(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3595211号
(P3595211)
(45)発行日　平成16年12月2日(2004.12.2)　(24)登録日　平成16年9月10日(2004.9.10)

(51)Int.Cl.[7]		F I		
H02M	7/48	H02M	7/48	R
G05F	1/67	G05F	1/67	A

請求項の数 3　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願平11-261904
(22)出願日　平成11年9月16日(1999.9.16)
(65)公開番号　特開2001-86767(P2001-86767A)
(43)公開日　平成13年3月30日(2001.3.30)
審査請求日　平成14年1月11日(2002.1.11)

(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２２番２２号
(74)代理人　100086737
弁理士　岡田　和秀
(72)発明者　西村　和仁
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号
シャープ株式会社内
(72)発明者　江口　政樹
大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号
シャープ株式会社内

審査官　川端　修

最終頁に続く

(54)【発明の名称】インバータの制御方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
太陽電池から取り出す直流電力が最大となるよう制御しながら直流電力を交流電力に変換して商用電力系統に供給するインバータ装置におけるインバータの制御方法であって、
ある時点で検出した太陽電池の動作点電圧値を初期動作点電圧値として記憶するとともに、ある時点から１サンプリング時間が経過した時点ごとの動作点電圧値を最新動作点電圧値として検出し、かつ、最新動作点電圧値から初期動作点電圧値を減算して電圧変化幅を算出したうえ、初期動作点電圧値を検出した時点から電圧変化幅の算出に用いた最新動作点電圧値を検出した時点までの経過時間でもって電圧変化幅を除算して電圧変化率を算出しており、電圧変化率が設定値を越えている際には日射量急増期間であると判断し、日射量急増期間であると判断した以降の時点では、検出されたインバータ出力電流の振幅のうちで最大となる振幅を電流指令信号の振幅として設定することを特徴とするインバータの制御方法。
【請求項２】
請求項１に記載したインバータの制御方法であって、
前記設定された電流指令信号の振幅が１サンプリング時間前の時点で設定された電流指令信号の振幅から設定値以上増加している場合には、１サンプリング時間前の時点で設定された電流指令信号の振幅に設定値を加算した振幅を新たな電流指令信号の振幅として設定することを特徴とするインバータの制御方法。
【請求項３】

請求項１または請求項２のいずれかに記載したインバータの制御方法であって、
ある時点から所定時間が経過する時点までの間における電圧変化率の絶対値が設定値よりも小さい場合には日射量安定期間であると判断し、電流指令信号の振幅のステップ幅を小さくすることを特徴とするインバータの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、独立した直流電源である太陽電池から取り出される直流電力を交流電力に変換して既存の商用電力系統に供給するインバータの制御方法にかかり、特には、最大電力点追従制御の技術に関する。なお、以下の説明では、インバータ装置を構成したうえで実際にインバータとして動作する部分をインバータと称する。

【０００２】

【従来の技術】

直流電源である太陽電池の出力特性は、日射量や太陽電池の素子温度などの条件変動によって変化することになり、太陽電池の出力特性曲線上には、太陽電池から最大電力を取り出し得る最大電力点が存在することが知られている。そのため、インバータ装置では、太陽電池の出力特性曲線上の動作点が最大電力点と一致するよう制御し、太陽電池から最大電力を取り出すことが実行される。ところで、このような最大電力点追従制御を実現する方法のうちには、太陽電池から出力される直流電圧及び直流電流に基づく出力電力を検出し、検出した出力電力値が最大となるよう太陽電池の動作点を出力特性曲線に沿って移動させる方法があるが、この方法を採用している場合には、太陽電池から出力される直流電圧及び直流電流の検出回路に加えて出力電力の演算及び制御回路が必要となるため、装置構成が複雑となってしまう。

【０００３】

そこで、このような不都合を解消し得る新たなインバータの制御方法として、太陽電池の出力電圧及びインバータ出力電流を検出し、太陽電池からの出力電力が最大になるようインバータ出力電流を変化させる制御方法が提案されており、この制御方法では、具体的には、予め作成しておいた電流波形指令信号（以下、電流指令値という）とインバータ出力電流との間の誤差がなくなるようスイッチング素子の開閉操作を制御し、太陽電池の動作点を変動させることによって最大電力点を探索することが行われる。すなわち、この方法にあっては、電流指令値の振幅を所定のステップ幅で毎周期ごとに上昇させることが実行されており、動作点が最大電力点にまで到達すると、電流指令値が最大電力点以上の電流を要求することになって上記した誤差が常に正の値となるので、最大電力点を越えて出力電力が低下したことを認識し、電流指令値の振幅を低下させて最大電力点を追従するよう制御される。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の形態にかかるインバータの制御方法では、次のような不都合が生じることになっていた。すなわち、まず、日射量の急増によって太陽電池の動作電圧が急激に上昇した場合には、動作電圧の上昇に対応してインバータ出力電流も急増することになるが、電流指令値の変化幅は予め所定の設定値として決定されているため、電流指令値が日射量の急増に追従して増加することは起こらない。そして、電流指令値の増加幅はインバータ出力電流の増加幅よりも小さいため、インバータ出力電流を電流指令値に一致させるフィードバック制御によって一旦急増したインバータ出力電流は急増前のレベル付近にまで抑制されてしまうことになり、直ちに最大電力点を追従することはできなかった。

【０００５】

また、前記従来の最大電力点追従制御は、出力特性曲線上の電力が上昇する方向に沿って動作点を一定量だけ移動させることによって最大電力点を探索する手法であるから、太陽電池の出力特性が安定している際にも常に所定のステップ幅で出力電圧及び電力が揺動し、電力損失が発生する結果として発電効率の低下が生じていた。そして、特に、太陽電池

の出力電力が大きいときはＰ－Ｖ特性の最大電力点近傍の傾きも大きくなるため、動作点の揺動に起因する損失も大きくなっていた。

【０００６】

本発明はこのような不都合に鑑みて創案されたものであって、インバータ装置のハード面に変更を加える必要がないにも拘わらず、日射量の急増時にも高い制御応答性を示し、かつ、太陽電池から最大電力を効率よく取り出すことができるインバータの制御方法を提供しようとするものである。

