

電流センサのみをもつ昇降圧チョッパによる 太陽電池の最大電力点探索法

松本寛之[†] 野口季彦 (長岡技術科学大学)

Maximum-Power-Point Tracking Method of Photovoltaic with Single Current Sensor Implemented in Buck-Boost Chopper
Hiroyuki Matsumoto, and Toshihiko Noguchi (Nagaoka University of Technology)

1. はじめに

太陽光発電システムでは電力を最大限に取得するための最大電力点追従制御 (Maximum-Power-Point Tracking: MPPT) が行われる。最も一般的な MPPT は電圧と電流を検出し、電力を直接計算して最大となるように制御するものである⁽¹⁾。この手法では、センサが2つ必要となりシステムの簡素化や経済面で問題があった。

著者らはこれまでに、単一センサで最大電力点探索を行う手法を提案してきた^{(2),(3)}。今回は昇降圧チョッパに本アルゴリズムを適用するとともに、屋外で従来法と比較を行うことにより提案法の有効性を示した。

2. 提案する最大電力点探索アルゴリズム

図 1 に提案するシステムの回路構成を示す。システムは太陽電池、電圧形 DC-DC コンバータとして昇降圧チョッパ、そして負荷抵抗から構成されている。コンバータはスイッチング動作を含み非線形システムとなるため、その解析は複雑である。そこで、状態平均化法を用いてこの回路を線形的に取り扱い解析する。静特性を定式化するためにあたって、太陽電池は直流電圧源とそれに直列接続された内部抵抗でモデリングする。

以上のシステムについて状態平均化法により定常状態のコンデンサ電圧 V_C 、リアクトル電流 I_L 、出力電圧 V_o を定式化すると以下ようになる。

$$\begin{bmatrix} V_C \\ I_L \\ V_o \end{bmatrix} = \frac{V_{PV}}{r_L + r_s D + r_D D' + R_L D'^2 + R_{PV} D^2} \begin{bmatrix} r_L + r_s D + r_D D' + D^2 R_L \\ D \\ DD'R_L \end{bmatrix} \quad (1)$$

また、定常状態のリアクトル電流リップル ΔI_L は次式となる。

$$\Delta I_L = \frac{DD'T_s}{L} \frac{V_{PV}}{r_L + r_s D + r_D D' + R_L D'^2 + R_{PV} D^2} * (r_L + r_D + R_L D'^2) \quad (2)$$

上式において r_L , r_s , r_D はそれぞれリアクトルの損失抵抗、スイッチング素子のオン抵抗、ダイオードの順方向抵抗を表している。また、 D , D' , T_s はそれぞれスイッチング

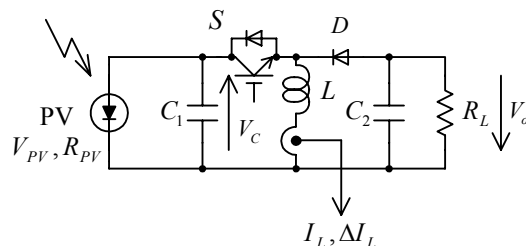


図 1 昇降圧チョッパによる構成例

Fig. 1. Configuration example of buck-boost converter.

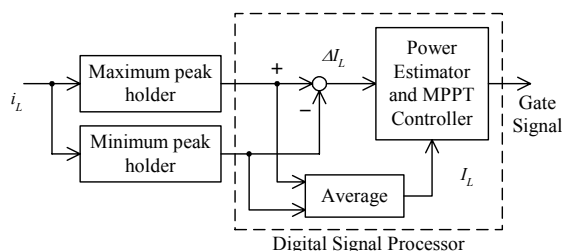


図 2 提案法の制御部ブロック線図

Fig. 2. Block diagram of proposed controller.

素子のオンデューティ、オフデューティ、スイッチング周期であり、常に $D + D' = 1$ である。

(1), (2) を用いて V_{PV} , R_{PV} , V_C , V_o , R_L が未知であることに注意して負荷消費電力 W_o を導くと次のようになる。

$$W_o = \frac{V_o^2}{R_L} = L \frac{\Delta I_L}{T_s} I_L - (r_L + r_D) D I_L^2 \quad (3)$$

(3) において、 D' , T_s は操作量としてコントローラから指定する値であるため既知である。また、 L , r_L , r_D はシステム的设计段階でおおよその値として知り得るパラメータである。すなわち、(3) を用いれば電流センサから得られる情報 I_L , ΔI_L だけを使用することによって電力を推定できることがわかる。

3. システム構成と実験結果

〈3. 1〉システム構成 図 2 に提案するシステムの制御部ブロック線図を示す。電流センサから得られたリップルを含む信号からピークホールド回路を通すことにより、その極

