列に配置されたバイパス電流経路を導通状態（短絡状態）として太陽電池モジュール群に流れるモジュール群電流をバイパスさせるので、バイパスダイオードを適用せずに非発電状態の太陽電池モジュールへのモジュール群電流の流入を防止して太陽電池モジュール（太陽電池セル）でのホットスポットの発生を防止することができ、また、バイパスダイオードを適用したときに生じる電力消費を抑制することができる。つまり、太陽光発電システム（太陽電池モジュール、太陽電池セル）でのホットスポット現象の発生を防止して信頼性を向上し、また、太陽光発電システム（太陽電池モジュール、太陽電池セル）の寿命を延ばし、発電効率を向上させることができる。また、ダイオードと2つの抵抗の3素子という簡単な構成の直列回路を制御部として太陽電池モジュールと並列に接続することから、太陽電池モジュールの出力状態を分圧端子からの信号（分圧電圧）として容易にかつ高精度に抽出できるので、分圧端子の電位（分圧電圧）に基づいてスイッチング素子の開閉を容易にかつ高精度に制御することができる。

20

30

【0034】

また、本発明に係る太陽光発電システムでは、前記制御部は、前記太陽電池モジュールに接続されて前記出力電圧が入力される入力端子と、前記スイッチング素子の制御端子に接続され前記スイッチング素子の開閉を制御する出力端子とを備える比較器で構成されていることを特徴とする。

【0035】

したがって、本発明に係る太陽光発電システムは、太陽電池モジュールの非発電状態を高精度に、かつ迅速に検出してスイッチング素子の開閉（オンオフ）を制御するので、太陽電池モジュールでのホットスポット現象の発生を確実に防止することができる。

40

【0036】

また、本発明に係る太陽光発電システムでは、前記制御部の電源は、前記DC/DCコンバータから供給されることを特徴とする。

【0037】

したがって、本発明に係る太陽光発電システムは、制御部の電源を安定化させ、また、太陽光発電システムのバイパス電流経路（制御部）の制御を高精度にすることができる。

【0038】

また、本発明に係る太陽光発電システムでは、前記スイッチング素子は、MIS電界効果トランジスタであることを特徴とする。

【0039】

50

したがって、本発明に係る太陽光発電システムは、スイッチング素子を抵抗が小さいMIS電界効果トランジスタで構成するので、バイパス電流経路（スイッチング素子）で生じる消費電力を低減し、バイパス電流経路での電力ロスを抑制して全体としての発電効率を向上させることができる。また、バイパス電流経路（スイッチング素子）で生じる消費電力を低減することから、消費電力に伴う発熱が抑制されるのでバイパスダイオードを適用したときにバイパス電流経路が必要であって放熱手段を不要とすることができる。

【0040】

また、本発明に係るスイッチングシステムは、電流経路に配置されて前記電流経路の導通および非導通を切り替えるスイッチング素子と、前記スイッチング素子の開閉を制御する制御部とを備えるスイッチングシステムであって、前記制御部は、前記電流経路の両端間の電圧に基づいて前記スイッチング素子の開閉を制御する構成とされ、前記制御部は、ダイオードと2つの抵抗を直列に接続した直列回路とされて前記電流経路の前記両端に並列に接続されており、前記2つの抵抗の間に接続されて前記太陽電池モジュールの出力電圧を分圧して出力する分圧端子を備え、前記分圧端子は、前記スイッチング素子の制御端子に接続されていることを特徴とする。

10

【0041】

したがって、本発明に係るスイッチングシステムは、電流経路の両端間の電圧（電位差）に応じてスイッチング素子の開閉を制御することから、電流経路の両端での電位の相関状態に応じて電流経路の導通、非導通を切り替えることができるので、電流経路を短絡（閉路）あるいは開放（開路）することで必要に応じて機能させることができ、また、スイッチング素子を適用することから電流経路を導通させたときの消費電力を抑制することができる。また、ダイオードと2つの抵抗の3素子という簡単な構成の直列回路を制御部として電流経路と並列に接続することから、電流経路の両端間の電位状態を分圧端子からの信号（分圧電圧）として容易にかつ高精度に抽出できるので、分圧端子の電位（分圧電圧）に基づいてスイッチング素子の開閉を容易にかつ高精度に制御することができる。

20

【0042】

また、本発明に係るスイッチングシステムでは、前記制御部は、第1入力端子、第2入力端子、および出力端子を備えた比較器であり、前記第1入力端子は、前記電流経路の第1端子に接続され、前記第2入力端子は、前記電流経路の第2端子に接続され、前記出力端子は、前記スイッチング素子の制御端子に接続されていることを特徴とする。

30

【0043】

したがって、本発明に係るスイッチングシステムは、制御部を比較器で構成することから、電流経路の両端での電位状況を高精度に比較でき、高精度にスイッチング素子の開閉を制御することができる。

【0044】

また、本発明に係るスイッチングシステムでは、前記スイッチング素子は、MIS電界効果トランジスタであり、前記MIS電界効果トランジスタのソースは前記第1端子に接続され、前記MIS電界効果トランジスタのドレインは前記第2端子に接続され、前記MIS電界効果トランジスタのゲートは前記制御端子として前記出力端子に接続されていることを特徴とする。

40

【0045】

したがって、本発明に係るスイッチングシステムは、スイッチング素子としてMIS電界効果トランジスタを適用するので、スイッチング素子が導通したとき（電流経路が導通状態のとき）の電力消費を抑制して不要な消費電力の発生を防止し、効率の良いスイッチングシステムとなる。

【0046】

また、本発明に係るスイッチングシステムでは、前記制御部は、外部に配置された外部電源から電源電力を供給されることを特徴とする。

【0047】

したがって、本発明に係るスイッチングシステムは、外部からの電源電力によって動作

50

することから、安定した動作を実現することができる。

【0048】

また、本発明に係るスイッチングシステムでは、前記外部電源は、太陽電池モジュールの出力をDC/DC変換するDC/DCコンバータの出力であることを特徴とする。

【0049】

したがって、本発明に係るスイッチングシステムは、太陽電池モジュールの出力を調整するDC/DCコンバータの出力を利用することから、太陽電池モジュールの制御系への適用が可能となり、太陽電池モジュールのバイパス回路を構成するバイパスダイオードをスイッチング素子に置き換えてバイパスダイオードで問題とされる消費電力の発生を抑制することができる。

10

【0052】

また、本発明に係る太陽電池システムでは、前記スイッチング素子および前記制御部は、単一の配線基板に実装されて前記太陽電池モジュールの出力ボックスに内蔵されていることを特徴とする。

【0053】

したがって、本発明に係る太陽光発電システムは、スイッチング素子および制御部（直列回路）を一つの配線基板に実装して出力ボックスへ内蔵するので、太陽電池モジュールに対するバイパス電流経路を高機能化することができる。

【0056】

また、本発明に係るバイパス装置は、太陽電池モジュールの両端に接続されることによってバイパス電流経路を構成するバイパス装置であって、前記バイパス電流経路の導通および非導通を切り替えるスイッチング素子と、前記スイッチング素子に対応して配置され前記スイッチング素子の開閉を制御する制御部とを備え、前記制御部は、ダイオードと2つの抵抗を直列に接続した直列回路とされ、前記太陽電池モジュールに並列に接続された場合に、前記2つの抵抗の間から前記太陽電池モジュールの出力電圧を分圧して出力する分圧端子を備えてあり、前記分圧端子は、前記スイッチング素子の制御端子に接続されていることを特徴とする。

20

【0057】

したがって、本発明に係るバイパス装置は、ダイオードと2つの抵抗の3素子という簡単な構成の直列回路を制御部として太陽電池モジュールと並列に接続することから、太陽電池モジュールの出力状態を分圧端子からの信号（分圧電圧）として容易にかつ高精度に抽出できるので、分圧端子の電位（分圧電圧）に基づいてスイッチング素子の開閉を容易にかつ高精度に制御することができる。

30

【0058】

また、本発明に係るバイパス装置では、前記制御部は、前記分圧端子と前記制御端子との間に配置されて前記スイッチング素子をオフからオンに切り替えたときの前記制御端子の電位状態を維持する切り替え状態維持回路を備えることを特徴とする。

【0059】

したがって、本発明に係るバイパス装置は、スイッチング素子がオフからオンに切り替わったことによって、制御部に印加される電圧が低減した場合でも、制御端子の電位状態（信号状態。制御端子に印加される電圧）を維持するので、スイッチング素子のオン状態を維持することができる。

40

【0060】

また、本発明に係るバイパス装置では、前記切り替え状態維持回路は、アノードが前記分圧端子に接続され、カソードが前記制御端子に接続されたダイオードと、一端が前記制御端子に接続され、他端が前記太陽電池モジュールの発電状態でプラス側となるモジュール端子に接続されたコンデンサとを備えることを特徴とする。

【0061】

したがって、本発明に係るバイパス装置は、スイッチング素子をオフからオンに切り替えたことによって制御部に加わる電圧が低下した場合でも、ダイオードとコンデンサとい

50

う簡単な組み合わせで制御端子の電位状態（制御端子に印加される電圧）をコンデンサへの充電電圧によって維持できるので、スイッチング素子のオン状態を簡単に維持することができる。

【0062】

また、本発明に係るバイパス装置では、前記制御部は、アノードが前記コンデンサの前記一端に接続され、カソードが前記太陽電池モジュールの発電状態でマイナス側となるモジュール端子に接続された放電用ダイオードを備えることを特徴とする。

【0063】

したがって、本発明に係るバイパス装置は、太陽電池モジュールが発電状態となったとき、コンデンサに蓄積された充電電荷を放電用ダイオードでマイナス側のモジュール端子へ放電するから、コンデンサを初期状態に戻すことができ、安定した切り替え状態維持回路を実現することができる。

10

【0064】

また、本発明に係るバイパス装置では、前記スイッチング素子および前記制御部は、単一の配線基板に実装されていることを特徴とする。

【0065】

したがって、本発明に係るバイパス装置は、スイッチング素子および制御部（直列回路）を一つの配線基板に実装することから、小型化することができるので、太陽電池モジュールの出力ボックスへの内蔵が容易となる。

【発明の効果】

20

【0066】

本発明に係る太陽光発電システムは、複数の太陽電池セルを直列に接続した太陽電池モジュールが複数直列に接続された太陽電池モジュール群と、それぞれの前記太陽電池モジュールに並列に接続され前記太陽電池モジュールの出力電圧が予め特定された特定電圧より小さいときに前記太陽電池モジュール群に流れるモジュール群電流をバイパスさせるバイパス電流経路と、前記太陽電池モジュール群から出力された電力を直流-直流変換するDC/DCコンバータとを備えた太陽光発電システムであって、それぞれの前記バイパス電流経路に配置されて前記バイパス電流経路の導通および非導通を切り替えるスイッチング素子と、前記スイッチング素子のそれぞれに対応して配置され前記スイッチング素子の開閉を制御する制御部とを備え、前記制御部は、前記出力電圧が前記特定電圧より小さくなったとき、前記スイッチング素子を開から閉に切り替えて前記バイパス電流経路を導通させる構成とされていることを特徴とする。

30

【0067】

したがって、本発明に係る太陽光発電システムは、太陽電池モジュールが例えば太陽光の遮断などによって発電しない非発電状態となったとき、発電しない太陽電池モジュールと並列に配置されたバイパス電流経路を導通状態（短絡状態）として太陽電池モジュール群に流れるモジュール群電流をバイパスさせるので、バイパスダイオードを適用せずに非発電状態の太陽電池モジュールへのモジュール群電流の流入を防止して太陽電池モジュール（太陽電池セル）でのホットスポットの発生を防止することができ、また、バイパスダイオードを適用したときに生じる電力消費を抑制することができる。つまり、太陽光発電システム（太陽電池モジュール、太陽電池セル）でのホットスポット現象の発生を防止して信頼性を向上し、また、太陽光発電システム（太陽電池モジュール、太陽電池セル）の寿命を延ばし、発電効率を向上させることができる。

40

【0068】

また、本発明に係るスイッチングシステムは、電流経路に配置されて電流経路の導通および非導通を切り替えるスイッチング素子と、スイッチング素子の開閉を制御する制御部とを備えるスイッチングシステムであって、制御部は、電流経路の両端間の電圧に基づいてスイッチング素子の開閉を制御する構成とされている。

【0069】

したがって、本発明に係るスイッチングシステムは、電流経路の両端間の電圧（電位差

50

)を検出した結果に応じてスイッチング素子の開閉を制御することから、電流経路の両端での電位の相関状態に応じて電流経路の導通、非導通を切り替えることができるので、電流経路を短絡（閉路）あるいは開放（開路）することで必要に応じて機能させることができ、また、スイッチング素子を適用することから電流経路を導通させたときの消費電力を抑制することができる。

【0070】

本発明に係るバイパス装置は、太陽電池モジュールの両端に接続されることによってバイパス電流経路を構成するバイパス装置であって、バイパス電流経路の導通および非導通を切り替えるスイッチング素子と、スイッチング素子に対応して配置されスイッチング素子の開閉を制御する制御部とを備え、制御部は、ダイオードと2つの抵抗を直列に接続した直列回路とされ、太陽電池モジュールに並列に接続された場合に、2つの抵抗の間から太陽電池モジュールの出力電圧を分圧して出力する分圧端子を備えてあり、分圧端子は、前記スイッチング素子の制御端子に接続されている。

10

【0071】

したがって、本発明に係るバイパス装置は、ダイオードと2つの抵抗の3素子という簡単な構成の直列回路を制御部として太陽電池モジュールと並列に接続することから、太陽電池モジュールの出力状態を分圧端子からの信号（分圧電圧）として容易にかつ高精度に抽出できるので、分圧端子の電位（分圧電圧）に基づいてスイッチング素子の開閉を容易にかつ高精度に制御することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0072】

【図1A】本発明の実施の形態1に係る太陽光発電システムの概略ブロック構成を示すブロック図である。

【図1B】図1Aに示した太陽光発電システムでの太陽電池モジュール、太陽電池セルの等価回路を示す等価回路図である。

【図2A】図1Aに示した太陽光発電システムでバイパス電流経路を導通させて機能させたときの概略ブロック構成を示すブロック図である。

【図2B】図2Aに示した太陽光発電システムでの太陽電池モジュール、太陽電池セルの等価回路を示す等価回路図である。

【図3A】図1Aに示した太陽光発電システムでのスイッチング素子の具体例であるMIS電界効果トランジスタの回路記号を示す回路記号図である。

30

【図3B】図3Aに示したMIS電界効果トランジスタのオフ状態（開状態）を等価的なスイッチ記号で示す等価回路図である。

【図3C】図3Aに示したMIS電界効果トランジスタのオン状態（閉状態）を等価的なスイッチ記号で示す等価回路図である。

【図4】図1Aに示した太陽光発電システムでの発電特性、バイパス電流経路の作用を説明する電力特性図である。

【図5A】従来の太陽光発電システムの概略ブロック構成を示すブロック図である。

【図5B】図5Aに示した従来の太陽光発電システムでモジュール群電流がバイパスダイオードをバイパスして流れる状態での概略ブロック構成を示すブロック図である。

40

【図6A】本発明の実施の形態2に係る太陽光発電システムの概略ブロック構成を示すブロック図である。

【図6B】図6Aに示した太陽光発電システムでバイパス電流経路を導通させて機能させたときの概略ブロック構成を示すブロック図である。

【図7A】図6Aに示した太陽光発電システムでの制御部（直列回路）の変形回路例1を示す回路図である。

【図7B】図6Aに示した太陽光発電システムでの制御部（直列回路）の変形回路例2を示す回路図である。

【図7C】図6Aに示した太陽光発電システムでの制御部（直列回路）の変形回路例3を示す回路図である。

50

【図 8】図 6 A に示した太陽光発電システムでの制御部の更に具体的な回路例を示す回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0073】