【０００７】

【課題を解決するための手段】

第１の発明にかかるインバータの制御方法は、太陽電池から取り出す直流電力が最大となるよう制御しながら直流電力を交流電力に変換して商用電力系統に供給するインバータ装置におけるインバータの制御方法であって、ある時点で検出した太陽電池の動作点電圧値を初期動作点電圧値として記憶するとともに、ある時点から１サンプリング時間が経過した時点ごとの動作点電圧値を最新動作点電圧値として検出し、かつ、最新動作点電圧値から初期動作点電圧値を減算して電圧変化幅を算出したうえ、初期動作点電圧値を検出した時点から電圧変化幅の算出に用いた最新動作点電圧値を検出した時点までの経過時間でもって電圧変化幅を除算して電圧変化率を算出しており、電圧変化率が設定値を越えている際には日射量急増期間であると判断し、日射量急増期間であると判断した以降の時点では、検出されたインバータ出力電流の振幅のうちで最大となる振幅を電流指令信号の振幅として設定することを特徴としている。

【０００８】

第２の発明にかかるインバータの制御方法は、第１の発明にかかるインバータの制御方法で設定された電流指令信号の振幅が１サンプリング時間前の時点で設定された電流指令信号の振幅から設定値以上増加している場合には、１サンプリング時間前の時点で設定された電流指令信号の振幅に設定値を加算した振幅を新たな電流指令信号の振幅として設定することを特徴としている。第３の発明にかかるインバータの制御方法は、ある時点から所定時間が経過する時点までの間における電圧変化率の絶対値が設定値よりも小さい場合には日射量安定期間であると判断し、電流指令信号の振幅のステップ幅を小さくすることを特徴としている。

【０００９】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明するが、まずもっては、図１を参照しながらインバータ装置の構成及び動作を説明する。図１は本実施の形態にかかるインバータ装置の全体構成を示す回路図であり、図中の符号１はインバータ装置、２は太陽電池、３は商用電力系統を示している。

【００１０】

本実施の形態にかかるインバータ装置１は、太陽電池２から取り出す直流電力が最大となるよう制御しながら直流電力を交流電力、つまり、既存の商用電力系統３と同一の位相及び周波数（５０／６０Ｈｚ）となった交流電力に変換したうえで商用電力系統３に供給するものであり、直流コンデンサ４と、高周波インバータブリッジ５と、高周波トランス６と、ダイオードブリッジ７と、フィルタ回路８と、低周波インバータブリッジ９と、連系リレー１０と、ＡＣフィルタ１１と、インバータ出力電流検出器１２と、制御回路１３とを備えている。そして、ここでの直流コンデンサ４は太陽電池２から出力されてくる直流電力の変動を抑制し、高周波インバータブリッジ５はインバータ装置１に入力してきた直流電力を高周波交流（数十～数百ＫＨｚ）に変換し、高周波トランス６は太陽電池２側（一次側）と商用電力系統３側（二次側）との間を絶縁する役割を担っており、ダイオードブリッジ７は高周波トランス６の二次側に接続されて高周波交流を整流している。

【００１１】

また、この際におけるフィルタ回路８は、互いに並列接続されたＤＣリアクトル８ａ及びコンデンサ８ｂから構成されており、整流波形に含まれる高周波成分の除去及び平滑を実

行しているとともに、低周波インバータブリッジ９は、フィルタ回路８の後段に接続されたうえで全波整流波形状の直流を低周波（５０／６０～数百Ｈｚ）で折返し制御しており、この低周波インバータブリッジ９では低周波の正弦波交流が生成される。さらに、連系リレー１０は商用電力系統３側との連系及び切り離しを実行し、ＡＣフィルタ１１は高調波成分を吸収しており、インバータ出力電流検出器１２は、低周波インバータブリッジ９の出力側でインバータ出力電流I_{out}を検出し、検出したインバータ出力電流I_{out}を制御回路１３へと出力している。さらにまた、制御回路１３は高周波インバータブリッジ５と低周波インバータブリッジ９とを制御しており、この制御回路１３は、高周波インバータブリッジ制御系１３ａと低周波インバータブリッジ制御系１３ｂとから構成されている。

【００１２】

そして、高周波インバータブリッジ制御系１３ａは、制御量演算部１４と、ＰＷＭ制御部１５と、ゲートドライブ信号生成部１６と、電圧変化監視部１９とを具備し、ここでの制御量演算部１４は、インバータ出力電流I_{out}の標準波形信号であり、かつ、インバータ装置１の制御量がその振幅Ｒに相当することになる電流指令信号I_{ref}を生成している。また、ＰＷＭ制御部１５は、電流指令信号I_{ref}とインバータ出力電流I_{out}との誤差を増幅して得られる誤差増幅信号とキャリア信号とに基づいたＰＷＭ制御を実行してパルス列信号ＰＬを生成しており、ゲートドライブ信号生成部１６は、ＰＷＭ制御部１５で生成されたパルス列信号ＰＬに基づいて高周波インバータブリッジ５が具備する４つのスイッチング素子Ｑ１～Ｑ４をオン／オフ制御している。さらに、電圧変化監視部１９は、直流コンデンサ４の両端から検出された直流入力電圧V_{in}に基づいて求まる太陽電池２の動作点電圧V_Mの単位時間当たりの変化を監視しており、監視結果を制御量演算部１４に出力している。

【００１３】

一方、低周波インバータブリッジ制御系１３ｂは、折返し制御部１７と、ゲートドライブ信号生成部１８とを具備しており、折返し制御部１７は、ＡＣフィルタ１１の後段で検出された商用電力系統３の電圧信号V_{out}に基づいたうえ、全波整流波形状の直流を低周波（５０／６０～数百Ｈｚ）で折返し制御している。また、ゲートドライブ信号生成部１８は、折返し制御部１７の制御に基づいて低周波インバータブリッジ９が具備する４つのスイッチング素子Ｓ１～Ｓ４をオン／オフ制御している。なお、高周波インバータブリッジ５のスイッチング素子Ｑ１～Ｑ４及び低周波インバータブリッジ９のスイッチング素子Ｓ１～Ｓ４としては、ＩＧＢＴなどが使用可能である。