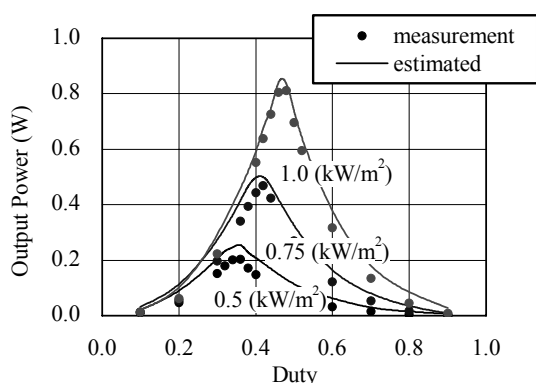


図3 電力測定値と電流センサ情報のみを用いた推定値の比較

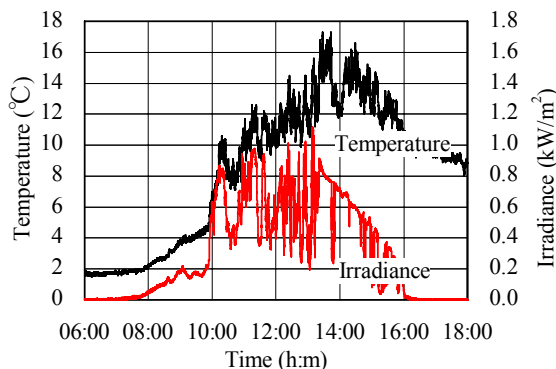
Fig. 3. Comparison between measured and estimated power using single current sensor.

大値と極小値を得る。ピークホールド回路を用いたのはコンバータのスイッチングを 10 (kHz)で行っているため、A/Dコンバータのみでピークを検出するには高速なものが必要となるからである。それらの出力を DSP に取り込み、平均値 I_L と差 ΔI_L から、(3)を用いて電力を推定し MPPT を行う。
〈3. 2〉単一センサから得られる推定電力の評価 図3 パワーメータにより実測した電力と(3)により推定した電力を示す。照度の揺らぎを避けるためこの実験ではハロゲンランプを用い、パネル表面温度を 50 (°C)一定とした。推定値を見ると全体的に測定値を上回っていることがわかる。しかし、各照度における電力ピークの位置は実測値と推定値でよく一致している。追従アルゴリズムに山登り法を用いれば電力の絶対精度に関係なく、ピークの位置で MPPT を行うことができる。つまり、(3)に示す推定値を用いれば、単一センサで MPPT が行えることがわかる。

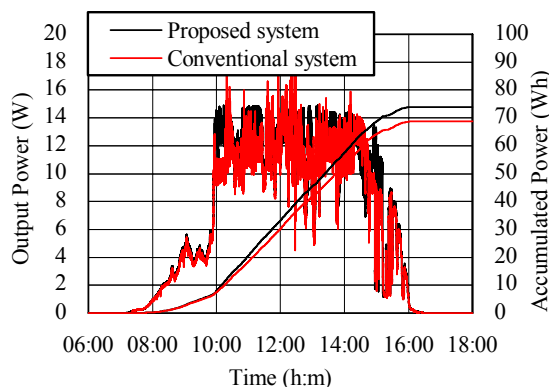
〈3. 3〉従来法との比較 図4に電圧センサと電流センサの両方を用いた従来法と電流センサのみの提案法を用いて瞬時の出力電力と総出力電力量の比較結果を示す。実験は同一方向を向いた2枚の太陽電池パネルについてそれぞれ、従来法と提案法で MPPT 行い、6:00~18:00 まで測定を行った。(a)はパネル表面温度と日射強度を示しており、(b)は従来法と提案法による取得電力を示している。日射の変化に対して提案法は従来法とほぼ同様の動きをしており、単一センサでも良好に MPPT を実現していることがわかる。

4. まとめ

今回、著者らは昇降圧チョップに MPPT の単一センサ化アルゴリズムを適用した。その結果、単一センサで最大電力点の推定が可能であることを実験的に確認した。また、屋外で従来法との比較実験も行い、同程度の結果が得られることを確認した。



(a) パネル温度と日射強度



(b) 瞬時電力と総電力量

図4 従来法と提案法の比較

Fig. 4. Comparison of conventional method and proposed method.

文献

- (1) T. Kenji, Y. Youichi, and M. Toshihiko: "A MPPT System of Photovoltaic Power Generation Coping with Environment Changes", T.IEE Japan, Vol.119-D, No.12, pp.1529-1534 (1999)
 高原・山之内・松田:「環境の変化に対処可能な太陽光発電の最大電力取得制御系」, 電学論 D, Vol.119, No.12, pp.1529-1534 (平 11)
- (2) H. Matsumoto, and T. Noguchi: "Maximum-Power-Point Tracking only using Current Sensor Information for Photovoltaic Power Generation System", IEE Japan, Semiconductor Power Converter Meeting, SPC-02-88, pp.63-68 (2002)
 松本・野口:「電流センサ情報のみを用いた太陽電池の最大電力点追従法」, 半導体電力変換研究会, SPC-02-88, pp.63-68, (平 14)
- (3) H. Matsumoto, and T. Noguchi: "Maximum-power-point Tracking Method of Photovoltaic Power System Using Single Sensor", IEE Japan, Ind. Appl. Soc. Annual Conf., Vol.1, 1-40, pp.267-270 (2003)
 松本・野口:「単一センサによる太陽電池の最大電力点探索法」, 電気学会産業応用部門大会, Vol.1, 1-40, pp.267-270, (平 15)