以下、本発明の実施の形態について、図を参照して説明する。

【0074】

<実施の形態 1>

本発明の実施の形態 1 に係る太陽光発電システムおよびスイッチングシステムについて、図 1 A ないし図 4 を参照して説明する。なお、スイッチングシステムについては、説明の都合上、本実施の形態の最後にまとめて説明する。

【0075】

図 1 A は、本発明の実施の形態 1 に係る太陽光発電システム 1 の概略ブロック構成を示すブロック図である。

【0076】

なお、スイッチングシステム 1 4 の構成要素は、太陽光発電システム 1 の一部の構成要素として含まれる。例えば、バイパス電流経路 1 5、スイッチング素子 1 6、制御部 2 0 がスイッチングシステム 1 4 を構成する。

【0077】

本実施の形態に係る太陽光発電システム 1 は、太陽光 L_s を光電変換によって電気（電力）に変換する太陽電池セル 1 2 が複数直列に接続されて構成された太陽電池モジュール 1 1 を備える。太陽電池モジュール 1 1 は、さらに複数（例えば、太陽電池モジュール 1 1 f および太陽電池モジュール 1 1 s）直列に接続されて太陽電池モジュール群 1 0 を構成している。太陽電池モジュール群 1 0 は、さらに多くの太陽電池モジュール 1 1 を接続して構成することも可能であるが、説明の便宜上、2 個の太陽電池モジュール 1 1（太陽電池モジュール 1 1 f および太陽電池モジュール 1 1 s）が接続された場合について説明する。

【0078】

なお、2 個の太陽電池モジュール 1 1 f および太陽電池モジュール 1 1 s を特に区別する必要がない場合は、単に太陽電池モジュール 1 1 とすることがある。また、太陽電池モジュール 1 1 f に配置された太陽電池セル 1 2 を太陽電池セル 1 2 f とし、太陽電池モジュール 1 1 s に配置された太陽電池セル 1 2 を太陽電池セル 1 2 s とする。両者（太陽電池セル 1 2 f および太陽電池セル 1 2 s）を特に区別する必要がない場合は、単に太陽電池セル 1 2 とすることがある。また、図 1 A では、太陽電池モジュール 1 1 の内側で両端に配置された太陽電池セル 1 2 を示し、中間に配置された太陽電池セル 1 2 については図示を省略している。

【0079】

太陽光 L_s が照射された太陽電池モジュール 1 1 は、それぞれ光電変換によって出力電圧 V_m （太陽電池モジュール 1 1 f の出力電圧 V_m を出力電圧 V_{mf} 、太陽電池モジュール 1 1 s の出力電圧 V_m を出力電圧 V_{ms} とする。出力電圧 V_{mf} および出力電圧 V_{ms} を区別する必要がない場合は、単に出力電圧 V_m とすることがある。）を発電し、太陽電池モジュール 1 1 の直列接続によって加算された電圧が太陽電池モジュール群 1 0 の出力電圧 V_g として DC / DC コンバータ 3 0 の入力端 3 1 へ入力される。

【0080】

具体的には、太陽電池モジュール 1 1 f は、モジュール端子 1 3 f とモジュール端子 1 3 s との間で出力電圧 V_{mf} となり、モジュール端子 1 3 f がプラス側、モジュール端子 1 3 s がマイナス側となってモジュール群電流 I_g がモジュール端子 1 3 f から DC / DC コンバータ 3 0 へ供給される。また、太陽電池モジュール 1 1 s は、モジュール端子 1 3 s とモジュール端子 1 3 t との間で出力電圧 V_{ms} となり、モジュール端子 1 3 s がプラス側、モジュール端子 1 3 t がマイナス側となってモジュール群電流 I_g がモジュール端子 1 3 s から太陽電池モジュール 1 1 f を経由して DC / DC コンバータ 3 0 へ供給さ

10

20

30

40

50

れる。

【0081】

なお、直列接続された各太陽電池セル12には、共通のモジュール群電流 I_g が流れる。したがって、太陽電池モジュール群10は、太陽電池モジュール11fおよび太陽電池モジュール11sを電流経路としてモジュール群電流 I_g をDC/DCコンバータ30の入力端31へ供給する。

【0082】

DC/DCコンバータ30は、予め設定された変換比率で太陽電池モジュール群10の出力電圧 V_g （直流電圧）を出力電圧 V_s （直流電圧）に変換し、出力端32から出力電圧 V_s を負荷（不図示）に向けて出力する。

10

【0083】

本実施の形態に係る太陽光発電システム1は、太陽電池モジュール11と並列に接続されたバイパス電流経路15、バイパス電流経路15に挿入されてバイパス電流経路15の導通/非導通を切り替えるスイッチング素子16、スイッチング素子16の開閉（オンオフ。例えば、オン状態は閉状態に対応し、オフ状態は開状態に対応する。）を制御する制御部20を備える。

【0084】

バイパス電流経路15は、太陽電池モジュール11に対応させて接続されることから、本実施の形態では太陽電池モジュール11と同様に2つ配置されている。

【0085】

20

太陽電池モジュール11fと並列に接続されたバイパス電流経路15をバイパス電流経路15f、太陽電池モジュール11sと並列に接続されたバイパス電流経路15をバイパス電流経路15sとする。バイパス電流経路15fおよびバイパス電流経路15sを特に区別する必要がない場合は、単にバイパス電流経路15とすることがある。

【0086】

バイパス電流経路15fには、スイッチング素子16fが挿入（配置）され、バイパス電流経路15sには、スイッチング素子16sが挿入（配置）されている。スイッチング素子16fおよびスイッチング素子16sを特に区別する必要がない場合は、単にスイッチング素子16とすることがある。

【0087】

30

スイッチング素子16は、MIS（Metal - Insulator - Semiconductor）電界効果トランジスタで構成することが望ましい。さらに具体的には、エンハンスメント型nチャンネルのMOS（Metal - Oxide - Semiconductor）電界効果トランジスタである。MOS電界効果トランジスタのソースは、太陽電池モジュール11の出力のプラス（有効に発電している状態でのプラス。仕様の上でのプラス。）側に接続され、ドレインは、太陽電池モジュール11のマイナス（有効に発電している状態でのマイナス。仕様の上でのマイナス。）側に接続される。MOS電界効果トランジスタのゲートは、制御部20の出力端子23（スイッチング素子16fのゲートは、出力端子23fへ、スイッチング素子16sのゲートは、出力端子23s）に接続される。

40

【0088】

スイッチング素子16の制御端子17（MOS電界効果素子のゲート）は、スイッチング素子16の動作状態を制御する。スイッチング素子16fに対応する制御端子17を制御端子17fとし、スイッチング素子16sに対応する制御端子17を制御端子17sとする。制御端子17fと制御端子17sとを区別する必要がない場合は、単に制御端子17とすることがある。

【0089】

制御部20は、バイパス電流経路15およびスイッチング素子16と同様、太陽電池モジュール11に対応して接続されることからバイパス電流経路15およびスイッチング素子16と同様に2個配置されている。

50

【 0 0 9 0 】

太陽電池モジュール 1 1 f と並列に接続されスイッチング素子 1 6 f を制御する制御部 2 0 を制御部 2 0 f とし、太陽電池モジュール 1 1 s と並列に接続されスイッチング素子 1 6 s を制御する制御部 2 0 を制御部 2 0 s とする。制御部 2 0 f および制御部 2 0 s を特に区別する必要がない場合は、単に制御部 2 0 とすることがある。

【 0 0 9 1 】

制御部 2 0 は、2 つの入力端子 2 1、入力端子 2 2 を有する比較器で構成される。すなわち、入力端子 2 1、入力端子 2 2 は、太陽電池モジュール 1 1 の両端に接続され、制御部 2 0 は、入力端子 2 1 に印加される電圧と入力端子 2 2 に印加される電圧と比較し、比較した結果に応じた出力を出力端子 2 3 から出力してスイッチング素子 1 6 のオンオフ（開閉）を制御する。

10

【 0 0 9 2 】

比較器（制御部 2 0）の電源は、DC / DC コンバータ 3 0 の出力から供給されるので、安定した比較動作を実現することができる。制御部 2 0 の電源は、安定した電源であって、比較器として太陽電池モジュール 1 1 の両端の電位差を比較することができれば、DC / DC コンバータ 3 0 から供給しない形態とすることもできる。

【 0 0 9 3 】

なお、太陽電池モジュール 1 1 f に接続された入力端子 2 1 を入力端子 2 1 f、同様に接続された入力端子 2 2 を入力端子 2 2 f とし、スイッチング素子 1 6 f に接続された出力端子 2 3 を出力端子 2 3 f とする。また、太陽電池モジュール 1 1 s に接続された入力端子 2 1 を入力端子 2 1 s、同様に接続された入力端子 2 2 を入力端子 2 2 s とし、スイッチング素子 1 6 s に接続された出力端子 2 3 を出力端子 2 3 s とする。入力端子 2 1 f および入力端子 2 1 s、入力端子 2 2 f および入力端子 2 2 s、出力端子 2 3 f および出力端子 2 3 s をそれぞれ区別する必要がない場合は、単に入力端子 2 1、入力端子 2 2、出力端子 2 3 とすることがある。

20

【 0 0 9 4 】

入力端子 2 1 に印加された電圧が入力端子 2 2 に印加された電圧より高い場合は、太陽電池モジュール 1 1 が通常の発電状態であるから、出力端子 2 3 からレベル L（スイッチング素子 1 6 をオフにするレベル）の信号をスイッチング素子 1 6 の制御端子 1 7 に出力してスイッチング素子 1 6 をオフ（開）の状態とし、バイパス電流経路 1 5 を非導通状態とする。

30

【 0 0 9 5 】

また、入力端子 2 2 に印加された電圧が入力端子 2 1 に印加された電圧より高い場合は、太陽電池モジュール 1 1 が非発電状態であるから、出力端子 2 3 からレベル H（スイッチング素子 1 6 をオンにするレベル）の信号をスイッチング素子 1 6 の制御端子 1 7 へ出力してスイッチング素子 1 6 をオン（閉）の状態とし、バイパス電流経路 1 5 を導通状態とする。

【 0 0 9 6 】

上述したとおり、太陽電池モジュール 1 1 から入力端子 2 2 に印加された電圧が入力端子 2 1 に印加された電圧より高い場合は、太陽電池モジュール 1 1 での発電が行われず、太陽電池モジュール 1 1 は発電状態の太陽電池として作用せず抵抗体として作用することから、ホットスポット現象を生じる虞があるので、バイパス電流経路 1 5 を導通させてモジュール群電流 I_g をバイパス電流経路 1 5 にバイパスさせる。なお、非発電状態でのバイパス電流経路 1 5 の作用については、図 2 A でさらに詳細を説明する。

40

【 0 0 9 7 】

図 1 B は、図 1 A に示した太陽光発電システム 1 での太陽電池モジュール 1 1、太陽電池セル 1 2 の等価回路を示す等価回路図である。

【 0 0 9 8 】

基本的な構成は、図 1 A と同様であるので、主に異なる事項について説明する。

【 0 0 9 9 】

50

太陽電池セル 1 2 は、照射光としての太陽光 L_s が照射されている場合、太陽光 L_s を光電変換して光発電する光電変換電流源 I_{ph} を備え、その他の回路要素としてダイオード D_i 、リーク電流に起因する並列抵抗 R_{sh} 、接続部の抵抗に起因する直列抵抗 R_s を備える。

【 0 1 0 0 】

それぞれの太陽電池セル 1 2 は、同様な太陽光 L_s が照射されている場合、太陽光 L_s の照射を受けて同様な光電変換（光発電）を行う。したがって、それぞれの太陽電池セル 1 2 は、光電変換電流源 I_{ph} が機能して発電電流 I_c （モジュール群電流 I_g ）、発電電圧 V_c を出力する。

【 0 1 0 1 】

略均等に太陽光 L_s が照射される通常の状態では、それぞれの太陽電池セル 1 2 は、同様に動作することから、太陽電池モジュール 1 1 全体で出力電圧 V_m 、モジュール群電流 I_g を出力する。太陽電池セル 1 2 が n 個直列に接続されている場合は、発電電圧 $V_{cn} =$ 出力電圧 V_m となる。

【 0 1 0 2 】

図 2 A は、図 1 A に示した太陽光発電システム 1 でバイパス電流経路 1 5 s を導通させて機能させたときの概略ブロック構成を示すブロック図である。

【 0 1 0 3 】

基本的な構成は、図 1 A と同様であるので、主に異なる事項について説明する。

【 0 1 0 4 】

太陽光 L_s は、影などの発生によって遮光された状態の太陽光 L_{ss} （太陽電池モジュール 1 1 s に対応した状態を示す。）となることがある。太陽光 L_{ss} は、太陽光 L_s に比較して遮光された状態を示すために太陽電池モジュール 1 1 s の外側でのみ図示されている。以下では、例えば太陽電池モジュール 1 1 s（太陽電池セル 1 2 s）が遮光されて発電しない状態となった場合について説明する。

【 0 1 0 5 】

遮光された太陽電池モジュール 1 1 s（太陽電池セル 1 2 s）は、光電変換ができないことから太陽電池として発電しない。太陽電池として発電（機能）しない状態を示すために、図 2 A では、太陽電池モジュール 1 1 s（太陽電池セル 1 2 s）は、破線で示されている。

【 0 1 0 6 】

通常の状態では、太陽電池モジュール 1 1 s のプラス側端子であるモジュール端子 1 3 s とマイナス側端子であるモジュール端子 1 3 t との間に出力電圧 V_{ms} が生じる。つまり、通常の状態では、モジュール端子 1 3 s の電位がモジュール端子 1 3 t の電位より高い状態となる。