【００１４】

次に、上記したインバータ装置１の動作について説明する。まず、制御量演算部１４では、インバータの制御量である電流指令信号I_{ref}が振幅Ｒを決定したうえで生成されることになり、生成された電流指令信号I_{ref}はＰＷＭ制御部１５へと出力される。一方、インバータ出力電流検出器１２はその時のインバータ出力電流I_{out}を検出したうえでＰＷＭ制御部１５へと出力しており、ＰＷＭ制御部１５では、入力された電流指令信号I_{ref}とインバータ出力電流I_{out}との誤差を増幅して得られた誤差増幅信号とキャリア信号とによるＰＷＭ制御を実行し、高周波インバータブリッジ５のスイッチング素子Ｑ１～Ｑ４をオン／オフ制御するパルス列信号ＰＬを生成してゲートドライブ信号生成部１６へと出力することが実行される。そして、この際、ＰＷＭ制御部１５によるＰＷＭ制御は、電流指令信号I_{ref}とインバータ出力電流I_{out}との誤差が零に収束するようにしながら実行されており、その結果としてインバータ出力電流I_{out}は電流指令信号I_{ref}に限りなく近づいていく。すなわち、インバータ装置１においては、以上のようにしてインバータ出力電流I_{out}を制御することが行われており、この制御では、電流指令信号I_{ref}がインバータ出力電流I_{out}の制御目標となっている。

【００１５】

一方、パルス列信号ＰＬが入力するゲートドライブ信号生成部１６では、パルス列信号Ｐ

Ｌに基づいたうえで高周波インバータブリッジ５のスイッチング素子Ｑ１～Ｑ４をオン／オフ制御することが実行されており、この際には、太陽電池２から取り出された直流電力が高周波インバータブリッジ５でもって高周波交流（数十～数百ＫＨｚ）に変換されたうえで高周波トランス６の一次側へと供給される。ところが、この高周波トランス６によって太陽電池２側（一次側）と商用電力系統３側（二次側）との間が絶縁されているため、高周波インバータブリッジ５から入力してきた高周波交流は高周波トランス６の二次側に設けられたダイオートブリッジ７によって整流されることになり、フィルタ回路８では高周波成分の除去及び平滑が実行される。さらに、フィルタ回路８でもって全波整流波形状とされた直流は、低周波インバータブリッジ９によって低周波（５０／６０～数百Ｈｚ）で折返し制御されるために低周波の正弦波交流となる。そして、この正弦波交流に対しては、連系リレー１０によって商用電力系統３側との連系及び切り離しが実行されることになり、ＡＣフィルタ１１でもって高調波成分が吸収された正弦波交流は商用電力系統３に対して出力される。

【００１６】

引き続き、このインバータ装置１における最大電力点追従制御を説明するが、その要点は以下の通りである。すなわち、この際においては、ＰＷＭ制御部１５で得られたパルス列信号ＰＬを制御量演算部１４へ入力させており、パルス列信号ＰＬのパルス幅Ｐｗ を常時監視することが実行されるが、パルス列信号ＰＬのパルス幅Ｐｗ は太陽電池２の出力電力の変化に対応した所定の規則性をもって変動するので、パルス幅Ｐｗ の変化を監視しておくことにより、太陽電池２の出力特性曲線上の動作点が最大電力点よりも開放電圧$Ｖ_{ＯＣ}$側にあるか短絡電流$Ｉ_{ＳＣ}$側にあるかが判断でき、それに対応して電流指令信号$Ｉ_{ｒｅｆ}$の振幅Ｒ、つまり、インバータの制御量を変化させることによって太陽電池２から最大電力を取り出すことが可能になる。ところが、実際の太陽電池２では、日射強度や太陽電池２を構成している素子の温度に対応して出力特性が時々刻々と変化するので、太陽電池２の出力特性曲線上の動作点が最大電力点を追従するようインバータの制御量を制御するためには、動作点の制御応答性の優れた制御、つまり、日射強度ないし太陽電池２の素子温度が変化して太陽電池２の出力特性が急激に変化した場合でも、瞬時に変化した最大電力点を迫従できるよう制御することが必要となる。

【００１７】

以下、このような点を踏まえて動作点制御の方法を詳しく説明するが、ここでは、図２ないし図６を参照して説明することとし、図２は太陽電池の出力特性曲線上の動作点の変化を表す説明図、図３は電流指令信号$Ｉ_{ｒｅｆ}$とインバータ出力電流$Ｉ_{ｏｕｔ}$との関係をそれぞれ表す説明図、図４は所定時間Ｔでのインバータ出力電流$Ｉ_{ｏｕｔ}$の変化を表す説明図、図５は電流指令信号$Ｉ_{ｒｅｆ}$とインバータ出力電流$Ｉ_{ｏｕｔ}$との関係をそれぞれ表す説明図であり、図６は所定時間Ｔでのインバータ出力電流$Ｉ_{ｏｕｔ}$の変化を表す説明図となっている。そして、この際、制御量演算部１４で作成される電流指令信号$Ｉ_{ｒｅｆ}$はインバータ出力電流$Ｉ_{ｏｕｔ}$の目標値となる信号であり、電流指令信号$Ｉ_{ｒｅｆ}$の振幅Ｒを変動させてインバータの制御量を変化させれば、太陽電池２の出力特性曲線上における動作点の位置を制御し得ることとなる。

【００１８】

まず、図２で示すように、日射強度Ｅ１において、太陽電池２の出力特性曲線上の最大電力点よりも開放電圧$Ｖ_{ｏｃ}$側の位置Ａに動作点がある場合には、電流指令信号$Ｉ_{ｒｅｆ}$の振幅Ｒ（制御量）を拡縮いずれに変更してＰＷＭ制御を実行しても、電流指令信号$Ｉ_{ｒｅｆ}$とインバータ出力電流$Ｉ_{ｏｕｔ}$との誤差を小さくしようとするフィードバック制御により、図３及び図４で示すように、所定時間（ｔ＝Ｔ）が経過した後には、インバータ出力電流$Ｉ_{ｏｕｔ}$の振幅ｒは拡幅した振幅Ｒに収束することになり、誤差Ｇはほぼなくなる。なお、図３（ａ）は、ＰＷＭ制御の初期（ｔ＝０）の時点であって誤差Ｇが十分にある状態を示す一方、図３（ｂ）は所定時間（ｔ＝Ｔ）が経過した時点であって誤差Ｇがほとんどなくなった状態を示しており、図４はインバータ出力電流$Ｉ_{ｏｕｔ}$の時間変化を示している。そして、このように、所定時間が経過した時点で誤差Ｇが所定の設定値

