

発電用ハイブリッドコントローラの検証

A Verification of the Hybrid Controller for Power Supply

○ 水口智貴*, 神田和也*

○ Tomoki Mizuguchi, Kazuya Kanda

*鶴岡工業高等専門学校

*Tsuruoka National College of Technology

キーワード： 電子回路 (electronic circuit), 太陽電池 (solar cell)

MPPT(Maximum Point Power Tracker), DC-DC コンバータ (dc-dc converter)

連絡先： 〒 997-0842 山形県鶴岡市井岡字沢田 104 鶴岡工業高等専門学校 電気電子工学科
神田和也, Tel.: (0235)25-9095, Fax.: (0235)25-9095, E-mail: kanda@tsuruoka-nct.ac.jp

1. はじめに

近年, 地球温暖化や化石燃料の消費を抑えるために環境に優しい, かつクリーンな発電, 自然エネルギーを利用した発電として, 風力発電や太陽光発電が重要視されている. しかしながら, この二つの発電は発電量が火力, 原子力に比べ小さく, 気象条件によって影響されやすく, 天候の良し悪しによって電力の供給が不安定である. 大型発電システムの場合は単独の稼働が容易だが, 小型発電システムでは単独での稼働は少なく, 太陽光発電と風力発電を組み合わせて使用されることが多い状況である. このような二つ以上の発電システムを組み合わせたものを「ハイブリッド発電」と呼ばれ, 太陽光発電, 風力発電の他に小水力発電や, バイオマスを組み合わせたものもあり, 一般的には太陽光発電と風力発電の組み合わせが主流である.

ハイブリッド発電の使用例として電力供給が難しい田畑や, 公共施設などの保安照明などに使用され, 身近な場所にも現れるようになってきている. しかし, それらを同時に制御することは困難であるため, ハイブリッドコントローラが使用される. ハイブリッドコントローラとは, 風力発電と太陽光発電の二つの

電力を効率良く一つに集め, 負荷側へ提供し, 日中は太陽光発電で負荷側に電力提供やバッテリーに充電し, 太陽光が使用できない夜間では, 風力発電による発電や日中に充電したバッテリーの電力を負荷側に提供することが可能なコントローラであり, 発電機器や, バッテリー, 負荷との間に構成される. しかし, 風力発電の発電量は市街地での場合, 有効発電電力が発電機能力の 10 %程度になるため, 発電量が多い太陽光発電を重点とした制御コントローラの作製を目的とした.

本研究では太陽光発電と風力発電との発電量の差があるため, 太陽光発電に着目し太陽光発電の発電量を向上させる制御コントローラの作製し, 検証結果を報告する.

2. 太陽電池充電コントローラ

2.1 概要

太陽電池充電コントローラは太陽電池と蓄電池の間に繋いで使用し, 主な機能として, 過充電保護と最大電力出力機能がある. 最大電力出力機能とは, 太陽電池の出力電力を最大にする機能である. 太陽電池には I-V 出力特性があり, I-V 出力特性につい

て Fig.1 に示す。太陽電池は接続した負荷の電圧によって取り出せる電流が決定される性質があり、I-V 出力特性で電流と電圧のバランスの良い点が太陽電池の発電電力の最大となる。この点の出力で発電することが太陽電池の発電効率の向上といえる。1) 2)

2.2 過充電保護

バッテリーで使用した鉛蓄電池は過充電に避ける必要があり、必要以上の充電はバッテリーに負荷を与え、バッテリー液の減少、寿命短縮、ガス発生による引火・爆発等を発生させる。これらの現象を防ぐために、バッテリーの電圧を測定し、過充電と判断した場合、太陽電池とバッテリー間を切り離す必要がある。