【 0 1 0 7 】

しかし、遮光されて発電できない状態では、太陽電池モジュール 1 1 s は直列抵抗 R_s 、並列抵抗 R_{sh} を含む受動回路となる（図 1 B、図 2 B 参照）。つまり、直列に接続されている他の太陽電池モジュール 1 1（ここでは、太陽電池モジュール 1 1 f）の発電によって流れるモジュール群電流 I_g が流れると太陽電池モジュール 1 1 s は抵抗負荷として作用し、モジュール端子 1 3 s の電位に対してモジュール端子 1 3 t の電位が高くなり、モジュール端子 1 3 s とモジュール端子 1 3 t との間の電位差が発電状態の場合に対して逆方向になる。また、この状態が継続されるとホットスポット現象を生じる虞がある。

【 0 1 0 8 】

従来技術では、太陽電池モジュール 1 1 s が非発電状態の場合は、モジュール端子 1 3 s とモジュール端子 1 3 t との間に接続されたバイパスダイオードが順方向バイアスとなることからモジュール群電流 I_g を太陽電池モジュール 1 1 s に流さずにバイパスダイオードに流し、非発電状態の影響（例えばホットスポット現象）を防止していた。しかし、バイパスダイオードでの電力消費が生じ、発電効率を低下させることから、本実施の形態では、バイパスダイオードの代わりに電力消費が問題とならないスイッチング素子 1 6 を

10

20

30

40

50

バイパス電流経路 15 に配置している。

【0109】

つまり、モジュール端子 13s とモジュール端子 13t との間の電位差（出力電圧 V_{ms} ）が、通常の発電状態と異なる逆方向となった場合（モジュール端子 13t の電位がモジュール端子 13s の電位に比較して高くなった場合）を制御部 20s で検出する。換言すれば、出力電圧 V_{ms} （図 1A 参照）が予め特定された特定電圧（例えば、出力電圧 $V_{ms} = 0$ ）より小さくなったこと（例えば、通常の発電状態と異なる方向の出力電圧 V_{ms} となったとき）を制御部 20s で検出する。

【0110】

具体的には、制御部 20s は、例えば、2つの入力端子 21s、入力端子 22s を有する比較器で構成され、一方の入力端子 21s がモジュール端子 13s に接続され、他方の入力端子 22s がモジュール端子 13t に接続されていることから、出力電圧 V_{ms} が特定電圧（例えば、出力電圧 $V_{ms} = 0V$ ）より小さくなったことを検出することができる。

10

【0111】

比較器で構成された制御部 20s は、入力端子 21s および入力端子 22s の間に入力された出力電圧 V_{ms} が特定電圧より小さい場合（通常の発電時での電圧に対して例えば逆方向の電圧となった場合）は、スイッチング素子 16s を開（オフ）状態から閉（オン）状態に切り替える信号（電圧）を出力端子 23s からスイッチング素子 16s（制御端子 17s）へ出力し、スイッチング素子 16s をオン（閉）として、バイパス電流経路 15s を導通状態とする。

20

【0112】

導通状態とされたバイパス電流経路 15s（オン状態とされたスイッチング素子 16s）は、モジュール群電流 I_g が流れる電流経路を太陽電池モジュール 11s からバイパス電流経路 15s へ切り替えてバイパスさせるので、モジュール群電流 I_g が太陽電池モジュール 11s に流れることを防止する。

【0113】

つまり、バイパス電流経路 15s は、太陽電池モジュール 11s に並列に接続され太陽電池モジュール 11s の出力電圧 V_{ms} が予め特定された特定電圧（例えば、出力電圧 $V_{ms} = 0V$ を特定電圧とすることができる。）より小さいときに太陽電池モジュール群 10 に流れるモジュール群電流 I_g をバイパスさせる。また、制御部 20s は、出力電圧 V_m （ V_{ms} ）が特定電圧より小さくなったとき、出力電圧 V_m （ V_{ms} ）が特定電圧より小さいことを検出し、スイッチング素子 16s を開（オフ）から閉（オン）に切り替えてバイパス電流経路 15s を導通させる構成とされている。制御部 20s として適用される比較器の動作は一般的な比較器と同様であるので詳細な説明は省略する。

30

【0114】

なお、特定電圧として出力電圧 $V_{ms} = 0V$ とした場合を例示したが、これに限らず適宜の電圧値を設定することができる。

【0115】

また、スイッチング素子 16s として MOS 電界効果トランジスタを適用した場合、スイッチング素子 16（MOS 電界効果トランジスタ）をオン（導通状態）とするためには、モジュール端子 13s（ソース）に比較して MOS 電界効果トランジスタの閾値（例えば 2V）より高い電圧を出力端子 23s から出力して制御端子 17s（ゲート）に印加すれば良い。また、スイッチング素子 16（MOS 電界効果トランジスタ）をオフ（非導通状態）とするためには、モジュール端子 13s（ソース）に比較して MOS 電界効果トランジスタの閾値（例えば 2V）より低い電圧を出力端子 23s から出力して制御端子 17s（ゲート）に印加すれば良い。

40

【0116】

図 2B は、図 2A に示した太陽光発電システム 1 での太陽電池モジュール 11s、太陽電池セル 12s の等価回路を示す等価回路図である。

50

【0117】

基本的な構成は、図1B、図2Aと同様であるので、主に異なる事項について説明する。

【0118】

太陽電池セル12sは、照射光としての太陽光L_sが照射されずに遮光された太陽光L_{ss}となっている。したがって、太陽光L_{ss}は、太陽電池モジュール11sに照射されず、太陽電池セル12sは、光電変換電流源I_{ph}が発生しない。図2Bでは、光電変換電流源I_{ph}が機能しない状態を破線で示している。

【0119】

つまり、非発電状態の太陽電池セル12sは、光電変換電流源I_{ph}が動作しないことから、ダイオードD_i、ダイオードD_iと並列に配置された並列抵抗R_{sh}、並列抵抗R_{sh}と直列に配置された直列抵抗R_sを備える状態となっている。この状態では、太陽電池セル12sの等価回路は、抵抗回路（直列抵抗R_sおよび並列抵抗R_{sh}の直列抵抗回路）で構成され、通常の発電状態で得られる発電電圧V_cは得られない。図2Bでは、通常の発電電圧V_cが得られないことを破線で示す。

10

【0120】

非発電状態の太陽電池セル12sは、発電電圧V_cを生じない。したがって、複数の太陽電池セル12sが直列に接続された太陽電池モジュール11sは、出力電圧V_{ms}を生じない。図2Bでは、太陽電池セル12sでの発電電圧V_cが得られないことから太陽電池モジュール11sでの出力電圧V_{ms}が得られないことを破線で示す。

20

【0121】

太陽電池モジュール11sが非発電状態となった場合、バイパス電流経路15sが導通されていない状態では、太陽電池セル12sには、直列接続された他の太陽電池モジュール11（ここでは太陽電池モジュール11f）によって発電されたモジュール群電流I_gが流れる。

【0122】

したがって、太陽電池モジュール11sは、抵抗（直列抵抗R_s、並列抵抗R_{sh}）に流れるモジュール群電流I_gによって電圧降下を生じる。太陽電池セル12sは多数接続されているので、太陽電池モジュール11sでの電圧降下は太陽電池セル12sでの電圧降下に比較して無視できない大きな値となる。

30

【0123】

モジュール群電流I_gによる抵抗（直列抵抗R_s、並列抵抗R_{sh}）での電圧降下が生じることから、モジュール端子13tとモジュール端子13sとの間の電圧の関係は、モジュール端子13sに比較してモジュール端子13tの方が高い電圧となる。

【0124】

つまり、太陽電池モジュール11sが非発電状態となったとき、他の太陽電池モジュール11によってモジュール群電流I_gが流れることから、モジュール端子13sとモジュール端子13tとの間での電位差が反転する。すなわち、通常の発電状態では、モジュール端子13sの電位がモジュール端子13tの電位より高い電位となるのに対し、非発電状態では、モジュール端子13sの電位がモジュール端子13tの電位より低くなる。

40

【0125】

発電状態の場合は、モジュール端子13sとモジュール端子13tとの間の電位差は、出力電圧V_{ms}となるが、非発電状態の場合は、抵抗による電圧降下となる。説明の便宜上、非発電状態であってもモジュール端子13sとモジュール端子13tとの間の電位差を出力電圧V_{ms}とする。換言すれば、太陽電池モジュール11sが非発電状態となったとき、出力電圧V_{ms}（モジュール端子13sとモジュール端子13tとの間の電位差）は、予め特定された特定電圧（例えば、出力電圧V_{ms} = 0V）より小さくなる。

【0126】

発電状態から非発電状態への変動によってモジュール端子13sとモジュール端子13tとの間での電位差が変化したとき（例えば、出力電圧V_{ms}が発電状態の電圧から非発

50

電状態を示す 0 V となったとき)、制御部 20 s (比較器) は、入力端子 21 s および入力端子 22 s の間での入力の変動を検出する。制御部 20 s は、入力端子 21 s および入力端子 22 s での入力の変動を検出したとき、出力端子 23 s から出力していた信号を変換する。

【0127】

つまり、発電状態のときの制御部 20 s は、スイッチング素子 16 s (MOS 電界効果トランジスタ) をオフ (開) とする信号を出力端子 23 s から出力して制御端子 17 s (ゲート) へ印加する。また、非発電状態のときの制御部 20 s は、スイッチング素子 16 s (MOS 電界効果トランジスタ) をオン (閉) とする信号 (電圧) を出力端子 23 s から制御端子 17 s (ゲート) へ印加する。

10

【0128】

したがって、制御部 20 s は、太陽電池モジュール 11 s が発電状態から非発電状態へ移行したとき、スイッチング素子 16 s を非導通状態から導通状態へ切り替え、バイパス電流経路 15 s を非導通状態から導通状態へ切り替えてモジュール群電流 I_g をバイパスさせる。

【0129】

制御部 20 s (出力端子 23 s) によってスイッチング素子 16 s が切り替えられた後は、モジュール群電流 I_g は、バイパス電流経路 15 s を流れ、太陽電池モジュール 11 s には流れない。図 2 B では、太陽電池モジュール 11 s にモジュール群電流 I_g が流れなくなった状態を破線で示す。

20

【0130】

モジュール群電流 I_g は、バイパス経路として構成されたバイパス電流経路 15 s を流れるので、太陽電池モジュール 11 s は、太陽電池モジュール群 10 から実質的に分離された状態となり、モジュール群電流 I_g が流れることはない。また、スイッチング素子 16 s は、等価的には単純なスイッチで置き換えられることから、電力消費は生じない (図 3 A ないし図 3 C 参照)。したがって、ホットスポット現象が生じる虞はなく、バイパスダイオードと同様に作用し、バイパスダイオードで問題となった電力消費を防止することができる。

【0131】

なお、制御部 20 s が検出する出力電圧 V_{ms} の変動の閾値は、制御部 20 s の回路定数を適宜設定して入力端子 21 s、入力端子 22 s での検出レベルを変更することで調整できる。つまり、出力電圧 V_{ms} がそれまでの発電電圧から、出力電圧 $V_{ms} = 0$ V と変動した場合に出力端子 23 s から出力される信号を切り替えることとして説明したが、素子定数を更に厳密に検討して更に適切な値とすることが可能である。

30

【0132】

上記説明では、太陽電池モジュール 11 s が発電状態から非発電状態へ変動した場合にバイパス電流経路 15 s が非導通状態から導通状態へ切り替えられる場合について説明したが、太陽電池モジュール 11 s が非発電状態から発電状態へ変動した場合にバイパス電流経路 15 s を導通状態から非導通状態へ戻す場合についても同様に制御することができる。つまり、制御部 20 s は、出力電圧 V_{ms} が通常の実発電状態の電圧になったこと (例えば、出力電圧 V_{ms} が正方向の電圧となったこと) を検出したとき、バイパス電流経路 15 s を導通状態から非導通状態へ戻すことが可能である。

40

【0133】

図 2 A、図 2 B では、太陽電池モジュール 11 s が非発電状態の場合におけるバイパス電流経路 15 s、スイッチング素子 16 s、制御部 20 s の動作状態について説明したが、太陽電池モジュール 11 f が非発電状態の場合におけるバイパス電流経路 15 f、スイッチング素子 16 f、制御部 20 f の動作も同様であるので説明は省略する。

【0134】

図 3 A は、図 1 A に示した太陽光発電システム 1 でのスイッチング素子 16 の具体例である MIS 電界効果トランジスタの回路記号を示す回路記号図である。

50

【 0 1 3 5 】

図 3 B は、図 3 A に示した M I S 電界効果トランジスタのオフ状態（開状態）を等価的なスイッチ記号で示す等価回路図である。

【 0 1 3 6 】

図 3 C は、図 3 A に示した M I S 電界効果トランジスタのオン状態（閉状態）を等価的なスイッチ記号で示す等価回路図である。

【 0 1 3 7 】

スイッチング素子 1 6 を M O S 電界効果トランジスタ（M I S 電界効果トランジスタ）で構成した場合、M O S 電界効果トランジスタのソース、ドレインはバイパス電流経路 1 5 に接続され、ゲートは出力端子 2 3 に接続される。

10

【 0 1 3 8 】

M O S 電界効果トランジスタのオフ状態（図 3 B）では、バイパス電流経路 1 5 は、切断された状態、つまり開状態となり、モジュール群電流 I_g は流れない。また、M O S 電界効果トランジスタのオン状態（図 3 C）では、バイパス電流経路 1 5 は、導通された状態、つまり閉状態となり、モジュール群電流 I_g が流れる。

【 0 1 3 9 】

したがって、M O S 電界効果トランジスタをオン状態とすることによって、バイパス電流経路 1 5 を導通させてモジュール群電流 I_g をバイパスさせることができる。

【 0 1 4 0 】

なお、モジュール群電流 I_g が例えば、8 . 4 A（アンペア）のとき、使用する M O S 電界効果トランジスタの特性にもよるが、本実施の形態で用いた M O S 電界効果トランジスタでの電圧降下は、例えば、0 . 1 V（ボルト）程度であり、消費電力は、0 W に限りなく近づけることが可能となり、実質的に電圧降下（電力消費）が生じないスイッチとなる。

20

【 0 1 4 1 】

図 4 は、図 1 A に示した太陽光発電システム 1 での発電特性、バイパス電流経路 1 5 の作用を説明する電力特性図である。

【 0 1 4 2 】

横軸を電圧（V）、縦軸を電流（A）として太陽光発電システム 1 での発電特性を示す。つまり、横軸は出力電圧 V_m に相当し、縦軸はモジュール群電流 I_g に相当する。

30

【 0 1 4 3 】

太陽光 L_s の照射状態が等しく、太陽電池モジュール 1 1 f および太陽電池モジュール 1 1 s での発電状態が等しい場合を想定すると、太陽電池モジュール 1 1 f の電力特性曲線 $P C f$ 、太陽電池モジュール 1 1 s の電力特性曲線 $P C s$ は、同様な等しい曲線として得られる。