以下となっている場合には、動作点が最大電力点よりも開放電圧V_{OC}側に位置していると判断し、制御量を大きくする方向（電流指令信号I_{ref}の振幅Ｒを拡幅する方向）に沿って、つまり、制御量の目標値を前回よりも１ステップだけ大きく設定することが実行される。

【００１９】

さらに、このような状態下で高周波インバータブリッジ５がＰＷＭ制御されると、所定時間（ｔ＝Ｔ）が経過した後の時点では、インバータ出力電流I_{out}の振幅ｒが振幅Ｒよりもさらに拡幅された振幅Ｒに収束するため、誤差Ｇはほぼなくなってしまう。そして、誤差Ｇが所定の設定値以下になったことを制御量演算部１４が検出すると、動作点は位置Ａ’よりも１ステップだけ最大電力点側の位置Ｂに移動したものの、未だ最大電力点を越えて短絡電流I_{sc}側にまでは移動していないと判断し、振幅Ｒの拡幅を継続する。引き続き、振幅Ｒの拡幅を継続したため、動作点が開放電圧V_{OC}側から最大電力点を越えて短絡電流I_{sc}側にまで移動すると、振幅Ｒは次のように変動したことになる。

【００２０】

すなわち、動作点が最大電力点よりも短絡電流I_{sc}側に移動した状態下で高周波インバータブリッジ５をＰＷＭ制御すると、電流指令信号I_{ref}が、図２で示した出力特性曲線によって決まる最大電流を越えたインバータ出力電流I_{out}を要求するため、図５（ａ）～（ｃ）で示しているように、所定時間（ｔ＝Ｔ）が経過した後の時点であってもインバータ出力電流I_{out}の振幅ｒは振幅Ｒに収束せず、誤差Ｇはなくならない。なお、この際におけるインバータ出力電流I_{out}の時間変化は、図６で示すようになっている。そして、所定時間が経過したにも拘わらず、誤差Ｇが所定の設定値以下にならない場合、動作点は最大電力点よりも短絡電流I_{sc}側に移動していると判断し、電流指令信号I_{ref}の振幅Ｒを１ステップ縮幅する、つまり、制御量の目標値を１ステップだけ小さく設定することが実行された後、この状態下で高周波インバータブリッジ５をＰＷＭ制御する。

【００２１】

一方、図２で示すように、日射強度Ｅ１において、太陽電池２の出力特性曲線上の最大電力点よりもI_{sc}側の位置Ｃに動作点がある場合には、電流指令信号I_{ref}の振幅Ｒを拡縮いずれに変更（図２では、制御量の目標値を１ステップ小さくして動作点の目標を位置Ｃ’とする、つまり、振幅Ｒを１ステップだけ縮幅する側に変更）してＰＷＭ制御を実行したとしても、所定時間（ｔ＝Ｔ）が経過した後の時点におけるインバータ出力電流I_{out}の振幅ｒは縮幅した振幅Ｒに収束せず、誤差Ｇはなくならない。そして、所定時間が経過したにも拘わらず、誤差Ｇが所定の設定値以下にならない場合、動作点は位置Ｃよりも最大電力点側の位置Ｃ’に移動しているものの、最大電力点を越えて開放電圧V_{OC}側にまでは移動していないと判断し、振幅Ｒの縮幅（制御量の縮小制御）を継続する。

【００２２】

このような縮幅を継続した結果として動作点が短絡電流I_{sc}側から最大電力点を越えて開放電圧V_{OC}側にまで移動すると、振幅Ｒは次のように変動したことになる。すなわち、動作点が最大電力点よりも開放電圧V_{OC}側に移動した状態下で高周波インバータブリッジ５をＰＷＭ制御しながら所定時間（ｔ＝Ｔ）が経過した後の時点では、インバータ出力電流I_{out}の振幅ｒは設定した振幅Ｒに収束しており、誤差Ｇはほぼなくなっている。そして、誤差Ｇが所定の設定値以下となったことを制御量演算部１４が検出すると、動作点は最大電力点よりも開放電圧V_{OC}側に移動していると判断したうえ、電流指令信号I_{ref}の振幅Ｒを拡幅する方向（制御量を大きくする方向）に沿った制御が実行されることになり、このような制御を繰り返しながら動作点が最大電力点に追従するよう高周波インバータブリッジ５をＰＷＭ制御する。

【００２３】

次に、日射強度Ｅ１で動作点が最大電力点を追従している状態から日射強度がより大きな日射強度Ｅ２に急増した場合のインバータ装置１の動作を、太陽電池の出力特性曲線上の

動作点の変化を表す図７の説明図に基づいて説明する。すなわち、図７で示すように、最大電力点を追従して位置Ｆにある動作点が日射強度の急増に伴って開放電圧V_{oc}側の位置Ｆ’へ移動すると、直流入力電圧V_{in}から求めた太陽電池２の動作点電圧V_Mが急増することになり、インバータ出力電流I_{out}の振幅ｒも急増する。そこで、上記した制御を継続すると仮定した場合、ＰＷＭ制御部１５は電流指令信号I_{ref}とインバータ出力電流I_{out}との誤差が零に収束するようなＰＷＭ制御を実行し、制御量演算部１４は制御量の目標値を１ステップずつ大きくして電流指令信号I_{ref}の振幅Ｒを１ステップずつ拡幅することになる。

【００２４】

つまり、この際におけるインバータ出力電流I_{out}の振幅ｒは、日射量の急増に伴って一旦急激に拡幅した後、制御量を目標値に一致させるフィードバック制御により、日射量が急増する前の電流指令信号I_{ref}の振幅Ｒよりも数ステップ分だけ大きな振幅Ｒ＋ΔＲ（ΔＲは微小値）として縮幅し（図７中の位置Ｆから位置Ｈへ移動）、その後、最大電力点の位置Ｊを追従するようにして電流指令信号I_{ref}の振幅Ｒが１ステップずつ増加するのに伴って徐々に拡幅することとなる。そのため、日射量の急増後において、動作点が最大電力点の位置Ｊに到達するまでには長時間を要することになり、日射量の急増を検出して日射量急増期間であることを直ぐには判断できないのが現状である。

