

太陽電池の最適 MPPT 制御
一太陽電池のモデル式の評価及び山登り法のシミュレーション一
Most Suitable MPPT Control of PV Modules

一Evaluation of PVmodules's Model-Style and Simulation of Hill Climbing Methods一

○藤田裕之¹, 高橋克弥², 西川省吾³

*Hiroyuki Fujita¹, Katsuya Takahashi², Shogo Nishikawa³

Abstract: We can investigate the influence that difference in MPPT control gives power performance and safety by an experiment, but it is difficult to obtain a general solution because examination conditions are limited. To simulate the MPPT control with various control conditions in this study, and to examine it; program it, and is intended that develop the most suitable MPPT control that watched from power performance, safety. We performed the model-style of the photovoltaic cell evaluation to use for the estimate of I-V properties and the MPPT control using the hill climbing method in this report.

1. はじめに

太陽光発電(PV)では PV の出力制御として最大出力点追従制御(MPPT 制御)が適用されているが, 発電性能や安全性は制御方式により異なる^[1].

実験により MPPT 制御の違いが発電性能や安全性に与える影響を調査することはできるが, 検討条件が制限されるため一般的な結果を得ることが困難である.

本研究では様々な制御条件を持った MPPT 制御をシミュレーション検討するためのプログラムを作成し, 発電性能, 安全性から見た最適な MPPT 制御を開発することを目的とする.

本稿では太陽電池の I-V 特性の推定に用いる太陽電池のモデル式の評価と山登り法を用いた MPPT 制御を評価した.

2. 実施内容

<2.1> 太陽電池のモデル式の評価

今回はシミュレーションに用いる太陽電池のモデル式として(1)~(4)式に示すような Table1 の仕様のモジュールのものを用いた^[2].

$$I_{ph} = 8.127 \times (1 + 9.311 \times 10^{-4} \times (T_p - 25)) \times (I_{rr} + 1.034 \times 10^{-2} \times (1 - \exp(-51.39 \times T_p))) \quad (1)$$

$$I_0 = 8.203 \times 10^{-7} \times \exp(0.6457 \times I_{rr} + 9.607 \times 10^{-2} \times (T_p - 25)) \quad (2)$$

$$R_s = 1.413 \times 10^{-2} \times I_{rr}^{-2} - (0.9921 - I_{rr})^3 + 3.506 \times 10^{-1} \quad (3)$$

$$R_{sh} = 4.567 \times 10 \times I_{rr}^{-1} + I_{rr}^2 \times 3.580 \times 10^{-3} + 1.971 \times 10^2 \quad (4)$$

但し, I_{ph} :光誘起電流[A], I_0 :ダイオード飽和電流[A], R_s :直列抵抗[Ω], R_{sh} :並列抵抗[Ω], T_p :モジュール温度[°C], I_{rr} :日射強度[kW/m²]である

このモデル式の評価を行うため, Figure1 のような 3 並列 9 直列時の I-V 特性を推定するシミュレーションにより求めたアレイの最大出力動作電圧 V_{pm} の値と同じ仕様のモジュールの測定した I-V 特性から推定したアレイの V_{pm} の値をそれぞれ比較した. ただし, 測定で得られている V_{pm} の値は 1 分間隔である.

Table 1. Specification of modules

| | |
|------------------------------------|-------|
| Short Circuit Current I_{sc} [A] | 8.21 |
| Open Circuit Voltage V_{oc} [V] | 25.61 |
| Maximum Power P_{max} [W] | 153 |
| Maximum Power Voltage V_{pm} [V] | 20.30 |
| Diode factor | 1.5 |

今回のシミュレーション条件とした太陽電池の温度と日射強度を Figure2 に示す.

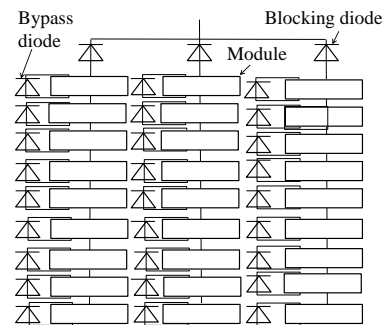


Figure 1. Array compositions

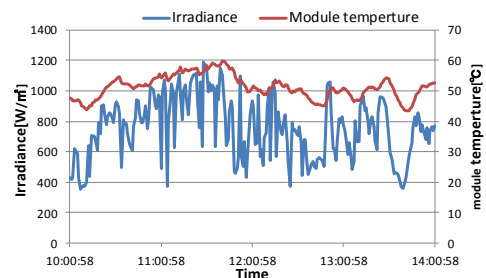


Figure2. Profile of irradiance and the module temperature
 <2.2> 山登り法による MPPT 制御のシミュレーション
 シミュレーションを行った山登り法のフローチャー

1 : 日大理工・学部・電気 2 : 日大理工・院 (前)・電気 3 : 日大理工・教員・電気

トは Figure3 のようになっている。

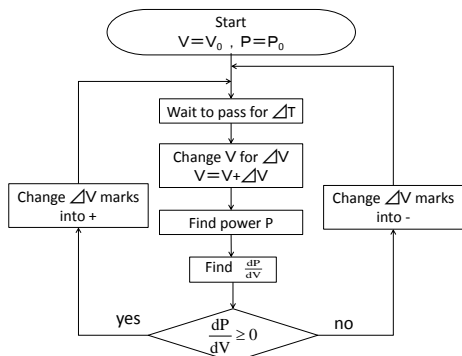


Figure3. Flow chart of Hill climbing method

Figure3 において V:電圧[V], P:電力[W], V_0 :シミュレーション開始時の電圧[V], P_0 :シミュレーション開始時の電力[W], ΔV :電圧の振幅[V], ΔT :電圧の制御間隔[s]であり, V と P 以外の値は任意の値である。