【 0 1 4 4 】

太陽光発電システム 1 は、太陽電池モジュール 1 1 f および太陽電池モジュール 1 1 s を直列に接続して構成されているから、全体として得られる電力（太陽光発電システム 1 の電力）は、モジュール群電流 I_g 一定で、出力電圧 V_m （出力電圧 $V_m f$ 、出力電圧 $V_m s$ ）を加算した出力電圧 V_g となり、電力特性曲線 $P C t$ （電力特性曲線 $P C f$ + 電力特性曲線 $P C s$ ）で表わされる。

40

【 0 1 4 5 】

最大電力（最大電力点）を矩形電力面積で示すと、太陽電池モジュール 1 1 f については、矩形電力面積 $R A f$ 、太陽電池モジュール 1 1 s については、矩形電力面積 $R A s$ として示される。矩形電力面積 $R A f$ および矩形電力面積 $R A s$ は、同一の発電状態であるから、同一の面積を有する矩形電力面積 $R A f$ 、矩形電力面積 $R A s$ となる。したがって、太陽電池モジュール群 1 0 の矩形電力面積は、太陽電池モジュール 1 1 f の矩形電力面積 $R A f$ および太陽電池モジュール 1 1 s の矩形電力面積 $R A s$ を加算した面積（矩形電力面積 $R A t$ ）となる。

【 0 1 4 6 】

50

なお、矩形電力面積 $R A f$ 、矩形電力面積 $R A s$ は、最大電力（最大電力点）での出力電圧 $V m$ が約 $13.5 V$ であり、最大電力でのモジュール群電流 $I g$ が約 $8.4 A$ であるから、それぞれで得られる電力（最大電力）は、約 $113.4 W$ となる。

【0147】

太陽光発電システム 1 において、DC / DC コンバータ 30 の電力変換効率を 100% と仮定すると、DC / DC コンバータ 30 の出力（出力電力）は、DC / DC コンバータ 30 への入力（入力電力）と等しい。

【0148】

DC / DC コンバータ 30 の出力電圧 $V s$ が太陽電池モジュール 11 の出力電圧 $V m$ （約 $13.5 V$ ）に調整されたとした場合、DC / DC コンバータ 30 の出力電力としての矩形電力面積 $R A t$ を電流方向に置き換えることができる。つまり、矩形電力面積 $R A t$ は、矩形電力面積 $R A f$ および矩形電力面積 $R A s$ を電流方向で積み重ねた状態での矩形電力面積 $R A t c$ （縦軸方向。電圧を出力電圧 $V m = 13.5 V$ に調整して電流を倍にした状態）となる。

10

【0149】

矩形電力面積 $R A t c$ （DC / DC コンバータ 30 の出力電力）は、約 $226.8 W$ （ $113.4 W$ を 2 倍）となる。

【0150】

矩形電力面積 $R A t c$ （DC / DC コンバータ 30 の出力電力）は、出力電圧 $V m$ を約 $13.5 V$ として縦軸方向（電流方向）に変換したことから、置き換えられた電流は、電力（約 $226.8 W$ ）と電圧 $13.5 V$ とから逆算して約 $16.8 A$ （約 $8.4 A \times 2$ ）となる。

20

【0151】

バイパス電流経路 15 に従来のバイパスダイオードを適用した場合について、太陽電池モジュール 11 s が非発電状態となって太陽電池モジュール 11 s に対してバイパスダイオードが動作し、太陽電池モジュール 11 f のみが発電状態となったときを想定する。このとき、太陽電池モジュール 11 f のみによる発電であるから、モジュール群電流 $I g$ は、約 $8.4 A$ となる。このときのバイパスダイオードでの消費電力は次のように求められる。

【0152】

一般的に、バイパスダイオードとしては順方向電圧の低いショットキーダイオードが適用される。ショットキーダイオードの順方向電圧は、通常、約 $0.45 V \sim 0.65 V$ である。順方向電圧を約 $0.55 V$ としたとき、ショットキーダイオードには、モジュール群電流 $I g = 8.4 A$ が流れ、ショットキーダイオードでの消費電力は、約 $8.4 A \times 0.55 V = 4.6 W$ となる。

30

【0153】

太陽電池モジュール 11 s が非発電状態の場合、太陽光発電システム 1 全体での出力電力は、約 $113.4 W$ （太陽電池モジュール 11 f のみの出力）であるから、ショットキーダイオードの消費電力の割合は、 $4.6 W / 113.4 W = 0.04$ （ 4% ）となる。つまり、バイパスダイオードでの消費電力は 4% と大きく、また絶対値としても無視できない大きい値である。

40

【0154】

また、ショットキーダイオードでの消費電力（約 $4.6 W$ ）は、太陽電池モジュール 11 f の発電電力に対する損失となる。消費電力 $4.6 W$ を矩形電力面積 $R A f$ （矩形電力面積 $R A s$ ）に重ねると矩形電力面積 $R A b p d$ （ $4.6 W / 13.5 V = 0.34 A$ 。つまり、矩形電力面積 $R A f$ の上端の値である $8.4 A$ から $0.34 A$ を引いた $8.06 A$ と $8.4 A$ との間の面積と等しい値。）として示される。

【0155】

バイパスダイオードでの電力消費は、太陽電池モジュール 11 の規模が大きくなるほど大きくなり、無視できなくなる。また、損失に対する放熱設計、実際の放熱部材の採用な

50

どが必要になる。また、放熱設計をしたとしても、熱の発生は回避できない。太陽電池セル12の発電効率は、温度の上昇に伴って低下することが知られており、熱の発生に伴って太陽電池セル12の発電効率が低下する。したがって、バイパスダイオードの採用は不要な電力消費を生じることからマイナス要因ともなっている。

【0156】

本実施の形態に係る太陽光発電システム1では、バイパスダイオードの代わりに制御部20によって制御されるスイッチング素子16を適用することから、バイパス電流経路15(スイッチング素子16)での電力消費を大幅に低減することができる。特に、スイッチング素子16としてMIS電界効果トランジスタ(MOS電界効果トランジスタ)を適用することによって、スイッチング素子16での消費電力をほとんど解消し、更に大きな効果を奏することができる。

10

【0157】

MOS電界効果トランジスタを適用したときのMOS電界効果トランジスタでの電力消費は、具体的には、例えば0.84W(例えば8.4A×0.1V)であり、バイパスダイオードでの電力消費(4.6W)に比較して大幅(1/5.5)に消費電力を抑制している。

【0158】

図1Aないし図4を用いて説明したとおり、本実施の形態に係る太陽光発電システム1は、複数の太陽電池セル12を直列に接続した太陽電池モジュール11が複数直列に接続された太陽電池モジュール群10と、それぞれの太陽電池モジュール11に並列に接続され太陽電池モジュール11の出力電圧が予め特定された特定電圧より小さいときに太陽電池モジュール群10に流れるモジュール群電流 I_g をバイパスさせるバイパス電流経路15と、太陽電池モジュール群10から出力された電力を直流-直流変換するDC/DCコンバータ30とを備えた太陽光発電システム1であって、それぞれのバイパス電流経路15に配置されてバイパス電流経路15の導通および非導通を切り替えるスイッチング素子16と、スイッチング素子16のそれぞれに対応して配置されスイッチング素子16の開閉を制御する制御部20とを備え、制御部20は、太陽電池モジュール11の出力電圧が特定電圧より小さくなったとき、スイッチング素子16を開から閉に切り替えてバイパス電流経路15を導通させる構成とされていることを特徴とする。

20

【0159】

したがって、本実施の形態に係る太陽光発電システム1は、太陽電池モジュール11が例えば太陽光 L_s の遮断などによって発電しない非発電状態となったとき、発電しない太陽電池モジュール11と並列に配置されたバイパス電流経路15を導通状態(短絡状態)として太陽電池モジュール群10に流れるモジュール群電流 I_g をバイパスさせるので、バイパスダイオード(従来技術)を適用せずに非発電状態の太陽電池モジュール11へのモジュール群電流 I_g の流入を防止して太陽電池モジュール11(太陽電池セル12)でのホットスポットの発生を防止することができ、また、バイパスダイオードを適用したときに生じる電力消費を抑制することができる。つまり、太陽光発電システム1(太陽電池モジュール11、太陽電池セル12)でのホットスポット現象の発生を防止して信頼性を向上し、また、太陽光発電システム1(太陽電池モジュール11、太陽電池セル12)の寿命を延ばし、発電効率を向上させることができる。

30

40

【0160】

また、本実施の形態に係る太陽光発電システム1では、制御部20(制御部20f、制御部20s)は、太陽電池モジュール11(太陽電池モジュール11f、太陽電池モジュール11s)に接続されて出力電圧 V_m (出力電圧 V_{mf} 、出力電圧 V_{ms})が入力される入力端子(入力端子21および入力端子22。例えば、太陽電池モジュール11fに対する入力端子21fおよび入力端子22f。太陽電池モジュール11sに対する入力端子21sおよび入力端子22s。)と、スイッチング素子16(スイッチング素子16f、スイッチング素子16s)の制御端子17(スイッチング素子16fについて制御端子17f、スイッチング素子16sについて制御端子17s)に接続されスイッチング素子1

50

6の開閉を制御する出力端子23(制御端子17fに対する出力端子23f。制御端子17sに対する出力端子23s)とを備える比較器で構成されていることを特徴とする。

【0161】

したがって、本実施の形態に係る太陽光発電システム1は、太陽電池モジュール11の非発電状態を高精度に、かつ迅速に検出してスイッチング素子16の開閉(オンオフ)を制御するので、太陽電池モジュール11でのホットスポット現象の発生を確実に防止することができる。

【0162】

また、本実施の形態に係る太陽光発電システム1では、制御部20の電源は、DC/DCコンバータ30から供給されることを特徴とする。したがって、本実施の形態に係る太陽光発電システム1は、制御部20の電源を安定化させ、また、太陽光発電システム1のバイパス電流経路15(制御部20)の制御を高精度にすることができる。

10

【0163】

また、本実施の形態に係る太陽光発電システム1では、スイッチング素子16は、MIS電界効果トランジスタであることを特徴とする。したがって、本実施の形態に係る太陽光発電システム1は、スイッチング素子16を抵抗が小さいMIS電界効果トランジスタ(一般的には、MOS電界効果トランジスタ)で構成するので、バイパス電流経路15(スイッチング素子16)で生じる消費電力を低減し、バイパス電流経路15での電力ロスを抑制して全体としての発電効率を向上させることができる。また、バイパス電流経路15(スイッチング素子16)で生じる消費電力を低減することから、消費電力に伴う発熱が抑制されるのでバイパスダイオードを適用したときにバイパス電流経路15で必要であって放熱手段を不要とすることができる。

20

【0164】

以上、主として太陽光発電システム1について説明したが、バイパス電流経路15(電流経路)、スイッチング素子16、制御部20を太陽光発電システム1から抽出して本実施の形態(本発明)に係るスイッチングシステム14として説明する。

【0165】

以下、スイッチングシステム14について、上述した太陽光発電システム1との関係を適用して説明するが、本実施の形態に係るスイッチングシステム14は、太陽光発電システム1に適用される場合に限るものではなく、一般的な電流経路でのスイッチングが要請される他の場合についても適用できる。

30

【0166】

以下に説明するとおり、本実施の形態に係るスイッチングシステム14は、太陽電池モジュール11(太陽電池モジュール11f、太陽電池モジュール11s)に対応させて2個配置されている。太陽電池モジュール11fに対応する場合、太陽電池モジュール11sに対応する場合、いずれについても構成は全く同一であるので特に区別することなく単にスイッチングシステム14として説明する。

【0167】

本実施の形態に係るスイッチングシステム14は、電流経路(例えばバイパス電流経路15を例示できる。また、バイパス電流経路15f、バイパス電流経路15sも同様に例示できる。)に配置されて電流経路(バイパス電流経路15)の導通および非導通を切り替えるスイッチング素子16(バイパス電流経路15fの場合は、スイッチング素子16f。バイパス電流経路15sの場合は、スイッチング素子16s)と、スイッチング素子16の開閉を制御する制御部20とを備えるスイッチングシステム14である。

40

【0168】

また、本実施の形態に係るスイッチングシステム14では、制御部20は、電流経路(バイパス電流経路15)の両端間(バイパス電流経路15fの場合は、モジュール端子13fおよびモジュール端子13sの間。バイパス電流経路15sの場合は、モジュール端子13sおよびモジュール端子13tの間)の電圧(太陽光発電システムの場合の出力電圧Vmに相当。バイパス電流経路15fの場合は、出力電圧Vm fに相当。バイパス電流

50

経路 15 s の場合は、出力電圧 V_{ms} に相当) に基づいてスイッチング素子 16 の開閉を制御する構成とされている。

【0169】

したがって、本実施の形態に係るスイッチングシステム 14 は、電流経路 (例えばバイパス電流経路 15) の両端間の電圧 (電位差) に応じてスイッチング素子 16 の開閉を制御することから、電流経路の両端での電位の相関状態に応じて電流経路の導通、非導通を切り替えることができるので、電流経路を短絡 (閉路) あるいは開放 (開路) することで必要に応じて機能させることができ、また、スイッチング素子 16 を適用することから電流経路を導通させたときの消費電力を抑制することができる。

【0170】

本実施の形態に係るスイッチングシステム 14 では、制御部 20 は、第 1 入力端子 (入力端子 21)、第 2 入力端子 (入力端子 22)、および出力端子 23 を備えた比較器であり、第 1 入力端子 (入力端子 21) は、電流経路の第 1 端子 (電流経路を例えばバイパス電流経路 15 f としたときは、モジュール端子 13 f。電流経路を例えばバイパス電流経路 15 s としたときは、モジュール端子 13 s) に接続され、第 2 入力端子 (入力端子 22) は、電流経路の第 2 端子 (電流経路を例えばバイパス電流経路 15 f としたときは、モジュール端子 13 s。電流経路を例えばバイパス電流経路 15 s としたときは、モジュール端子 13 t) に接続され、出力端子 (出力端子 23) は、スイッチング素子 16 の制御端子 (制御端子 17) に接続されている。

【0171】

したがって、本実施の形態に係るスイッチングシステム 14 は、制御部 20 を比較器で構成することから、電流経路 (バイパス電流経路 15) の両端 (バイパス電流経路 15 f でのモジュール端子 13 f およびモジュール端子 13 s。バイパス電流経路 15 s でのモジュール端子 13 s およびモジュール端子 13 t) での電位状況を高精度に比較でき、高精度にスイッチング素子 16 の開閉を制御することができる。

【0172】

本実施の形態に係るスイッチングシステム 14 では、スイッチング素子 16 は、MIS 電界効果トランジスタ (具体的には、例えば MOS 電界効果トランジスタ) であり、MIS 電界効果トランジスタのソースは第 1 端子 (バイパス電流経路 15 f の場合は、モジュール端子 13 f。バイパス電流経路 15 s の場合は、モジュール端子 13 s) に接続され、MIS 電界効果トランジスタのドレインは第 2 端子 (バイパス電流経路 15 f の場合は、モジュール端子 13 s。バイパス電流経路 15 s の場合は、モジュール端子 13 t) に接続され、MIS 電界効果トランジスタのゲートは制御端子 (制御端子 17。スイッチング素子 16 f の場合は、制御端子 17 f。スイッチング素子 16 s の場合は、制御端子 17 s) として出力端子 (出力端子 23) に接続されている。