【００２５】

そこで、このような現状を改善すべく、本実施の形態にかかるインバータ装置１では、そのインバータの制御方法として、ある時点で検出した太陽電池２の動作点電圧値を初期動作点電圧値として記憶するとともに、ある時点から１サンプリング時間が経過した時点ごとにおける動作点電圧値を最新動作点電圧値として検出し、かつ、最新動作点電圧値から初期動作点電圧値を減算して電圧変化幅を算出した後、初期動作点電圧値を検出した時点から電圧変化幅の算出に用いた最新動作点電圧値を検出した時点までの経過時間でもって電圧変化幅を除算して電圧変化率を算出したうえ、電圧変化率が設定値を越えている際には日射量急増期間であると判断する制御方法が採用される。

【００２６】

すなわち、このインバータ装置１が備えている制御回路１３を構成する高周波インバータブリッジ制御系１３ａのうちに含まれる電圧変化監視部１９は、ある時刻t_oにおける太陽電池２の動作点電圧を初期動作点電圧V_{Mo}として記憶し、かつ、１サンプリング時間T_sが経過した時点ごとに更新される動作点電圧を最新動作点電圧値V_Mとして検出したうえ、初期動作点電圧V_{M0}に対する最新動作点電圧値V_Mの電圧変化幅を監視しておき、その電圧変化幅を時刻t_oからの経過した合計時間で除算して算出された値（以下、平均電圧変化率αという）が所定の設定値β、つまり、変化の傾きを示す設定値βを越えているか否かを調べており、平均電圧変化率αが設定値βを越えている際には日射量急増期間であるとの判断を下すことになっている。

【００２７】

以下、平均電圧変化率αを算出する際の具体的な手順を、日射量急増時の太陽電池動作点電圧の変化を表す説明図である図８を参照しながら説明する。なお、以下の説明では、周期Ｔの開始時点（図８（ａ）中の時刻t_o）から所定のサンプリング回数であるｉ回が経過した後の時点（図８（ａ）中の時刻t_i）までの間における平均電圧変化率をα_iとする。そこで、この平均電圧変化率α_iは、最新動作点電圧値V_M（時刻t_iでの動作点電圧値）から初期動作点電圧V_{M0}（時刻t_0での動作点電圧値）を減算して算出された電圧変化幅を、時刻t_0から時刻t_iまでの経過時間、つまり、$T_s \times i$で除算して算出された値であることになる。

【００２８】

まず、高周波インバータブリッジ制御系１３ａが具備している電圧変化監視部１９は、１サンプリング時間T_sが経過する度ごとに平均電圧変化率α_iと設定値βとの大小を比較しており、時刻t_oから時刻t_nまでの周期Ｔが経過した期間内において、平均電圧変化率α_iが設定値βを越えていない場合には、この周期Ｔの期間内で日射量の急

激な増加が発生していないと判断する。そして、記憶していた初期動作点電圧V_{Mo}をリセットし、かつ、時刻t_nでの動作点電圧を新たな初期動作点電圧V_{Mo}'として記憶した後、時刻t_nを次の周期Tを開始する時刻t_o'と設定し直したうえで上記したのと同じ計算を実行する。その後、周期Tが経過し終わるいずれかの時点、例えば、図８（ｂ）中の時刻t_kで平均電圧変化率α_kが設定値βを越えると、電圧変化監視部１９は、周期Tの終了を待たずに日射量が急増した、つまり、日射量急増期間であると判断したうえで制御量演算部１４に対して日射量急増検出信号を出力する。

【００２９】

また、記憶していた初期動作点電圧V_{Mo}'を時刻t_kでリセットし、この時刻t_kでの動作点電圧を新たな初期動作点電圧V_{Mo}'として記憶した後、時刻t_kを次の周期Tを開始する時刻t_o'と設定し直したうえで上記したのと同じ計算を実行する。すなわち、以上説明したように、平均電圧変化率αの監視を繰り返しながら日射量急増期間であるか否かを判断するインバータの制御方法であれば、太陽電池２の動作点電圧が微小な増減をしたにも拘わらず、電圧変化監視部１９が日射量の急増と誤認することはなくなり、太陽電池２の動作点電圧が急上昇したことに基づいて直ちに日射量の急増を検出することが可能となり、直ぐさま日射量急増期間であるとの判断を下し得るという利点が確保される。

【００３０】

さらに、本実施の形態にかかるインバータ装置１では以下のようなインバータの制御方法が引き続いて採用されることになり、ここでは、日射量急増時の電流指令信号I_{ref}とインバータ出力電流I_{out}との関係をそれぞれ表す説明図であるところの図９を参照しながら引き続くインバータの制御方法を説明する。すなわち、この制御方法は、要するに、日射量急増期間であると判断した以降の時点では、検出されたインバータ出力電流の振幅のうちで最大となる振幅を電流指令信号の振幅として設定することを特徴とする制御方法である。なお、この際にあっては、電圧変化監視部１９が日射量急増期間であるとの判断を下しており、制御量演算部１４に対する日射量急増検出信号を送り続けているとする。

【００３１】

まず、インバータ装置１を構成しているインバータ出力電流検出器１２は、検出されたインバータ出力電流I_{out}を制御量演算部１４及びＰＷＭ制御部１５に対して出力し続けており、電圧変化監視部１９からの日射量急増検出信号が入力している制御量演算部１４は、日射量急増期間が開始した時点（ｔ＝０）におけるインバータ出力電流I_{out}の振幅ｒが最大振幅r_{max}であると設定する。そして、この制御量演算部１４は、インバータ出力電流I_{out}の最大振幅r_{max}を電流指令信号I_{ref}の振幅Ｒとして設定し、設定された振幅Ｒに基づく電流指令信号I_{ref}を生成したうえでＰＷＭ制御部１５へと出力する。その後、１サンプリング時間T_sが経過した後の時点（$t=T_s$）で検出されたインバータ出力電流I_{out}の振幅ｒ'と最大振幅r_{max}とが比較されることになり、図９（ａ）で示すように、インバータ出力電流I_{out}の振幅ｒ'の方が最大振幅r_{max}よりも大きい場合には最大振幅r_{max}が振幅ｒ'でもって更新される一方、図９（ｂ）で示すように、振幅ｒ'が最大振幅r_{max}よりも小さい場合には更新しないままとすることが実行される。

