

太陽電池単セル昇圧回路へのMPPT制御の適用

A battery charging circuit with maximum power point tracking control powered by a single solar cell

竹内 一平 (農工大) 金井 康通 (NTT) 黒川 浩助 (農工大)

Kazuhira TAKEUCHI, Tokyo University A&T, 2-24-16, Nakacho, Koganei-shi, Tokyo
Yasuyuki KANAI, NTT
Kosuke KUROKAWA, Tokyo University A&T

This paper describes design and characteristics of maximum power point tracking method (MPPT) for a new mobile charging system powered by a single solar cell. To reduce the power consumption of the system, we investigated variation of the MPPT algorithm. We applied a modified Constant Voltage method (CV) instead of Perturb and Observe method (P&O). Generated power using these methods is three times larger than that of non-MPPT system. Moreover, the power consumption of the CV method has decreased 20% compared to the P&O method.

Keyword: A single Solar cell, Battery charging circuit, MPPT control method

1. はじめに

携帯電話をはじめとして携帯機器が普及している。これらの機器は電池で動作するため、動作時間が有限である。外出時においてもこれらの機器への電力供給や充電が要求される。充電が外出時でも行なえることが望ましい。

太陽光発電は、太陽光から直接携帯機器を充電するのに必要な電力が得られ、また燃料電池と異なり燃料が不要なので、携帯機器への電力供給源としてメリットがある。太陽電池モジュールのコストが普及への課題となっているが、我々はモジュールが不要な太陽電池1セルにて動作する充電・給電システムを提案し、実証を行なった^[1]。

本論文では、携帯機器への供給電力の最大化と太陽電池面積の有効活用を図るため、太陽電池1セルによる充電システムに太陽電池の発電電力の最大点追従(Maximum Power Point Tracking: 以下MPPT)制御を付加することの有効性を示す。また、MPPT制御のアプローチ法の比較を併せて報告する。

2. システム構成とMPPT制御

本研究で用いた太陽電池の特性を表1に示す。また、システム構成を図1に示す。太陽電池は多結晶シリコンの1セルのみを使用した。太陽電池からの出力電圧は0.6V未満であり、通常の電子機器は動作できない。本システムでは、太陽電池の発電電力を昇圧コンバータで昇圧してシステムに内蔵した二次電池を充電し、同時に外部に電力供給する。二次電池は、外部への電力供給の安定化を図るとともに、昇圧コンバータ及びMPPT制御に必要なマイクロコントローラや電流・電圧センサへ電力を供給している。マイクロコントローラは8bitで、太陽電池の電圧と電流を取り込み、MPPT演算結果に基づいて、直接PWM信号を生成し、昇圧コンバータを駆動する。因みに、夜間など太陽電池の発電電力が少なく、システムの消費電力が発電電力を上回る状態では、光センサによりシステムへの給電を停止する昼夜判別回路を搭載しているため、不日照により二次電池が放電することはない^[1]。

太陽電池からの出力最大化のアプローチとして、山登り

法(Perturb and Observe: 以下P&O)と太陽電池の出力電圧が一定になるように制御する電圧追従法(Constant Voltage: 以下CV)との2つの方法^[2]を試み、実験にて有効性を評価した。これら2つの方法はマイクロコントローラにソフトウェアとして搭載し実行した。山登り法は電力を求めるため、電圧と電流の乗算が必要である。ハードウェアを最小限にして消費電力を低減するため、乗算は乗算器を用いず、ソフトウェアで実行した。電流・電圧センサからの信号は10bitのA/Dコンバータにて量子化した。A/Dコンバータの分解能は、使用した太陽電池のI-V特性、P-V特性から求めることができ、MPPT制御の精度を高めるには高分解能なADコンバータが要求される。本システムでは、MPPT制御精度を1%とした結果、ADコンバータは10bitの分解能が要求された。10MHzの時に乗算を一回行なうのに要する時間は、最大で1msecであり、山登り法は最大点算出に時間を要する。電圧追従法は、予め太陽電池のP-V特性より最大点を得られる時の太陽電池の出力電圧を求めておき、その電圧値になるように、昇圧コンバータにPWM制御を行なう。そのため、電力を求める必要が無く計算量が少ないため、マイクロコントローラの動作周波数を下げることができ、大幅に消費電力を低減することができる。本システムでは、制御簡易化のため、P-V特性の温度補正は省略した。また、PWM信号の周波数は10kHzとした。