【0173】

したがって、本実施の形態に係るスイッチングシステム 14 は、スイッチング素子 16 として MIS 電界効果トランジスタを適用するので、スイッチング素子 16 が導通したとき (電流経路が導通状態のとき) の電力消費を抑制して不要な消費電力の発生を防止し、効率の良いスイッチングシステムとなる。

【0174】

本実施の形態に係るスイッチングシステム 14 では、制御部 20 は、外部に配置された外部電源 (例えば、DC/DC コンバータ 30) から電源電力を供給される。

【0175】

したがって、本実施の形態に係るスイッチングシステム 14 は、外部からの電源電力によって動作することから、安定した動作を実現することができる。

【0176】

本実施の形態に係るスイッチングシステム 14 では、外部電源は、太陽電池モジュール (太陽電池モジュール 11) の出力を DC/DC 変換する DC/DC コンバータ (DC/DC コンバータ 30) の出力である。

10

20

30

40

50

【0177】

したがって、本実施の形態に係るスイッチングシステム14は、太陽電池モジュール(太陽電池モジュール11)の出力を調整するDC/DCコンバータ(DC/DCコンバータ30)の出力を利用することから、太陽電池モジュールが備える制御系への適用が可能となり、太陽電池モジュールのバイパス回路を構成するバイパスダイオードをスイッチング素子16に置き換えてバイパスダイオードで問題とされる消費電力の発生を抑制することができる。

【0178】

なお、スイッチング素子16、制御部20は、共通のプリント基板(不図示)へ実装して太陽電池モジュール11の端子ボックス(不図示)などに実装することが可能である。

10

【0179】

<実施の形態2>

以下、本発明の実施の形態2に係る太陽光発電システム、スイッチングシステム、およびバイパス装置について、図6Aないし図7Cを参照して説明する。なお、本実施の形態に係る太陽光発電システム、スイッチングシステムの基本的な構成は、先に説明した実施の形態1(図1Aないし図4)と同様であるので、符号を援用し、主に異なる事項について説明する。

【0180】

図6Aは、本発明の実施の形態2に係る太陽光発電システム1の概略ブロック構成を示すブロック図である。

20

【0181】

なお、スイッチングシステム14の構成要素は、太陽光発電システム1の一部の構成要素として含まれる。例えば、バイパス電流経路15、スイッチング素子16、制御部26がスイッチングシステム14を構成する。太陽電池モジュール11fに対して制御部26f、太陽電池モジュール11sに対して制御部26sが配置されている。以下、制御部26fと制御部26sとを特に区別する必要が無い場合は、単に制御部26とすることがある。

【0182】

なお、スイッチング素子16は、実施の形態1と同様MOS電界効果トランジスタ(エンハンス型nチャンネル)で構成されている。

30

【0183】

実施の形態1では、制御部20は、比較器で構成されたが、本実施の形態に係る制御部26は、ダイオードDs、抵抗R1、抵抗R2(以下、抵抗R1、抵抗R2を特に区別する必要が無い場合は、単に抵抗Rとすることがある。)の直列回路で構成されている。

【0184】

本実施の形態に係る太陽光発電システム1は、太陽光Lsを光電変換によって電気(電力)に変換する太陽電池セル12が複数直列に接続されて構成された太陽電池モジュール11を備える。太陽電池モジュール11は、さらに複数(例えば、太陽電池モジュール11fおよび太陽電池モジュール11s)直列に接続されて太陽電池モジュール群10を構成している。太陽電池モジュール群10は、さらに多くの太陽電池モジュール11を接続して構成することも可能であるが、説明の便宜上、2個の太陽電池モジュール11(太陽電池モジュール11fおよび太陽電池モジュール11s)が接続された場合について説明する。

40

【0185】

太陽光Lsが照射された太陽電池モジュール11は、それぞれ光電変換によって出力電圧Vm(太陽電池モジュール11fの出力電圧Vmを出力電圧Vmf、太陽電池モジュール11sの出力電圧Vmを出力電圧Vmsとする。出力電圧Vmfおよび出力電圧Vmsを区別する必要がない場合は、単に出力電圧Vmとすることがある。)を発電し、太陽電池モジュール11の直列接続によって加算された電圧が太陽電池モジュール群10の出力電圧VgとしてDC/DCコンバータ30の入力端31へ入力される。

50

【 0 1 8 6 】

なお、直列接続された各太陽電池セル 1 2 には、共通のモジュール群電流 I_g が流れる。したがって、太陽電池モジュール群 1 0 は、太陽電池モジュール 1 1 f および太陽電池モジュール 1 1 s を電流経路としてモジュール群電流 I_g を DC / DC コンバータ 3 0 の入力端 3 1 へ供給する。

【 0 1 8 7 】

太陽光発電システム 1 は、太陽電池モジュール 1 1 と並列に接続されたバイパス電流経路 1 5、バイパス電流経路 1 5 に挿入されてバイパス電流経路 1 5 の導通 / 非導通を切り替えるスイッチング素子 1 6、スイッチング素子 1 6 の開閉 (オンオフ。例えば、オン状態は閉状態に対応し、オフ状態は開状態に対応する。) を制御する制御部 2 6 を備える。

10

【 0 1 8 8 】

バイパス電流経路 1 5 は、太陽電池モジュール 1 1 に対応させて接続されることから、太陽電池モジュール 1 1 と同様に 2 つ (太陽電池モジュール 1 1 f に対応させたバイパス電流経路 1 5 f、太陽電池モジュール 1 1 s に対応させたバイパス電流経路 1 5 s) 配置されている。以下、バイパス電流経路 1 5 f とバイパス電流経路 1 5 s とを特に区別する必要が無い場合は、単にバイパス電流経路 1 5 とすることがある。

【 0 1 8 9 】

バイパス電流経路 1 5 f は、太陽電池モジュール 1 1 f に対して並列に接続され、バイパス電流経路 1 5 s は、太陽電池モジュール 1 1 s に対して並列に接続されている。つまり、バイパス電流経路 1 5 f は、モジュール端子 1 3 f とモジュール端子 1 3 s との間に接続され、バイパス電流経路 1 5 s は、モジュール端子 1 3 s とモジュール端子 1 3 t との間に接続されている。

20

【 0 1 9 0 】

バイパス電流経路 1 5 f には、スイッチング素子 1 6 f が挿入 (配置) され、バイパス電流経路 1 5 s には、スイッチング素子 1 6 s が挿入 (配置) されている。スイッチング素子 1 6 f およびスイッチング素子 1 6 s を特に区別する必要が無い場合は、単にスイッチング素子 1 6 とすることがある。

【 0 1 9 1 】

また、制御部 2 6 は、太陽電池モジュール 1 1、バイパス電流経路 1 5 に対応させて接続されることから、太陽電池モジュール 1 1 と同様に 2 つ (太陽電池モジュール 1 1 f、バイパス電流経路 1 5 f に対応させた制御部 2 6 f、太陽電池モジュール 1 1 s、バイパス電流経路 1 5 s に対応させた制御部 2 6 s) 配置されている。つまり、制御部 2 6 f は、モジュール端子 1 3 f とモジュール端子 1 3 s との間に接続され、制御部 2 6 s は、モジュール端子 1 3 s とモジュール端子 1 3 t との間に接続されている。以下、制御部 2 6 f と制御部 2 6 s とを特に区別する必要が無い場合は、単に制御部 2 6 とすることがある。

30

【 0 1 9 2 】

制御部 2 6 f、制御部 2 6 s は同一の構成とされている。具体的には、制御部 2 6 f は、ダイオード D_{sf} (ダイオード D_s)、抵抗 R_{1f} (抵抗 R_1)、抵抗 R_{2f} (抵抗 R_2) の直列回路で構成されている。また、制御部 2 6 s は、ダイオード D_{ss} (ダイオード D_s)、抵抗 R_{1s} (抵抗 R_1)、抵抗 R_{2s} (抵抗 R_2) の直列回路で構成されている。

40

【 0 1 9 3 】

以下、ダイオード D_{sf} とダイオード D_{ss} とを特に区別する必要が無い場合は、単にダイオード D_s とすることがある。また、抵抗 R_{1f} と抵抗 R_{1s} とを特に区別する必要が無い場合は、単に抵抗 R_1 とすることがある。また、抵抗 R_{2f} と抵抗 R_{2s} とを特に区別する必要が無い場合は、単に抵抗 R_2 とすることがある。

【 0 1 9 4 】

つまり、制御部 2 6 は、ダイオード D_s 、抵抗 R_1 、抵抗 R_2 の直列回路として構成されている。なお、ダイオード D_s 、抵抗 R_1 、抵抗 R_2 の配置関係 (接続関係) について

50

は、種々の変形例を適用できる。変形例については図 7 A ないし図 7 C で説明する。

【 0 1 9 5 】

ダイオード D_{sf} は、カソード側がモジュール端子 $13f$ へ接続され、アノード側がモジュール端子 $13s$ へ接続されている。ダイオード D_{ss} は、カソード側がモジュール端子 $13s$ へ、アノード側がモジュール端子 $13t$ へ接続されている。ダイオード D_s に対して抵抗 R_1 および抵抗 R_2 が直列に接続されている。抵抗 R_1 および抵抗 R_2 は、直列に接続されていることから、同一の電流が流れ、抵抗（抵抗値）に応じた電圧降下を生じることから、抵抗値を適宜の値に設定することによって、外部から印加される電圧を所望の比率を有する電圧に分圧することができる。

【 0 1 9 6 】

制御部 26 は、分圧された電圧が出力される分圧端子 27 を備える。つまり、抵抗 R_1 と抵抗 R_2 との間には、分圧端子 27（制御部 26 f では分圧端子 27 f、制御部 26 s では分圧端子 27 s）が接続され、抵抗 R_1 および抵抗 R_2 の抵抗値の比率で定まる分圧電圧 V_d を出力する構成とされている。制御部 26 f では、分圧端子 27 f が出力端子とされて分圧電圧 V_{df} が出力され、制御部 26 s では、分圧端子 27 s が出力端子とされて分圧電圧 V_{ds} が出力される。以下、分圧端子 27 f と分圧端子 27 s とを特に区別する必要が無い場合は、単に分圧端子 27 とすることがある。また、分圧電圧 V_{df} と分圧電圧 V_{ds} とを特に区別する必要が無い場合は、単に分圧電圧 V_d とすることがある。

【 0 1 9 7 】

分圧端子 27 は、制御端子 17 へ接続されている。分圧端子 27 f は、制御端子 17 f へ、分圧端子 27 s は、制御端子 17 s へ接続される。したがって、分圧端子 27 f、分圧端子 27 s は、それぞれに出力された電位（分圧電圧 V_d ）によってスイッチング素子 16 を制御することができる。以下、制御端子 17 f と制御端子 17 s とを特に区別する必要が無い場合は、単に制御端子 17 とすることがある。

【 0 1 9 8 】

なお、本実施の形態では、制御部 26 f の分圧端子 27 f に出力される分圧電圧 V_{df} は、太陽電池モジュール 11 f のモジュール端子 $13f$ を基準として設定され、制御部 26 s の分圧端子 27 s に出力される分圧電圧 V_{ds} は、太陽電池モジュール 11 s のモジュール端子 $13s$ を基準として設定される。

【 0 1 9 9 】

また、分圧電圧 V_d は、制御端子 17 に印加される電圧（電位）とスイッチング素子 16 の動作状態を説明するために便宜上規定するものに過ぎず、他方の抵抗（抵抗 R_2 ）側を基準に規定する（太陽電池モジュール 11 f のモジュール端子 $13s$ を基準とし、太陽電池モジュール 11 s のモジュール端子 $13t$ を基準とする）ことも可能である。

【 0 2 0 0 】

太陽電池モジュール 11 f が通常の発電状態の場合、モジュール端子 $13f$ とモジュール端子 $13s$ との間出力電圧 V_{mf} は、モジュール端子 $13s$ に対してモジュール端子 $13f$ がプラスになる。つまり、モジュール端子 $13f$ の電位がモジュール端子 $13s$ の電位より高くなるので、ダイオード D_{sf} は逆バイアスされ、直列回路（制御部 26 f）には電流が流れない。したがって、通常の発電状態では、分圧電圧 V_{df} としては、モジュール端子 $13f$ の電位に対してモジュール端子 $13s$ の電位が出力される。つまり、分圧電圧 V_{df} （分圧端子 27 f の電位）は、モジュール端子 $13f$ の電位に対してマイナスとなる。

【 0 2 0 1 】

上述したとおり、スイッチング素子 16 f は MOS 電界効果トランジスタで構成されており、MOS 電界効果トランジスタのソースは、モジュール端子 $13f$ に接続され、ドレインはモジュール端子 $13s$ に接続され、ゲート（制御端子 17 f）は分圧端子 27 f に接続されている。したがって、通常の発電状態では、ゲートの電位（分圧電圧 V_{df} ：分圧端子 27 f の電位）は、ソースの電位（モジュール端子 $13f$ の電位）に対してマイナスとなり、MOS 電界効果トランジスタすなわちスイッチング素子 16 f は開（オフ）と

10

20

30

40

50

され、バイパス電流経路 15 f は機能しない状態（電流が流れない状態）となる。

【0202】

太陽電池モジュール 11 s が通常の発電状態の場合、モジュール端子 13 s とモジュール端子 13 t との間の出力電圧 V_{ms} は、モジュール端子 13 t に対してモジュール端子 13 s がプラスになる。つまり、モジュール端子 13 s の電位がモジュール端子 13 t の電位より高くなるので、ダイオード D_{ss} は逆バイアスされ、直列回路（制御部 26 s）には電流が流れない。したがって、通常の発電状態では、分圧電圧 V_{ds} としては、モジュール端子 13 s の電位に対してモジュール端子 13 t の電位が出力される。つまり、分圧電圧 V_{ds} （分圧端子 27 s の電位）は、モジュール端子 13 s の電位に対してマイナスとなる。

10

【0203】

スイッチング素子 16 s は MOS 電界効果トランジスタで構成されており、MOS 電界効果トランジスタのソースは、モジュール端子 13 s に接続され、ドレインはモジュール端子 13 t に接続され、ゲート（制御端子 17 s）は分圧端子 27 s に接続されている。したがって、通常の発電状態では、ゲートの電位（分圧電圧 V_{ds} ：分圧端子 27 s の電位）は、ソースの電位（モジュール端子 13 s の電位）に対してマイナスとなり、MOS 電界効果トランジスタすなわちスイッチング素子 16 s は開（オフ）とされ、バイパス電流経路 15 s は機能しない状態（電流が流れない状態）となる。