2.3 降圧コンバータ

実際に使用される太陽光発電の電圧値は蓄電池よりも大きいものが多く、ダイオードのみ間に接続した場合（以降、直接接続と呼ぶ）、太陽電池と蓄電池のマッチングが必要となり、蓄電池に合わせた太陽電池の選定となる。降圧コンバータを使用すれば、太陽電池の発電電圧を調整でき、I-V 出力特性に適した値にすることが可能である。3) 本研究では、変換効率の良く、簡単なチョップ方式の降圧コンバータを作製する。Fig.2 に示す

3. MPPT 制御

3.1 概要

太陽電池に接続されるバッテリーや、負荷により出力が決定され、太陽電池が本来持つ定格の出力特性より低い出力電力となり、発電効率が低下する。発電効率を向上させるために MPPT 制御が使用される。MTTP 制御とは太陽電池の発電電圧と発電電流を測定し、発電電力が最大になるように追従させ、太陽電池の発電電力を効率良く充電する方法である。MPPT 制御には、電圧追従法と山登り法があり、I-V 出力特性を利用し、発電電力を最大にする方法である。

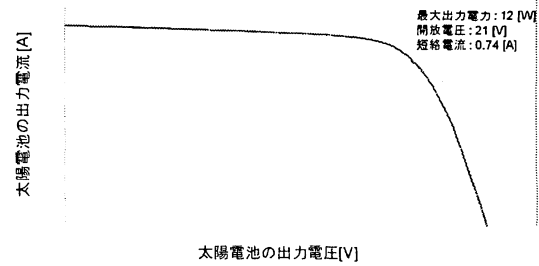


Fig. 1 I-V power output characteristics

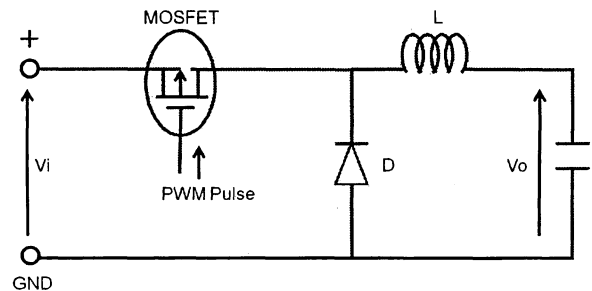


Fig. 2 DC-DC Buck converter

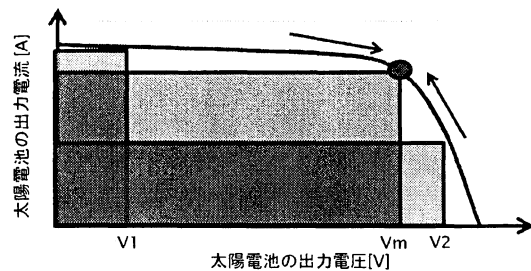


Fig. 3 The method of voltage tracker

3.2 電圧追従法

電圧追従法とは I-V 出力特性を利用する方法で Fig.3 に示し説明する。枠の面積が発電電力を表し、V1 のように発電電流が高く、V2 のように発電電圧が高くてもバランスが悪く、効率良く発電ができていない状態である。しかし、Vm のように発電電流と発電電圧のバランスが良い状態の時、太陽電池は最大発電電力で発電できる。このときの電圧値は開放電圧の約 80 % (以降、最適電圧と呼ぶ) で、DC-DC コンバータを使用し太陽電池の発電電圧を変化させ、発電効率を向上させる。特徴として、太陽電池の動作点がバッテリーや負荷の電圧の影響を受けないため、一定以上の効率で太陽電池から電力を取り出すことができる。電圧値の測定で行うことができ、制御が容易で比較的安価であること。気象条件により最適電圧が変動するため、必ずしも最適電圧で動作しているとはいえ、精度が山登り法より低いことである。