Table1 Characteristics of a single solar cell

Open Circuit Voltage	Short Circuit Current	Output Power
0.6V	1.4A	0.6W

Values were measured under A.M.1.5

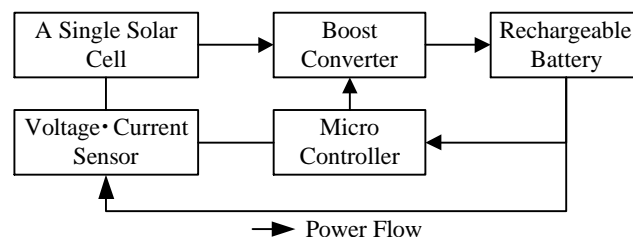


Fig. 1 System Structure

3. 実験

図1で示したシステム構成と、表1より得られた太陽電池単セルの諸特性より図2に示す回路を構成した。定量的な評価を行なうため、人工太陽を用い日射量を変化させた。

マイクロコントローラの動作周波数が10MHzのとき、消費電力は9mWであった。山登り法は、演算時間を要する乗算を行なうため、最大点算出に時間を要する。電圧追従法は、乗算を行わないため演算が少ないので最大点を瞬時に算出できる。そのため、マイクロコントローラの動作周波数を2MHzに下げ、山登り法と電圧追従法の最大点算出時間を一致させたところ、電圧追従法の消費電力が1.8mWに減少した。

4. 実験結果

4.1 日射量によるMPPT制御の有効性

MPPT制御(山登り法)付加による太陽電池の出力電力を比較した。MPPT制御を行わない場合は昇圧回路をPWM制御せず、デューティ比を一定で駆動した。

実験結果を図3に示す。日射量が大きいたときはデューティ比一定で昇圧回路を駆動しても、MPPT制御を行なったときと同等な電力を得ることができたが、日射量が小さくなるとMPPT制御を行なうことにより、約3倍大きな出力電力を得ることができた。これより、MPPT制御を付加することの有効性が検証された。

4.2 MPPT制御アプローチ方法による電力比較

図4は図2から得られた太陽電池の出力電力と出力電圧の関係である。各々の日射量における出力電力の最大値を比較した。比較した結果、太陽電池の最大出力電力値は図5のようにほぼ一定の電圧値で得られることがわかった。このため、MPPT制御精度は低い太陽電池の出力電圧だけでMPPT制御を行なう電圧追従法(CV)を山登り法(P&O)と比較することで電圧追従法の有効性を検討した。

各MPPT制御方法で最大電力点を算出した結果、図6のようになった。山登り法と電圧追従法で得られる電力にほとんど差が見られず、MPPT制御を行わないときより大きな電力を得ることができた。日射量が大きいたとき、電圧追従法で得られた電力が制御精度の高い山登り法で得られた電力より大きくなった。これは、太陽電池の出力電流が大きくなると電流センサの電流検出精度が低下するので、太陽電池のP-V特性とマイクロコントローラが算出するP-V特性に誤差が生じたためである。