【0204】

ダイオード D_s （ダイオード D_{sf} 、ダイオード D_{ss} ）の逆方向耐圧は、通常の発電状態の出力電圧 V_m （出力電圧 V_{mf} 、出力電圧 V_{ms} ）を越える値であれば良い。つまり、ダイオード D_s の逆方向耐圧が出力電圧 V_m を越える値であれば、ダイオード D_s は、逆方向の電流を阻止できるので、制御部 26（直列回路）に電流が流れることはない。

20

【0205】

図 6 B は、図 6 A に示した太陽光発電システム 1 でバイパス電流経路 15 s を導通させて機能させたときの概略ブロック構成を示すブロック図である。

【0206】

基本的な構成は、図 6 A と同様であるので、主にバイパス電流経路 15 s、制御部 26 s を動作させるときの態様について説明する。なお、バイパス電流経路 15 f、制御部 26 f は、バイパス電流経路 15 s、制御部 26 s と同様に動作するので、バイパス電流経路 15 f、制御部 26 f が動作する場合の説明は省略する。

30

【0207】

太陽光 L_s は、影などの発生によって遮光された状態の太陽光 L_{ss} （太陽電池モジュール 11 s に対応した状態を示す。）となることがある。太陽光 L_{ss} は、太陽光 L_s に比較して遮光された状態を示すために太陽電池モジュール 11 s の外側でのみ図示されている。以下では、例えば太陽電池モジュール 11 s（太陽電池セル 12 s）が遮光されて発電しない状態となった場合について説明する。

【0208】

遮光された太陽電池モジュール 11 s（太陽電池セル 12 s）は、光電変換ができないことから太陽電池として発電しない。太陽電池として発電（機能）しない状態を示すために、図 6 B では、太陽電池モジュール 11 s（太陽電池セル 12 s）は、破線で示されている。

40

【0209】

通常の発電状態では、上述したとおり、太陽電池モジュール 11 s のプラス側端子であるモジュール端子 13 s とマイナス側端子であるモジュール端子 13 t との間に出力電圧 V_{ms} が生じる。つまり、通常の発電状態では、モジュール端子 13 s の電位がモジュール端子 13 t の電位より高い状態となる。

【0210】

しかし、遮光されて発電できない状態では、太陽電池モジュール 11 s は受動回路となる（図 1 B、図 2 B 参照）。つまり、直列に接続されている他の太陽電池モジュール 11

50

(ここでは、太陽電池モジュール11f)の発電によって流れるモジュール群電流 I_g が流れると太陽電池モジュール11sは抵抗負荷として作用し、モジュール端子13sの電位に対してモジュール端子13tの電位が高くなり、モジュール端子13sとモジュール端子13tとの間の電位差が発電状態の場合に対して逆方向になる。

【0211】

つまり、非発電状態では、モジュール端子13sに比較してモジュール端子13tが高い電位になり、ダイオード D_{ss} は順方向の電流を流す状態となる。したがって、ダイオード D_{ss} 、抵抗 R_{1s} 、抵抗 R_{2s} の直列回路(制御部26s)には、モジュール端子13sとモジュール端子13tとの間の電位差に応じた電流(分流電流 I_{gb})が流れる。

10

【0212】

制御部26s(直列回路)では、分流電流 I_{gb} によって抵抗 R_{1s} 、抵抗 R_{2s} での電圧降下と、ダイオード D_{ss} での順方向電圧降下とが発生し、分圧電圧 V_{ds} が生成される。太陽電池モジュール11sが非発電状態(図6B)の場合の直列回路(制御部26)では、分圧電圧 V_{ds} は、ダイオード D_{ss} の順方向電圧降下と抵抗 R_{1s} での電圧降下で定まる値となる。なお、制御部26fについても同様に分圧電圧 V_{df} を定義することができる。以下、分圧電圧 V_{ds} と分圧電圧 V_{df} とを特に区別する必要がない場合は、単に分圧電圧 V_d とすることができる。

【0213】

分圧電圧 V_{ds} の値がスイッチング素子16sをオン状態(閉状態)とするに十分な値(具体的には、スイッチング素子16s(MOS電界効果トランジスタ)の閾値を越える値)となるように回路設計(素子定数の設定)をすることによって、制御部26sで分圧電圧 V_{ds} を生成する。また、分圧電圧 V_{ds} は、分圧端子27sから制御端子17s(ゲート)へ印加され、スイッチング素子16s(MOS電界効果トランジスタ)をオン(閉)とするので、バイパス電流経路15sが導通状態となる。

20

【0214】

なお、直列回路(制御部26)を構成する抵抗 R_{1s} 、抵抗 R_{2s} 、ダイオード D_{ss} の具体的な数値は適宜設定することができる。

【0215】

例えば、分流電流 I_{gb} が20mA流れたときに分圧電圧 V_{ds} がMOS電界効果トランジスタ(スイッチング素子16)の閾値となってスイッチング素子16がオンとなるように設定する場合、MOS電界効果トランジスタの閾値を例えば2Vとし、簡単のためダイオード D_{ss} の順方向電圧を無視して計算すると抵抗 R_{1s} に要求される抵抗値は $2V / 20mA = 100$ となる。なお、簡単のため抵抗 R_1 と抵抗 R_2 との分圧比を1とすれば、抵抗 R_{2s} は、抵抗 R_1 と同一の抵抗値とすることができる。

30

【0216】

つまり、太陽電池モジュール11sが非発電状態になって、分流電流 I_{gb} (当初は、過渡的に過渡状態のモジュール群電流 I_g が分流電流 I_{gb} として流れる)が流れ出し、分流電流 I_{gb} が20mAとなったとき、分圧電圧 V_{ds} は2Vを越える(実際には更にダイオード D_{ss} の順方向電圧降下が加わる)。なお、このときのモジュール端子13tとモジュール端子13sとの間の電位差は、抵抗 R_1 での電圧降下(2V)、抵抗 R_2 での電圧降下(2V)、ダイオード D_{ss} での準方向電圧降下(V_f : V_f は例えば0.5V)を加えた値となる。

40

【0217】

分流電流 I_{gb} が20mAとなって抵抗 R_{1s} での電圧降下が2Vになると、制御端子17sに分圧電圧 V_{ds} ($2V + 0.5V = 2.5V$)が印加され、スイッチング素子16sが確実にオンされる。スイッチング素子16sがオンとなった後は、バイパス電流経路15sにモジュール群電流 I_g が流れることから、実施の形態1と同様の作用効果が得られる。

【0218】

50

分流電流 I_{gb} は、スイッチング素子 16s がオンとなるまでは、太陽電池モジュール 11s が非発電状態のときに太陽電池モジュール群 10 に流れるモジュール群電流 I_g が過渡的な状態で流れる。また、スイッチング素子 16s がオンとなる直前の状態では、過渡的な状態のモジュール群電流 I_g がそのまま分流電流 I_{gb} として流れる。

【0219】

スイッチング素子 16s がオンとなった後は、分流電流 I_{gb} は、モジュール端子 13s とモジュール端子 13t との間での電圧に応じてモジュール群電流 I_g の一部が流れる。つまり、スイッチング素子 16s には、モジュール群電流 I_g から分流電流 I_{gb} を引いた値の電流（モジュール群電流 I_g - 分流電流 I_{gb} ）が流れる。

【0220】

分流電流 I_{gb} は、スイッチング素子 16s をオンとするために、分圧電圧 V_{ds} を発生させるだけで良いことから、抵抗 R （抵抗 R_1 、抵抗 R_2 ）での電力消費を抑制できるように小さい値とされている。具体的には、分流電流 I_{gb} は、スイッチング素子 16s がオン状態に切り替わった後のモジュール群電流 I_g に対して例えば $1/100 \sim 1/500$ 程度（例えば、モジュール群電流 I_g が 8.4 A のとき、分流電流 I_{gb} は例えば 20 mA ）とすることができる。

【0221】

一旦オン状態にされた後のスイッチング素子 16s が、オン状態を維持する素子構成とされ、太陽電池モジュール 11 が通常の発電状態に戻ったときにスイッチング素子 16s がオフ状態となる素子構成とされている場合は、制御部 26（直列回路）の分圧端子 27 を制御端子 17 に接続する構成とすることでスイッチング素子 16s のオンオフ（開閉）を制御することが可能である。

【0222】

本実施の形態では、スイッチング素子 16s を MOS 電界効果トランジスタ（MIS 電界効果トランジスタ）で構成していることから、スイッチング素子 16s（MOS 電界効果トランジスタ）がオン状態となったとき、ソース・ドレイン間電圧は、略 0 V （例えば、 0.1 V ）となり、ソース・ドレイン間の電圧はそのまま直列回路（制御部 26）の両端の電圧（電位差）となる。このときの分圧端子 27 は、ソース・ドレイン間電圧である略 0 V （例えば、 0.1 V ）を分圧して出力することから、略 0 V （ 0.1 V ）より小さい値となる。

【0223】

つまり、MOS 電界効果トランジスタの閾値電圧は、上述したとおり、例えば 2 V であることから、スイッチング素子 16s がオン状態となったとき、ゲート電圧（分圧端子 27 の電圧、制御端子 17 の電圧）が閾値より小さくなり、MOS 電界効果トランジスタはオフ状態に復帰してしまうことになる。

【0224】

したがって、本実施の形態に係る太陽光発電システム 1、スイッチングシステム 14 では、スイッチング素子 16s として MOS 電界効果トランジスタ（MIS 電界効果トランジスタ）を適用することから、MOS 電界効果トランジスタのオン状態を維持する回路（スイッチング素子 16s をオフからオンに切り替えたときの制御端子 17 の電位状態を維持する切り替え状態維持回路 26c（図 8 参照））が別途必要となる。説明の便宜上、切り替え状態維持回路 26c については、図 8 を参照して別途説明する。

【0225】

以上説明したとおり、本実施の形態に係る太陽光発電システム 1 では、制御部 26 は、ダイオード D_s と 2 つの抵抗 R （抵抗 R_1 、抵抗 R_2 ）を直列に接続した直列回路とされて太陽電池モジュール 11 に並列に接続されており、2 つの抵抗 R_1 、抵抗 R_2 の間に接続されて太陽電池モジュール 11 の出力電圧 V_m を分圧して出力する分圧端子 27 を備え、分圧端子 27 は、スイッチング素子 16s の制御端子 17 に接続されている。

【0226】

したがって、太陽光発電システム 1 は、ダイオード D_s と 2 つの抵抗 R （抵抗 R_1 、抵

10

20

30

40

50

抗 R 2) の 3 素子という簡単な構成の直列回路を制御部 2 6 として太陽電池モジュール 1 1 と並列に接続することから、太陽電池モジュール 1 1 の出力状態を分圧端子 2 7 からの信号 (分圧電圧 V_d) として容易にかつ高精度に抽出できるので、分圧端子 2 7 の電位 (分圧電圧 V_d) に基づいてスイッチング素子 1 6 の開閉を容易にかつ高精度に制御することができる。

【 0 2 2 7 】

また、直列回路とした制御部 2 6 を太陽電池モジュール 1 1 に並列に接続することから、外部の電源 (太陽電池モジュール 1 1 以外の電源) を用いずにスイッチング素子 1 6 の開閉を制御する信号を直列回路 (制御部 2 6) の分圧端子 2 7 から出力 (分圧電圧 V_d) として容易に得ることができる。

10

【 0 2 2 8 】

太陽光発電システム 1 では、スイッチング素子 1 6 および制御部 2 6 は、単一の配線基板 4 0 に実装されて太陽電池モジュール 1 1 の出力ボックス 6 0 に内蔵されている。したがって、太陽光発電システム 1 は、スイッチング素子 1 6 および制御部 2 6 (直列回路) を一つの配線基板 4 0 に実装して出力ボックス 6 0 へ内蔵するので、太陽電池モジュール 1 1 に対するバイパス電流経路 1 5 を高機能化することができる。出力ボックス 6 0 は、通常は、太陽電池モジュール 1 1 の裏面 (受光面とは反対側の面) などに配置され、他の太陽電池モジュール 1 1 との接続に必要なケーブルが接続されている。

【 0 2 2 9 】

本実施の形態では、実施の形態 1 と同様、スイッチングシステム 1 4 を備えている。本実施の形態では、スイッチングシステム 1 4 は、実施の形態 1 と同様、太陽電池モジュール 1 1 (太陽電池モジュール 1 1 f、太陽電池モジュール 1 1 s) に対応させて 2 個配置されている。構成は全く同一であるので特に区別することなく単にスイッチングシステム 1 4 として説明する。

20

【 0 2 3 0 】

スイッチングシステム 1 4 は、太陽電池モジュール 1 1 への適用に限らず、一般的な電流経路のオンオフに対して適用することができる。本実施の形態では、スイッチングシステム 1 4 は、バイパス電流経路 1 5、スイッチング素子 1 6、制御部 2 6 を備える。実施の形態 1 でのスイッチングシステム 1 4 に対して異なるのは、制御部 2 0 の代わりに制御部 2 6 を適用していることである。したがって、主に制御部 2 6 について説明する。

30

【 0 2 3 1 】

本実施の形態に係るスイッチングシステム 1 4 では、制御部 2 6 は、ダイオード D_s と 2 つの抵抗 (抵抗 R 1、抵抗 R 2) を直列に接続した直列回路とされて電流経路 (バイパス電流経路 1 5) の両端に並列に接続されており、2 つの抵抗 R 1、抵抗 R 2 の間に接続されて太陽電池モジュール 1 1 の出力電圧 V_m を分圧して出力する分圧端子 2 7 を備え、分圧端子 2 7 は、スイッチング素子 1 6 の制御端子 1 7 に接続されている。

【 0 2 3 2 】

したがって、本実施の形態に係るスイッチングシステム 1 4 は、ダイオード D_s と 2 つの抵抗 R 1、抵抗 R 2 の 3 素子という簡単な構成の直列回路を制御部 2 6 として電流経路 (バイパス電流経路 1 5) と並列に接続することから、電流経路の両端間の電位状態を分圧端子 2 7 からの信号 (分圧電圧 V_d) として容易にかつ高精度に抽出できるので、分圧端子 2 7 の電位 (分圧電圧 V_d) に基づいてスイッチング素子 1 6 の開閉を容易にかつ高精度に制御することができる。

40

【 0 2 3 3 】

また、直列回路とした制御部 2 6 を電流経路に並列に接続することから、外部の電源 (電流経路以外の電源) を用いずにスイッチング素子 1 6 の開閉を制御する信号を直列回路 (制御部 2 6) の分圧端子 2 7 から出力 (分圧電圧 V_d) として容易に得ることができる。