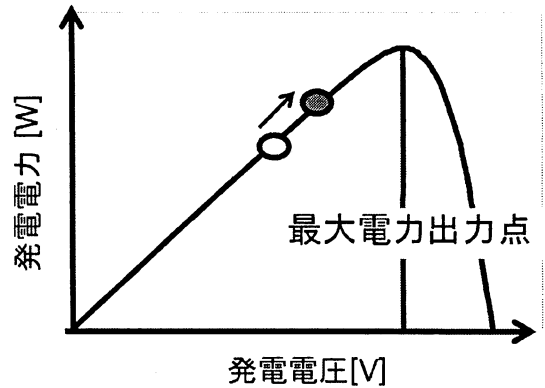


Fig. 4 The method of maximum power point tracker

3.3 山登り法

山登り法を Fig.4 に示し説明する。Fig.4 は縦軸を発電電力、横軸を発電電圧にして示したものである。この方法は太陽電池の発電電圧と発電電流を測定し、発電電力を算出し、逐一比較することにより、最大出力電力に近づけて発電することが可能な方法である。Fig.4 のように、最大電力出力点が山の頂に見え、山に登って行くように見えることから山登り法といわれる。この方法も、電圧追従法と同様に DC-DC コンバータを使用して太陽電池の電圧を変化させる。特徴として、それぞれの気象条件化に合った太陽電池の最大出力電力を取り出すことが可能である。電圧追従法より精度が良い。回路・制御が電圧追従法よりも複雑であるため、コストや消費電力が高い。

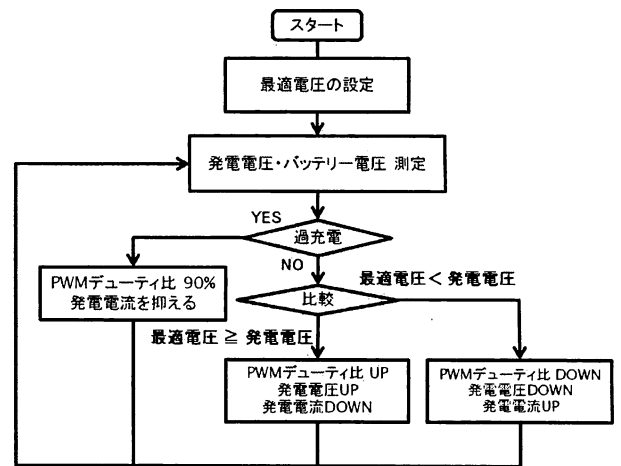


Fig. 5 The method of voltage tracker Flow chart

チャートを Fig.5 に示し、山登り法のフローチャートを Fig.6 に示す。これらのフローチャートは電圧値を測定して PWM 制御のデューティ比を変化させる構成である。

3.4 制御方法

MPPT 制御に PIC マイコン (16F88) を使用した。A/D 変換により電圧値を読み取り、過充電保護、MPPT 制御の電圧値の比較に動作させた。山登り法での電流測定には電流センサ (sparkfun 社製, ACS712) で、電圧値に変換し使用した。PWM 出力機能により、降圧コンバータの制御を動作する。電圧追従法のフロー

4. 実験

4.1 実験環境概要

MPPT 制御を利用したコントローラを使用して比較検証を行う。Fig.7, Fig.8 に実験概略図を示す。光源として、300[W] の白熱電球を 6 つ使用し、太陽電池 (OPTOSupply Limited 製, OSSM-SF0012) に

照射し、負荷としてバッテリー容量 38[Ah] のバッテリー (イーグルピッチャー社製, CF-12 38DC) を使用する。太陽電池と負荷間に逆流防止整流ダイオード (PANJIT INTERNATIONAL INC. 製, ER504) と、コントローラを接続し、発電電圧, 発電電流を測定する。室温は 20[°C], 室内照度は 20[lx], 5 分間の計測を行う。Fig.7 は、直接接続とコントローラを比較する実験回路であり、太陽電池が受ける四隅の照度を約 10000[lx] にして、測定を行う。Fig.8 は電圧追従法と山登り法を比較する実験回路であり、太陽電池が受ける四隅の照度を 10000[lx] と 15000[lx] として測定する。