3. 結果

<3.1> 太陽電池のモデル式の評価

Figure4 に Figure1 のアレイの V_{pm} の実測値とシミュレーション値を示す。

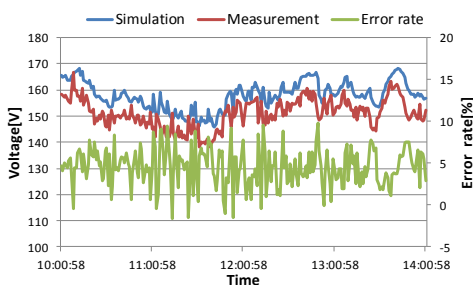


Figure 4. Calculated value and experimental value of V_{pm}

この結果から誤差率はおおよそ-2~10%となっており, シミュレーション値はほぼすべての時間で実測値よりも大きいことが分かる。

<3.2> 山登り法による MPPT 制御のシミュレーション

Figure5 に ΔT を 1 秒, ΔV を 1V とした場合の山登り法のシミュレーション結果と V_{pm} の実測値を示す。

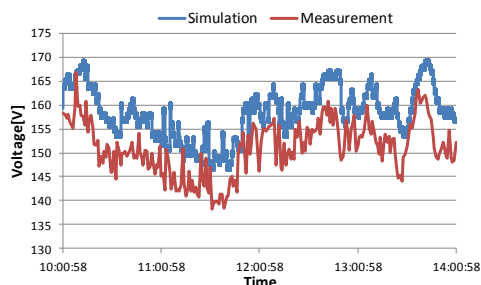


Figure 5. Calculated value and experimental value of Hill climbing method

Figure5 においても Figure4 と同様シミュレーション値が実測値よりも大きくなった。これは Figure4 で用いたものと同様のモデル式を用いていることが原因である。また, 今回の調査では I-V 特性が 1 分間隔であったため, 単位時間あたりの電圧の変化が小さく, シミュレーションでの電圧変化は短時間で振動状態になっ

た。

Figure6 に ΔV を 1V 一定とし, ΔT を変化させた場合のシミュレーション結果を, Figure7 に ΔT を 15 秒一定とし, ΔV を変化させた場合のシミュレーション結果を示す。

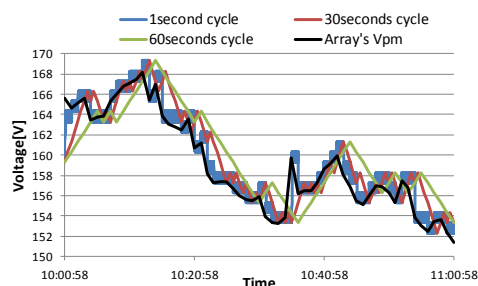


Figure 6. Change by the difference of the change cycle of the voltage

Figure6 において ΔT が 1 秒の場合と比較すると, 周期が 30, 60 秒の場合は 1 分間に電圧の変化回数が少ないため, ΔV が同じ場合電圧の急な変化を追従することができず, 瞬間的に V_{pm} が変化した場合 V_{pm} から値となってしまうことが分かる。また, これは周期が長くなるほどに顕著に表れることが分かる。

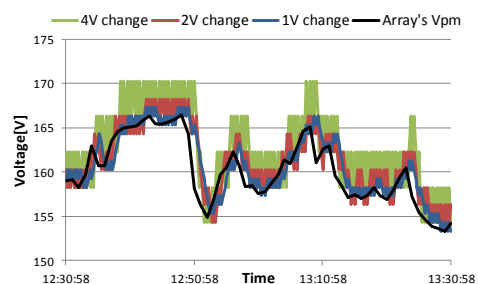


Figure 7. Change by the difference in change level of the voltage

Figure7 から数か所で電圧の値が振動していることが分かる。値が振動するのはその振動している範囲内に V_{pm} が存在しているということであるが, 電圧の変動値が大きいと Figure7 のように値が振動する範囲も大きくなってしまいうため変化後の方が変化前よりも V_{pm} から遠ざかってしまうことがある。

4. まとめ

今回の調査から今回使用しているモデル式には修正の必要があることが分かった。また山登り法による MPPT 制御では V_{pm} を追従しやすくなることから周期は短くした方が良いと考えられる。しかし, 電圧の変動値は小さい場合には V_{pm} の急な変化を追従しきれないことがあり, 大きい場合には V_{pm} の値に近づいた時の値の振動が大きくなり, V_{pm} から離れた値をとってしまうため, V_{pm} がどの程度安定しているかによって値を決めるべきだと考えられる。

5. 参考文献

- [1] 高橋克弥 他:「太陽電池モジュールの互換性に関する検討—逆電圧と損失の発生状況—」, 日本大学理工学部 学術講演会論文集, pp971-972, 2011
- [2] 井関和佳 他:「太陽電池モジュールの互換性に関する検討—PCS の違いによる逆電圧発生状況の検討—」, 太陽/風力エネルギー講演論文集, pp21-24, 2011