【 0 2 3 4 】

なお、本実施の形態では、制御部 2 6 s に対する外部からの電源が不要となる (制御対

50

象としてのバイパス電流経路 15 s の両端に接続するだけで良い) ので、バイパス電流経路 15 s、スイッチング素子 16 s、および制御部 26 s を含む自己動作型(自立型)のバイパス装置 25 s を個別の装置として抽出することができる。

【0235】

また、制御部 26 s と同様に制御部 26 f が配置されている。つまり、本実施の形態では、制御部 26 f に対する外部からの電源が不要となる(制御対象としてのバイパス電流経路 15 f の両端に接続するだけで良い) ので、バイパス電流経路 15 f、スイッチング素子 16 f、および制御部 26 f を含む自己動作型(自立型)のバイパス装置 25 f を個別の装置として抽出することができる。

【0236】

以下、バイパス装置 25 f とバイパス装置 25 s とを特に区別する必要がない場合は、単にバイパス装置 25 とすることがある。

【0237】

本実施の形態に係るバイパス装置 25 は、太陽電池モジュール 11 の両端に接続されることによってバイパス電流経路 15 を構成するバイパス装置 25 であって、バイパス電流経路 15 の導通および非導通を切り替えるスイッチング素子 16 と、スイッチング素子 16 に対応して配置されスイッチング素子 16 の開閉を制御する制御部 26 とを備え、制御部 26 は、ダイオード D_s と 2 つの抵抗 R_1 、抵抗 R_2 を直列に接続した直列回路とされ、太陽電池モジュール 11 に並列に接続された場合に、2 つの抵抗 R_1 、抵抗 R_2 の間から太陽電池モジュール 11 の出力電圧 V_m を分圧して出力する分圧端子 27 を備えてあり、分圧端子 27 は、スイッチング素子 16 の制御端子 17 に接続されている。

【0238】

したがって、本実施の形態に係るバイパス装置 25 は、ダイオード D_s と 2 つの抵抗 R_1 、抵抗 R_2 の 3 素子という簡単な構成の直列回路を制御部 26 として太陽電池モジュール 11 と並列に接続することから、太陽電池モジュール 11 の出力状態を分圧端子 27 からの信号(分圧電圧 V_d)として容易にかつ高精度に抽出できるので、分圧端子 27 の電位(分圧電圧 V_d)に基づいてスイッチング素子 16 の開閉を容易にかつ高精度に制御することができる。

【0239】

バイパス装置 25 は、スイッチング素子 16、制御部 26 をバイパス電流経路 15 の両端に接続するだけでなく、個別の電源も不要であるので、単一の配線基板へ実装することができる。つまり、バイパス装置 25 は、スイッチング素子 16 および制御部 26 は、単一の配線基板 40 に実装されている。また、単一の配線基板へ実装できることから、単一のパッケージに収納することが可能となり、生産性、信頼性を向上させることができる。

【0240】

したがって、本実施の形態に係るバイパス装置 25 は、スイッチング素子 16 および制御部 26 (直列回路)を一つの配線基板 40 に実装することから、小型化することができるので、太陽電池モジュール 11 の出力ボックス 60 への内蔵が容易となる。

【0241】

本実施の形態では、配線基板 40、出力ボックス 60 は、太陽電池モジュール 11 (太陽電池モジュール 11 f、太陽電池モジュール 11 s)に対応させて 2 個配置されている。構成は全く同一であるので特に区別することなく単に配線基板 40、出力ボックス 60 として説明する。

【0242】

ブロック図(図 6 A、図 6 B)では、モジュール端子 13 s をバイパス電流経路 15 f (制御部 26 f)側と、バイパス電流経路 15 s (制御部 26 s)側とで共通に記載している。しかし、配線基板 40、出力ボックス 60 は、太陽電池モジュール 11 に対して配置されるので、バイパス電流経路 15 f の側でのモジュール端子 13 s に対する配線と、バイパス電流経路 15 s でのモジュール端子 13 s に対する配線とは、それぞれ独自に配置されることがあるが、図の簡略化のため共通にして記載している。

10

20

30

40

50

【 0 2 4 3 】

図 7 A ないし図 7 C を参照して制御部 2 6 (直列回路) の変形例 (変形回路例 1 ないし変形回路例 3) について説明する。なお、基本的な構成は図 6 A、図 6 B の場合と同様であるので、主に異なる事項について説明する。

【 0 2 4 4 】

図 7 A は、図 6 A に示した太陽光発電システム 1 での制御部 2 6 (直列回路) の変形回路例 1 を示す回路図である。

【 0 2 4 5 】

図 7 B は、図 6 A に示した太陽光発電システム 1 での制御部 2 6 (直列回路) の変形回路例 2 を示す回路図である。

10

【 0 2 4 6 】

図 7 C は、図 6 A に示した太陽光発電システム 1 での制御部 2 6 (直列回路) の変形回路例 3 を示す回路図である。

【 0 2 4 7 】

変形回路例 1 ないし変形回路例 3 では、説明を簡略化するため、太陽電池モジュール 1 1 と制御部 2 6 とがそれぞれ 1 つとして説明する。したがって、2 つの太陽電池モジュール 1 1 を配置した場合のモジュール端子 1 3 f、モジュール端子 1 3 s、モジュール端子 1 3 t を太陽電池モジュール 1 1 が 1 つの場合に簡略化し、通常の発電状態でプラス側となる端子 (モジュール端子 1 3 p) とマイナス側となる端子 (モジュール端子 1 3 m) として示す。つまり、太陽電池モジュール 1 1 の通常の発電状態では、モジュール端子 1 3 p がプラス側となり、モジュール端子 1 3 m がマイナス側となる。なお、「通常の発電状態」とは、バイパス電流経路 1 5 およびスイッチング素子 1 6 をオン状態 (閉状態) とする必要がない状態をいう。

20

【 0 2 4 8 】

制御部 2 6 は、モジュール端子 1 3 p (例えば、太陽電池モジュール 1 1 s に対しては、モジュール端子 1 3 s が相当する。) とモジュール端子 1 3 m (例えば、太陽電池モジュール 1 1 s に対しては、モジュール端子 1 3 t が相当する。) との間に接続されている。分圧電圧 V_d は、モジュール端子 1 3 p に対する分圧端子 2 7 の電位 (分圧電圧 V_d) で画定される。

【 0 2 4 9 】

変形回路例 1 では、モジュール端子 1 3 p の側からモジュール端子 1 3 m へ向けて、抵抗 R_1 、ダイオード D_s 、抵抗 R_2 の順に直列に接続 (配置) されて直列回路 (制御部 2 6) が形成されている (図 6 A と比較してダイオード D_s の位置が異なる。) 。また、分圧端子 2 7 は、抵抗 R_1 とダイオード D_s (カソード側) との間から取り出されている。したがって、分圧電圧 V_d は、分流電流 I_{gb} による抵抗 R_1 での電圧降下と、分流電流 I_{gb} によるダイオード D_s での順方向電圧降下および分流電流 I_{gb} による抵抗 R_2 での電圧降下の和との比率で画定される。

30

【 0 2 5 0 】

なお、抵抗 R_1 および抵抗 R_2 による分圧比を図 6 A では、1 として説明したが、分流電流 I_{gb} 、分圧電圧 V_d 、抵抗 R 、ダイオード D_s の順方向電圧降下を参酌して、適宜分圧比を設定することができる。

40

【 0 2 5 1 】

変形回路例 2 では、モジュール端子 1 3 p の側からモジュール端子 1 3 m へ向けて、抵抗 R_1 、ダイオード D_s 、抵抗 R_2 の順に直列に接続 (配置) されて直列回路 (制御部 2 6) が形成されている (変形回路例 1 と同様) 。また、分圧端子 2 7 は、抵抗 R_1 とダイオード D_s (アノード側) との間から取り出されている (変形回路例 1 とは分圧端子 2 7 の取り出し位置が異なる。) 。したがって、分圧電圧 V_d は、分流電流 I_{gb} による抵抗 R_1 での電圧降下および分流電流 I_{gb} によるダイオード D_s での順方向電圧降下の和と、分流電流 I_{gb} による抵抗 R_2 での電圧降下との比率で画定される。

【 0 2 5 2 】

50

変形回路例 3 では、モジュール端子 13 p の側からモジュール端子 13 m へ向けて、抵抗 R 1、抵抗 R 2、ダイオード D s の順に直列に接続（配置）されて直列回路（制御部 26）が形成されている（図 6 A、変形回路例 1、変形回路例 2 に比較してダイオード D s の位置が異なり、ダイオード D s はモジュール端子 13 m の側に配置されている。）。また、分圧端子 27 は、抵抗 R 1 と抵抗 R 2 との間から取り出されている（図 6 A と同様）。したがって、分圧電圧 V d は、分流電流 I g b による抵抗 R 1 での電圧降下と、分流電流 I g b による抵抗 R 2 での電圧降下および分流電流 I g b によるダイオード D s での順方向電圧降下の和との比率で画定される。

【0253】

本実施の形態に係る太陽光発電システム 1、スイッチングシステム 14 は、実施の形態 1 と同様に作用する。また、バイパス装置 25 は、上述したとおりに作用する。つまり、図 4 で説明したとおりの作用効果を奏する。

【0254】

図 8 は、図 6 A に示した太陽光発電システム 1 での制御部 26 の更に具体的な回路例を示す回路図である。

【0255】

上述したとおり、本実施の形態では、スイッチング素子 16 は、MOS 電界効果トランジスタ（MIS 電界効果トランジスタ）で構成されている。したがって、スイッチング素子 16 がオン状態（閉状態）となったとき、太陽電池モジュール 11 の両端での電位差がスイッチング素子 16 のオン電圧と等しくなる。一般的に、MOS 電界効果トランジスタのオン電圧は略 0 V（例えば、0.1 V）と極めて低い値となる。つまり、スイッチング素子 16 をオン状態へ切り替えるときに作用した分圧電圧 V d が低下してスイッチング素子 16（MOS 電界効果トランジスタ）の閾値より小さくなり、スイッチング素子 16 が再度オフになる。したがって、スイッチング素子 16 のオン状態を維持するための回路（切り替え状態維持回路 26 c）が必要となる場合について説明する。

【0256】

スイッチング素子 16、制御部 26（ダイオード D s、抵抗 R 1、抵抗 R 2 の直列回路）は、上述したとおりであるので適宜説明を省略することがある。

【0257】

制御部 26 は、分圧端子 27 と制御端子 17 との間に切り替え状態維持回路 26 c を備える。切り替え状態維持回路 26 c は、アノードが分圧端子 27 に接続され、カソードが制御端子 17 に接続されたダイオード D c と、一端が制御端子 17 に接続され、他端が太陽電池モジュール 11 の発電状態でプラス側となるモジュール端子 13 p に接続されたコンデンサ C g とを備える。

【0258】

スイッチング素子 16 がオフ状態からオン状態へ切り替わるとき、分流電流 I g b が制御部 26 へ流れるが、分流電流 I g b の一部は、ダイオード D c を介してコンデンサ C g へ流れ、コンデンサ C g を充電する。充電によってコンデンサ C g の充電電圧は、分圧電圧 V d と等しい充電電圧 V h（維持電圧）となる。なお、実際には、ダイオード D c の順方向電圧 V f が介在するから、分圧電圧 V d = 充電電圧 V h + V f となる。充電電圧 V h がスイッチング素子 16（MOS 電界効果トランジスタ）の閾値以上になれば、スイッチング素子 16 はオフ状態からオン状態へスイッチングされる。

【0259】

スイッチング素子 16 がオフ状態からオン状態へ切り替わるとスイッチング素子 16 の両端の電位差（モジュール端子 13 p とモジュール端子 13 m との間の電位差）は略 0 V（例えば、0.1 V）となる。したがって、分圧電圧 V d は、スイッチング素子 16 の両端の電位差を分圧することから、略 0 V（例えば、0.1 V）以下となる。このとき、制御端子 17 と分圧端子 27 との間に接続されたダイオード D c は、逆バイアスの状態となることから、略 0 V の分圧電圧 V d に対して制御端子 17 は、充電電圧 V h を維持することができる。なお、ダイオード D c の逆耐圧は、受電電圧 V h より大きいことが必要であ

10

20

30

40

50

る。

【0260】

切り替え状態維持回路26cは、コンデンサCgに蓄積された充電電荷によって、スイッチング素子16をオフからオンへ切り替えたときの電位(充電電圧Vh)を確保することが可能となるので、制御端子17の電位状態(制御端子17に印加される電圧つまり充電電圧Vh)を維持することが可能となる。つまり、切り替え状態維持回路26cは、ダイオードDcの順方向で分圧端子27の電位(分圧電圧Vd)に応じた充電をコンデンサCgに対して実行し、コンデンサCgに充電された電荷の放電をダイオードDcの逆方向耐圧によって防止する。したがって、切り替え状態維持回路26cは、コンデンサCgの充電電圧Vhを高精度に維持して制御端子17の電位状態を維持することができる。

10

【0261】

つまり、スイッチング素子16がオフからオンへ切り替わったことによる分圧電圧Vdの低下による影響(充電電圧Vhと分圧電圧Vdとの電位差の発生による影響)は、ダイオードDcの逆方向耐圧によって無視することが可能となり、コンデンサCgの充電電荷はそのまま維持されるので、スイッチング素子16のオン状態を維持することができる。換言すれば、ダイオードDcおよびコンデンサCgで構成された切り替え状態維持回路26cは、スイッチング素子16をオフからオンに切り替えたときの制御端子17の電位状態を維持するので、スイッチング素子16のオン状態を維持することができる。

【0262】

なお、制御部26は、切り替え状態維持回路26cに加えて更に放電用ダイオードDdcを備える。放電用ダイオードDdcは、アノードを制御端子17に接続され、カソードをモジュール端子13mに接続されている。

20

【0263】

したがって、コンデンサCgが充電電圧Vhで充電された状態で、太陽電池モジュール11が通常の発電状態へ復帰し、モジュール端子13pがモジュール端子13mに対してプラスとなったとき、コンデンサCgに充電された電荷は、放電用ダイオードDdcによってモジュール端子13mへ放電される。つまり、切り替え状態維持回路26cは、放電用ダイオードDdcが配置されていることから、コンデンサCgの充電電荷を確実に放電し、安定した信頼性の高い切り替えを実行することができる。

【0264】

上述したとおり、本実施の形態に係るバイパス装置25において、制御部26は、分圧端子27と制御端子17との間に配置されてスイッチング素子16をオフからオンに切り替えたときの制御端子17の電位状態を維持する切り替え状態維持回路26cを備える。

30

【0265】

したがって、バイパス装置25は、スイッチング素子16がオフからオンに切り替わったことによって、制御部26に印加される電圧(分圧電圧Vd)が低減した場合でも、制御端子17の電位状態(信号状態。制御端子17に印加される電圧)を維持するので、スイッチング素子16のオン状態を維持することができる。

【0266】

また、切り替え状態維持回路26cは、アノードが分圧端子27に接続され、カソードが制御端子17に接続されたダイオードDcと、一端が制御端子17に接続され、他端が太陽電池モジュール11の発電状態でプラス側となるモジュール端子13pに接続されたコンデンサCgとを備える。