【００３２】

そして、制御量演算部１４は、日射量急増期間が開始したのと同時点で得られたインバータ出力電流I_{out}の最大振幅r_{max}を電流指令信号I_{ref}の振幅Ｒとして設定し、この振幅Ｒに基づく電流指令信号I_{ref}を生成したうえでＰＷＭ制御部１５へと出力する。すなわち、制御量演算部１４へと日射量急増検出信号が入力している間の１サンプリング時間T_sが経過する時点ごとに、上記したような一連の動作が実行される結果、電流指令信号I_{ref}の振幅Ｒは常にインバータ出力電流I_{out}の最大振幅r_{max}とされていることになる。したがって、電流指令信号I_{ref}の振幅Ｒは、日射量急増期間であると判断された当初の時点からインバータ出力電流I_{out}の振幅

ｒに追従して拡幅することになり、太陽電池２の最大電力点に到達するまでの必要時間は大幅に短縮される。

【００３３】

さらに、本実施の形態にかかるインバータ装置１においては、設定された電流指令信号の振幅が１サンプリング時間前の時点で設定された電流指令信号の振幅から設定値以上増加している場合には、１サンプリング時間前の時点で設定された電流指令信号の振幅に設定値を加算した振幅を新たな電流指令信号の振幅として設定することを特徴とするインバータの制御方法を採用することも可能である。すなわち、この制御方法では、ある時点における電流指令信号I_{ref}の振幅R_iと１サンプリング時間T_s前の時点における振幅R_i’と比べて変化した量γを制御量演算部１４が監視しており、振幅R_i’と比較した場合における振幅R_iの変化量γが設定値δ以上であるとき、電流指令信号I_{ref}の振幅R_iとしては振幅R_i’に設定値δを加算した値が設定されることとなり、振幅R_i’に設定値δを加算して設定された振幅R_iに基づく電流指令信号I_{ref}が生成される。そして、この制御方法であれば、制御量演算部１４により、電流指令信号I_{ref}の振幅Ｒが過大となってしまうことが抑制される。

【００３４】

さらにまた、日射量がほぼ一定で太陽電池２の動作点がほとんど移動せずに安定しているインバータ装置１におけるインバータの制御方法を説明するが、この際における制御方法では、ある時点から所定時間が経過する時点までの間における電圧変化率の絶対値が設定値よりも小さい場合には日射量安定期間であると判断し、電流指令信号の振幅のステップ幅を小さくすることが実行される。なお、ここでの電圧変化監視部１９は、日射量の急増を検出していないとする。

【００３５】

すなわち、電圧変化監視部１９は、ある時刻t_iにおける太陽電池２の動作点電圧V_{Mi}に対する所定時間T_iが経過した後の時点における動作点電圧V_{Mi}’の変化量εを経過時間T_iで除算して求められた電圧変化率α_iを監視しており、電圧変化率α_iの絶対値が所定の設定値ζ以下である場合の電圧変化監視部１９は、日射量がほぼ一定であるから日射量安定期間であるとの判断を下し、制御量演算部１４に対して日射量安定検出信号を出力する。そして、このような動作を所定時間T_iが経過する度ごとに繰り返して日射量安定期間であるか否かを判断し、日射量安定期間である限りは日射量安定検出信号を出力し続ける。一方、電圧変化監視部１９からの日射量安定期間検出信号を受け取った制御量演算部１４は、電流指令信号I_{ref}の振幅Ｒ（制御量の目標値）のステップ幅を小さく設定することになり、日射量安定期間の最大電力点を追従している太陽電池２の動作点電圧が周期的に変動することは抑制される。

【００３６】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明にかかるインバータの制御方法では、最新動作点電圧から初期動作点電圧値を減算して電圧変化幅を算出し、初期動作点電圧値を検出した時点から電圧変化幅の算出に用いた最新動作点電圧を検出した時点までの経過時間でもって電圧変化幅を除算して電圧変化率を算出することによって電圧変化率を監視し続けているので、日射量急増期間であるとの速やかな判断を下すことが可能となる。加えて、インバータの制御量の目標値は、電流指令信号とインバータ出力電流との誤差の大きさに基づいて１ステップずつ変化させられるのが通常であるが、本発明の制御方法においては、日射量急増期間であると判断した以降の時点における電流指令信号の振幅（制御量の目標値）が検出されたインバータ出力電流の振幅のうちで最大となる振幅に設定されるので、日射量の急増に追従して直ちに制御量の目標値を増加させることが可能となり、太陽電池の動作点が最大電力点に到達するまでに要する時間を大幅に短縮することができるという効果が得られる。

【００３８】

また、本発明にかかるインバータの制御方法であれば、１サンプリング時間前の時点で検

出された電流指令信号の振幅に設定値を加算した振幅をある時点で検出された電流指令信号の振幅として設定することに伴って制御量の目標値の変化幅における上限を設けているので、太陽電池の動作点が過大に変化することを抑制できるという効果が得られる。さらにまた、本発明にかかるインバータの制御方法にあっては、ある時点から所定時間が経過する時点までの間における電圧変化率の絶対値が設定値よりも小さい場合には日射量安定期間であると判断し、電流指令信号の振幅のステップ幅（制御量の目標値の変化幅）を小さくしているので、太陽電池の動作点が周期的に変動する振幅を抑制することが可能となり、最大電力点をより正確に追従することができるという効果も得られる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本実施の形態にかかるインバータ装置の全体構成を示す回路図である。