以上の結果より、電圧追従法でもMPPT制御を行なうことの有効性が検証された。

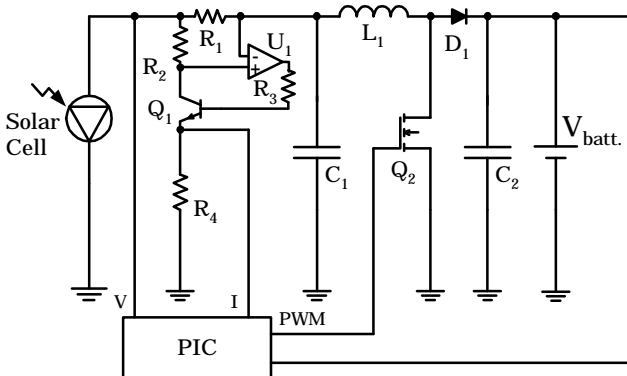


Fig. 2 MPPT control Circuit

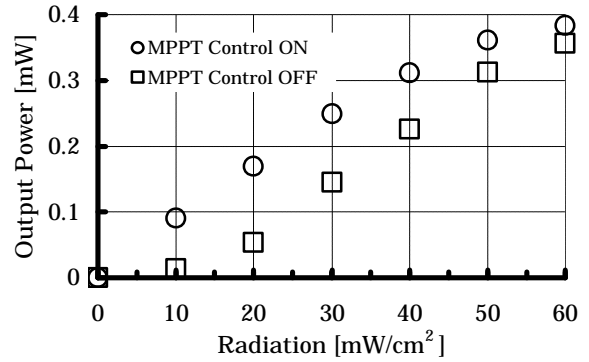


Fig. 3 Characteristics of Radiation

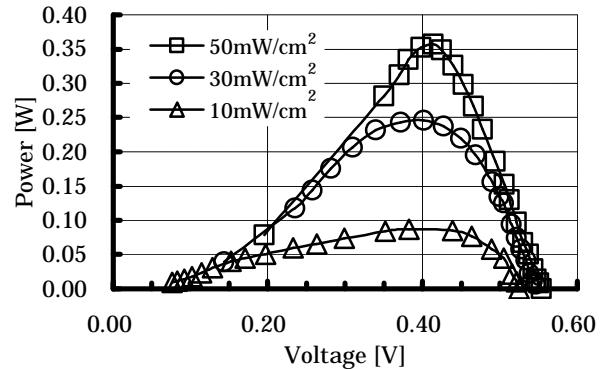


Fig. 4 Characteristics of P-V Curve

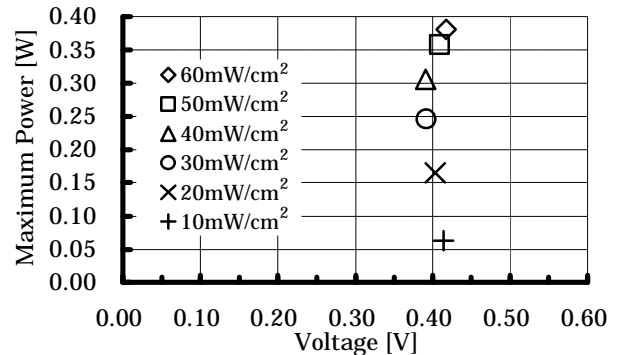


Fig. 5 Characteristics of Maximum Power

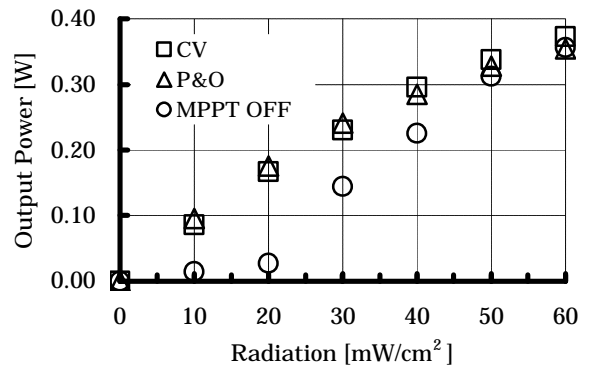


Fig. 6 Characteristics of Radiation

5. まとめ

本稿において、太陽電池の出力最大化と面積の有効活用を図るため、太陽電池1セルによる充電システムに太陽電池の発電電力のMPPT制御を付加することの有効性の検証およびMPPT制御のアプローチ法の比較を行なった。

実験の結果、MPPT制御を行なうことで日射量が小さいときに約3倍大きな出力電力が得られMPPT制御付加の有効性が検証された。また、MPPT制御のアプローチ法として、電圧追従法と山登り法を比較した。出力特性は両者とも同等な値を得ることができたが、電圧追従法は演算処理が少ないので、マイクロコントローラの動作速度を下げ消費電力の低減を図ることができることがわかった。電圧追従法は太陽電池を用いた携帯充電システムのMPPT制御手段として有効である。

参考文献

- [1] 竹内, 金井, 黒川「太陽電池単セルによる昇圧回路」
電子情報通信学会, 電子通信エネルギー技術研究会,
pp. 31-37, 2001/11
- [2] D.H.Hohm and M.E.Ropp, “Comparative Study of Maximum Power Point Tracking Algorithms Using an Experimental, Programmable, Maximum Power Point Tracking Test Bed”, 28th IEEE PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE, ANCHORAGE, ALASKA, pp. 1699-1702, 2000