4.2 結果

Fig.7 の実験回路より、直接接続とコントローラでの太陽電池の発電電力の様子を Fig.9 に示す。電圧追従法, 山登り法, 直接接続の順で発電電力が得られ、直接接続より電圧追従法では 108 % 出力が増加し、山登り法では 104 % 出力が増加した結果となった。Fig.8 の実験回路より、山登り法と電圧追従法の発電電力の様子を Fig.10 に示す。太陽電池が受ける照度を 10000[lx] と 15000[lx] にし、実線が 10000[lx], 破線が 15000[lx] を表している。10000[lx] では電圧追従法の発電電力が大きくなり、15000[lx] では、山登り法の発電電力が大きくなる結果となった。

4.3 考察

直接接続とコントローラの比較ではコントローラを使用した方が発電電力が得られることが分かるが、増加率が 110 % 以下の結果となった。コントローラによって最適電圧付近で発電しているが、直接接続の場合、太陽電池の発電電圧はバッテリーの電圧に依存される。バッテリーの電圧が最適電圧に近い値の場合、最適電圧付近で発電できるため増加の割合が小さい結果になったと考えられる。

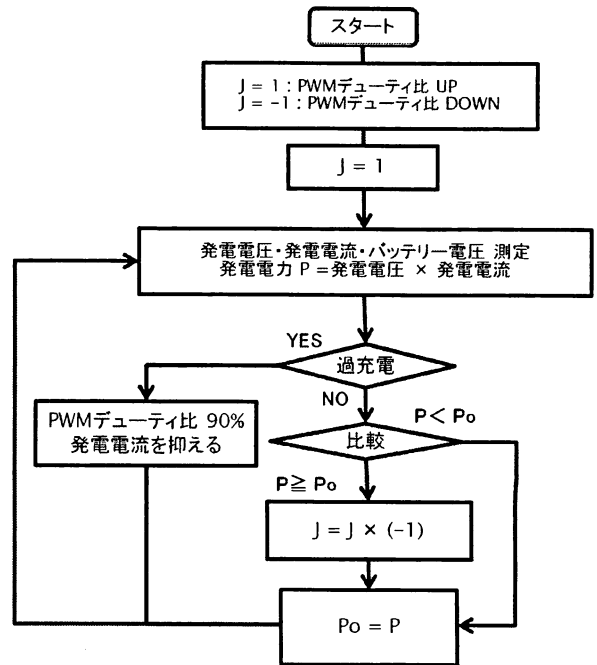


Fig. 6 The method of maximum power point tracker Flow chart

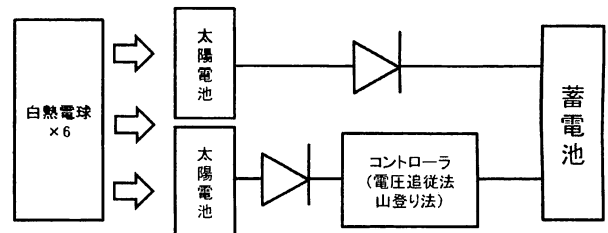


Fig. 7 The comparison of direct circuit and a controller

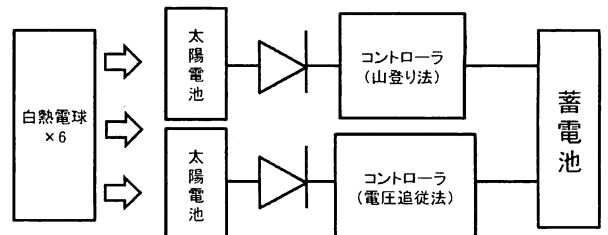


Fig. 8 The comparison of voltage tracker and maximum power point tracker

電圧追従法と山登り法の比較では 15000[lx] の時、山登り法の発電電力が大きく、10000[lx] の時電圧追従法の発電電力が大きくなる結果となった。電圧追従法の場合、照度を変えての測定のため、照度の変化により最適電圧が変化し、10000[lx] で調整した回路では 15000[lx] の最適電圧で発電できなかったと考えられる。