【図２】太陽電池の出力特性曲線上の動作点の変化を表す説明図である。

【図３】電流指令信号I_{ref}とインバータ出力電流I_{out}との関係をそれぞれ表す説明図である。

【図４】所定時間Ｔでのインバータ出力電流I_{out}の変化を表す説明図である。

【図５】電流指令信号I_{ref}とインバータ出力電流I_{out}との関係をそれぞれ表す説明図である。

【図６】所定時間Ｔでのインバータ出力電流I_{out}の変化を表す説明図である。

【図７】太陽電池の特性曲線上の動作点の変化を表す説明図である。

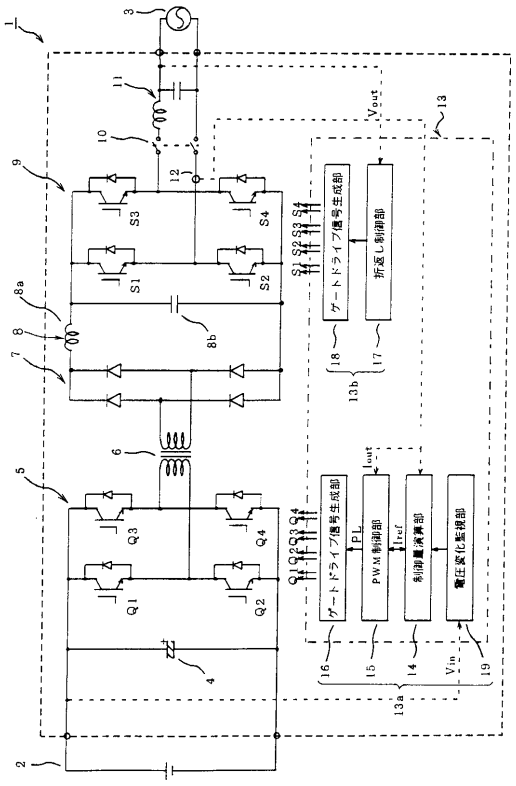
【図８】日射量急増時の太陽電池動作点電圧の変化を表す説明図である。

【図９】日射量急増時の電流指令信号I_{ref}とインバータ出力電流I_{out}との関係をそれぞれ表す説明図である。

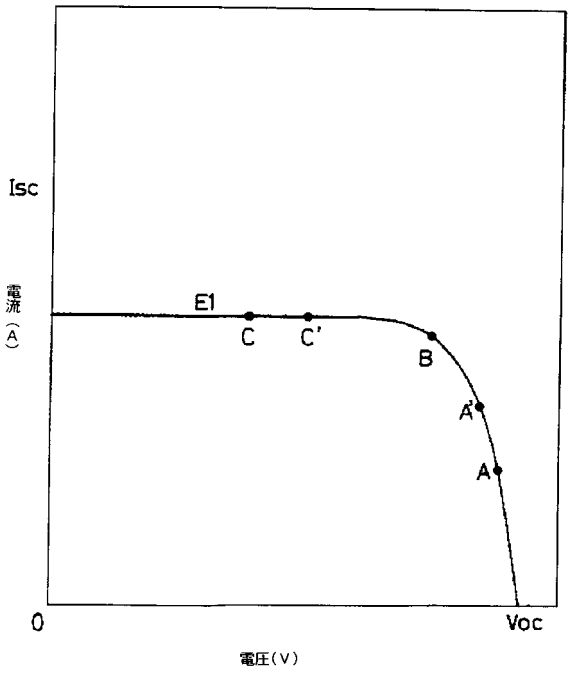
【符号の説明】

１　インバータ装置
２　太陽電池
３　商用電力系統
５　高周波インバータブリッジ
９　低周波インバータブリッジ
１２　インバータ出力電流検出器
１３　制御回路
１４　制御量演算部
１５　ＰＷＭ制御部
１６　ゲートドライブ信号生成部
１９　電圧変化監視部

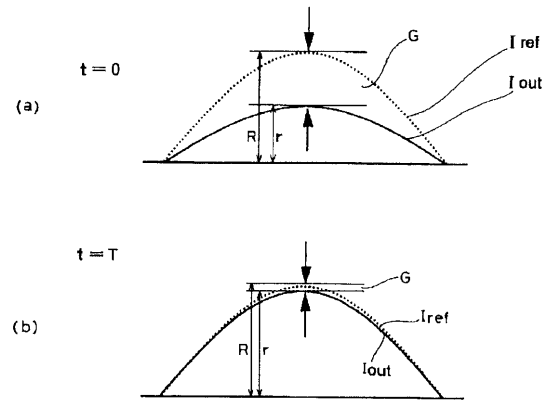
【図１】


1
2
3
4
5
6
7
8
8a
8b
9
10
11
12
13
13a
13b
Vout
S1
S2
S3
S4
Q1
Q2
Q3
Q4
ゲートドライブ信号生成部
折返し制御部
PWM制御部
制御量演算部
電圧変化監視部
PL
Iout
Iref
Vin
14
15
16
17
18
19

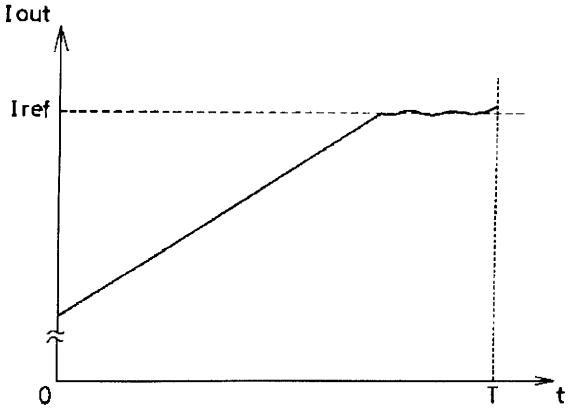
【図２】


Isc
E1
C
C'
B
A'
A
0
Voc
電圧(V)