40

【0267】

したがって、バイパス装置25は、スイッチング素子16をオフからオンに切り替えたことによって制御部26に加わる電圧が低下した場合でも、ダイオードDcとコンデンサCgという簡単な組み合わせで制御端子17の電位状態(制御端子17に印加される電圧。スイッチング素子16に対する制御用の入力信号)をコンデンサCgへの充電電圧Vhによって維持できるので、スイッチング素子16のオン状態を簡単に維持することができる。

50

【 0 2 6 8 】

なお、制御部 2 6 は、アノードがコンデンサ C g の一端に接続され、カソードが太陽電池モジュール 1 1 の発電状態でマイナス側となるモジュール端子 1 3 m に接続された放電用ダイオード D d c を備える。

【 0 2 6 9 】

したがって、バイパス装置 2 5 は、太陽電池モジュール 1 1 が発電状態となったとき、コンデンサ C g に蓄積された充電電荷を放電用ダイオード D d c でマイナス側のモジュール端子 1 3 m へ放電するから、コンデンサ C g を初期状態（スイッチング素子 1 6 がオフ状態でのコンデンサ C g の状態）に戻すことができ、安定した切り替え状態維持回路 2 6 c を実現することができる。

10

【 0 2 7 0 】

なお、図 8 に示した切り替え状態維持回路 2 6 c、放電用ダイオード D d c は、図 7 A ないし図 7 C の変形回路例 1 ないし変形回路例 3 に対しても同様に適用できる。

【符号の説明】

【 0 2 7 1 】

- 1 太陽光発電システム
- 1 0 太陽電池モジュール群
- 1 1、1 1 f、1 1 s 太陽電池モジュール
- 1 2、1 2 f、1 2 s 太陽電池セル
- 1 3 f、1 3 s、1 3 t モジュール端子（スイッチングシステムでの第 1 端子、第 2 端子）
- 1 4 スwitchingシステム
- 1 5、1 5 f、1 5 s バイパス電流経路（スイッチングシステムでの電流経路）
- 1 6、1 6 f、1 6 s スwitching素子（M I S 電界効果トランジスタ）
- 1 7、1 7 f、1 7 s 制御端子
- 2 0、2 0 f、2 0 s 制御部（比較器）
- 2 1、2 1 f、2 1 s 入力端子（第 1 入力端子）
- 2 2、2 2 f、2 2 s 入力端子（第 2 入力端子）
- 2 3、2 3 f、2 3 s 出力端子
- 2 5、2 5 f、2 5 s バイパス装置
- 2 6、2 6 f、2 6 s 制御部（直列回路）
- 2 6 c 切り替え状態維持回路
- 2 7、2 7 f、2 7 s 分圧端子
- 3 0 D C / D C コンバータ
- 3 1 入力端
- 3 2 出力端
- 4 0 配線基板
- 6 0 出力ボックス
- C g コンデンサ
- D c ダイオード
- D d c 放電用ダイオード
- D i ダイオード
- D s、D s f、D s s ダイオード（直列回路）
- I c 発電電流
- I g モジュール群電流
- I g b 分流電流
- I p h 光電変換電流源
- L s、L s s 太陽光
- P C f、P C s、P C t 電力特性曲線
- R 1、R 1 f、R 1 s、R 2、R 2 f、R 2 s 抵抗

20

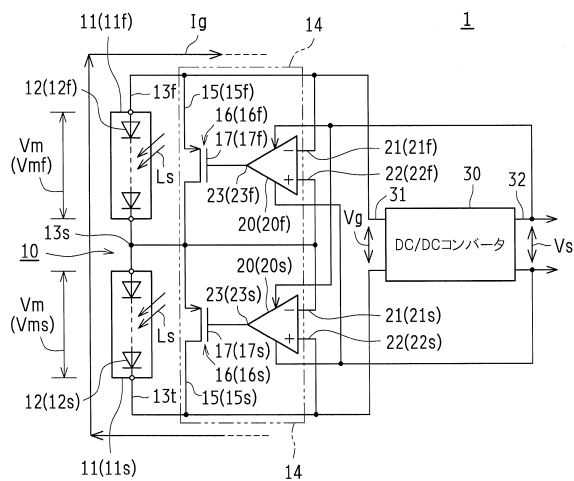
30

40

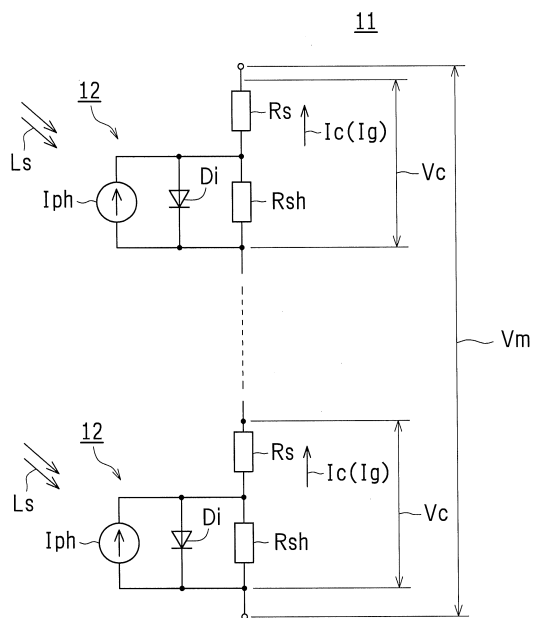
50

- RAf、RA s、RA t、RA t c、RA b p d 矩形電力面積
- Rs 直列抵抗
- Rsh 並列抵抗
- Vc 発電電圧
- Vd、Vdf、Vds 分圧電圧
- Vg、Vs 出力電圧
- Vh 受電電圧
- Vm、Vm f、Vm s 出力電圧 (スイッチングシステムでの電流経路の両端間の電圧)

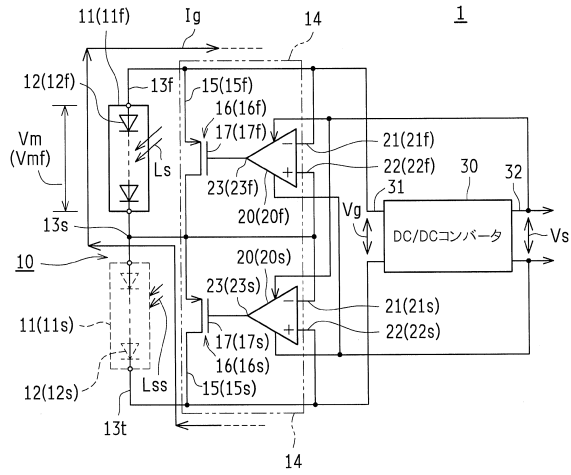
【図 1 A】



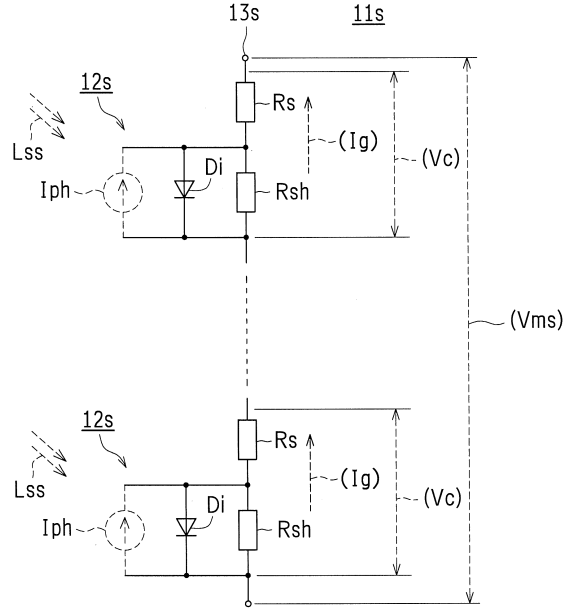
【図 1 B】



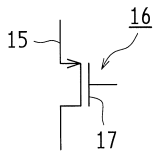
【図2A】



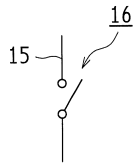
【図2B】



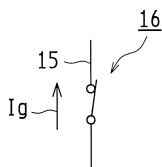
【図3A】



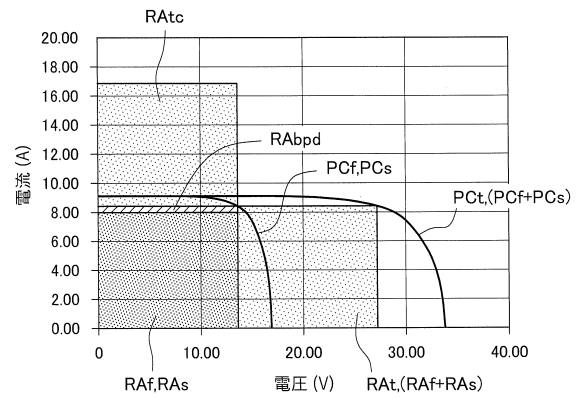
【図3B】



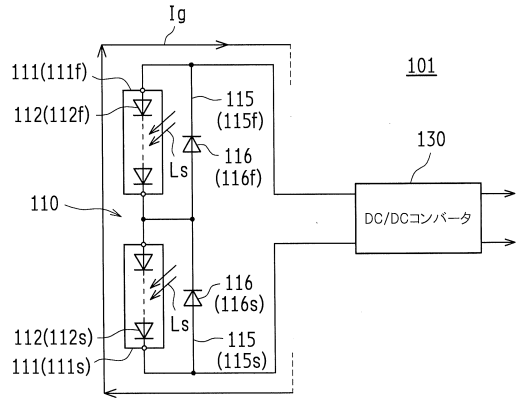
【図3C】



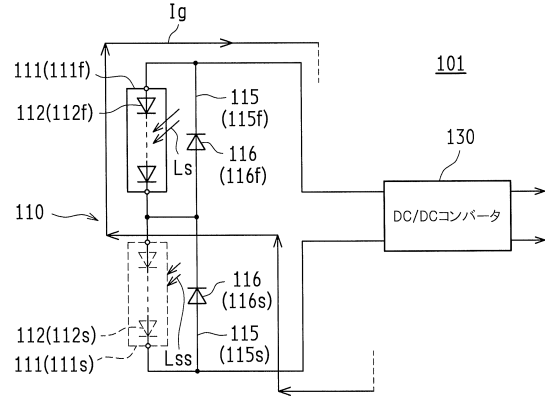
【図4】



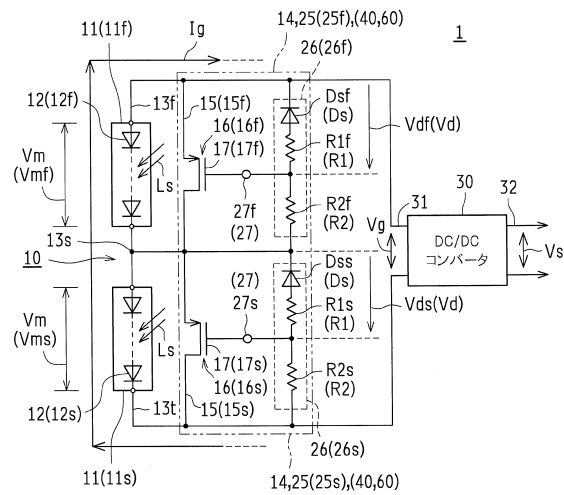
【図5A】



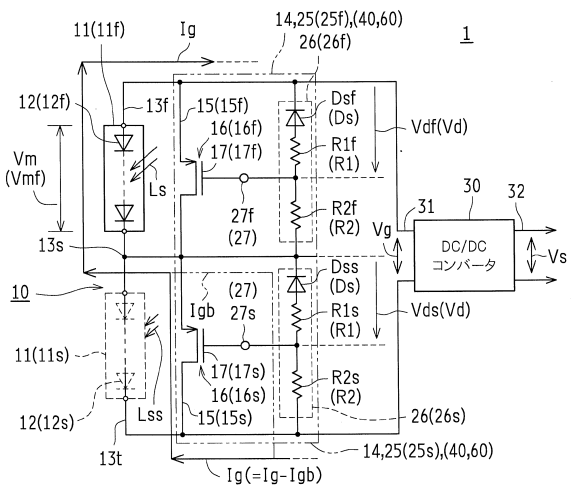
【図5B】



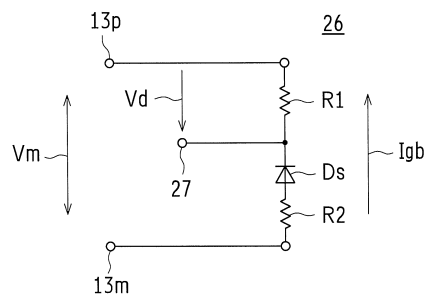
【図6A】



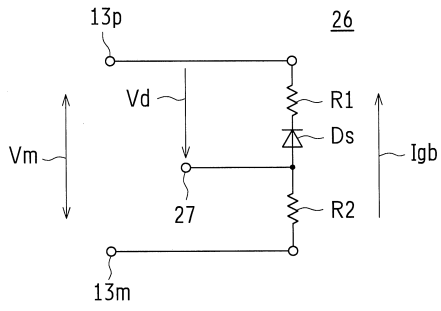
【図6B】



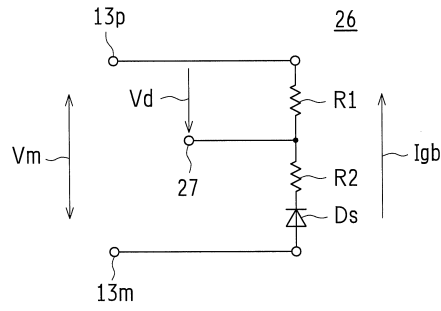
【図7A】



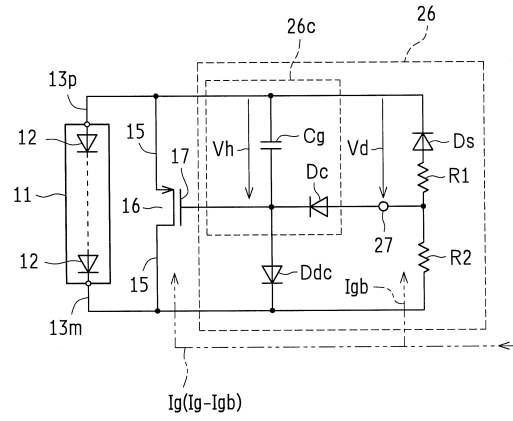
【図 7 B】



【図 7 C】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-174308(JP,A)
特開2007-059423(JP,A)
特表2008-546183(JP,A)
特開2000-269531(JP,A)
実開昭59-053425(JP,U)
特開昭59-225415(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	31/044		
H02S	40/30	-	40/38
H02J	7/35		