山登り法の場合は発電電圧と発電電流を測定して比較するため、電流センサの感度の良さが求められる。使用した太陽電池は最大出力電力が 12[W] の小型のもので、10000[lx] の照度では発電電流が 200[mA] 程度なため、使用した電流センサでは小さい電流の変動に対応できなかったと考えられる。反対に 15000[lx] では、10000[lx] に比べ電流の変動が大きいため、電流センサの感度が良くなり最大電力出力点に追従しやすい結果になったと考えられる。

5. おわりに

太陽電池での発電は、コントローラを使用することで発電効率を上昇させることができ、その方法を MPPT 制御という。MPPT 制御には I-V 出力特性を利用する電圧追従法と、発電電力と発電電圧を測定し発電電力を算出し、随時比較し最大電力出力点に近づけていく山登り法がある。それらの MPPT 制御機能をもつ太陽充電コントローラを 2 つ作製し比較検証を行った。直接接続での発電、電圧追従法、山登り法を比較しコントローラが発電効率を上昇させることを確認できた。電流センサの感度、照度による影響により発電電力の効率が変化するため、安定性を向上させる必要がある。

今後の課題として、出力電力が異なる太陽電池での測定、電圧追従法の照度による最大電力出力点の変動対策、山登り法の電流測定の検証、太陽電池に影ができたときの対策、異なるコンバータでの検証を挙げる。

参考文献

- 1) 吉富政信:太陽光パネルの基礎と取り扱い方, トランジスタ技術, 47-3, 76/86(2010)
- 2) 塚本勝考, 延原高志:太陽電池をフルパワー発電させる MPPT の製作, トランジスタ技術, 42-9, 164/174(2005)
- 3) 久保大次郎:太陽電池と組み合わせる鉛蓄電池の高効率充電回路, トランジスタ技術, 47-3, 93/102(2010)

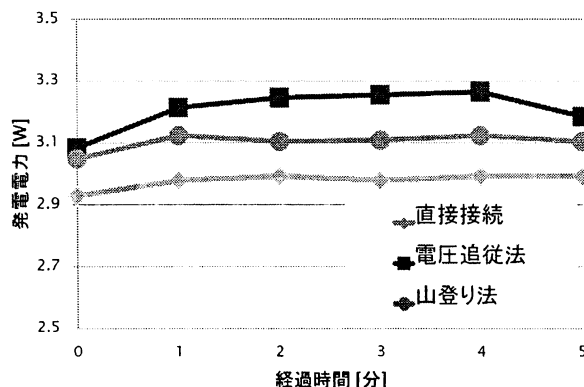


Fig. 9 Generated output by the direct circuit and a controller

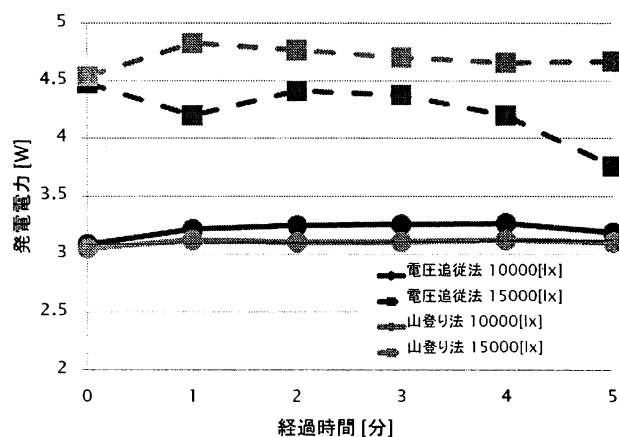


Fig. 10 Generated output by the voltage tracker and maximum power point tracker