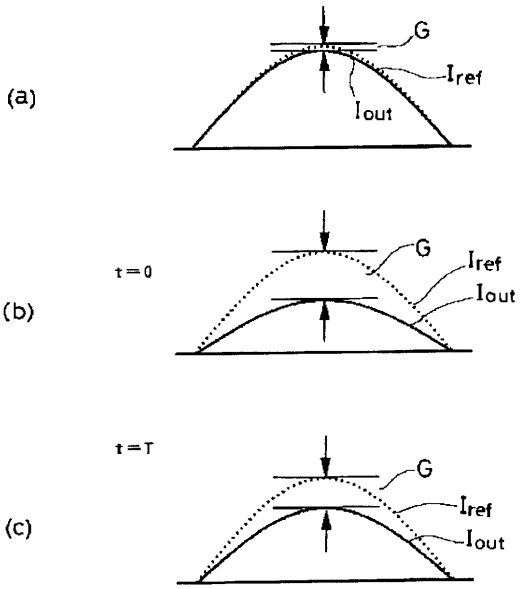
【図３】


(a)
t＝0
G
Iref
Iout
R
r
(b)
t＝T
G
Iref
Iout
R
r

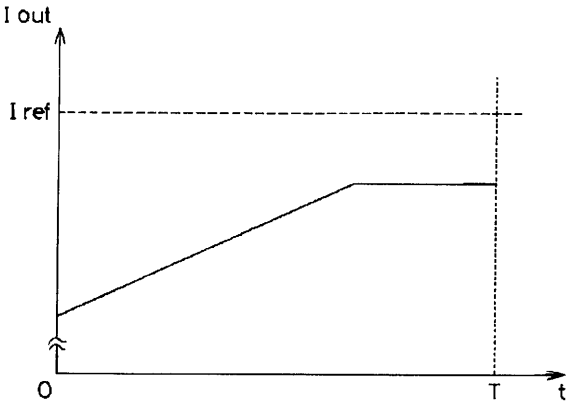
【図４】


Iout
Iref
0
T
t

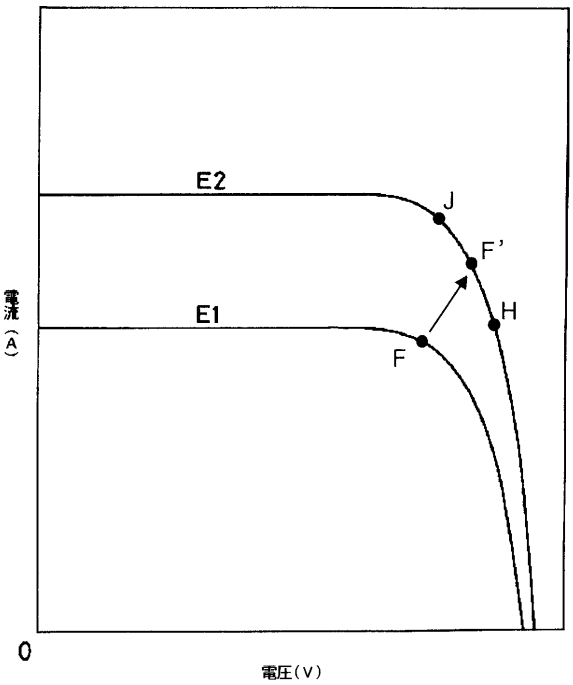
【図５】


(a)
G
Iref
Iout
t＝0
(b)
G
Iref
Iout
t＝T
(c)
G
Iref
Iout

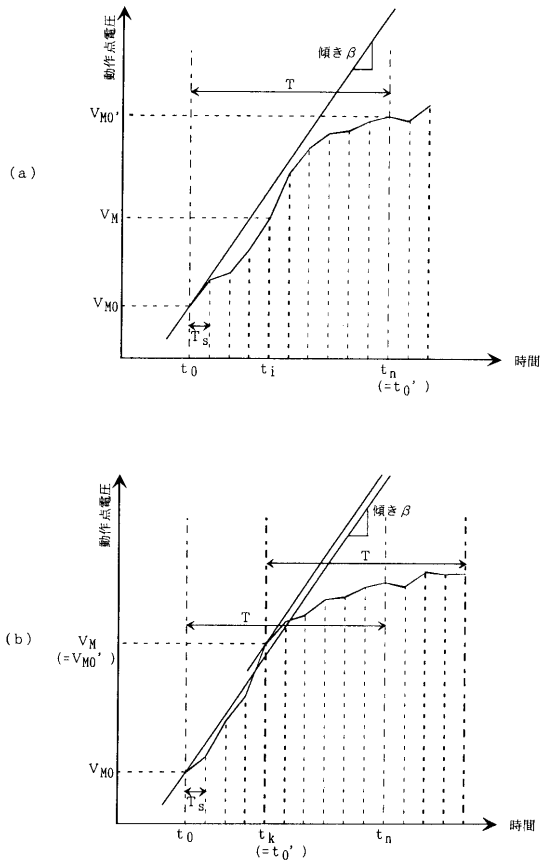
【図６】


I out
I ref
0
T
t

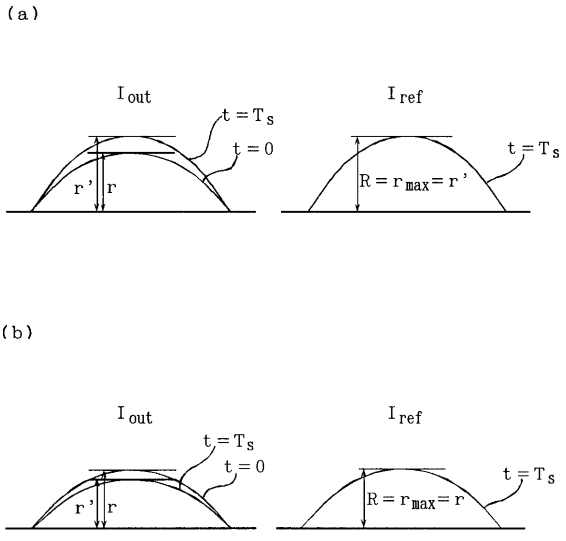
【図７】


E2
J
F'
E1
H
F
電流(A)
0
電圧(V)

【図８】


(a)
動作点電圧
傾き β
T
VM0'
VM
VM0
Ts
t0
ti
tn
(=t0')
時間
(b)
動作点電圧
傾き β
T
T
VM
(=VM0')
VM0
Ts
t0
tk
(=t0')
tn
時間

【図９】


(a)
I out
t = Ts
t = 0
r'
r
I ref
t = Ts
R = rmax = r'
(b)
I out
t = Ts
t = 0
r'
r
I ref
t = Ts
R = rmax = r

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平１０－１３３７５５（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－１７１４３０（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０３６４３３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
H02M 7/48
G05F 1/67