

太陽光発電システムの最大電力点追従運転の高速化に関する研究

日大生産工(院) ○石本 晋太郎 日大生産工 加藤 修平

1. はじめに

現在日本では 2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを目指すことを宣言しており、その目標達成に向けて様々な取り組みが行われている。その中で注目されているのが再生可能エネルギーである。太陽光・風力・中小水力・バイオマスなどは温室効果ガスを排出せず国内で生産することができることから重要な低炭素の国産エネルギー源である。これらの再生可能エネルギーの中から太陽光エネルギーに注目した。

太陽光発電では日射量に対して最大の発電電力を得るための MPPT (Maximum Power Point Tracking) がカーボンニュートラルに向けた大きな課題の 1 つになっている。しかし、従来の MPPT は山登り法と呼ばれ発電電力が上昇から下降に転じる点を試行錯誤的に探し出すため、原理的に探索時間が長く雲の動きが激しい場合に対応できず、また部分影状態では誤った点を探索する、など課題が多い。

そこで、この問題を解決するために太陽光パネルの出力端を一旦短絡し、その後すぐに開放した際の太陽光パネルからコンデンサへの充電電流とコンデンサ端子電圧の変化をスキャンすることで極めて短時間（数ミリ秒以下程度）で最大電力点を探し出す方法を提案し、それらの回路のシミュレーションを行った。

2. 提案する最大電力点の探索方法の原理

提案する最大電力点 MPP (Maximum Power Point) の探索には大きく分けて 2 つの動作モードがある。まず、太陽光パネル（と並列接続されているコンデンサ）を一時的に短絡する動作である。もう 1 つは短絡を開放し、その直後の太陽光パネルの電流と電圧を測定する動作である。この方法は IV スキャン法などと呼ばれ既に昇圧・降圧チョッパの構成で提案¹⁾されている。しかし、昇圧チョッパでは出力側コンデンサが巨大でないと成立しない、 L を含む降圧チョッパには適用できない、など課題があった。そこで、変換回路の両アームをスイッチとし「出力側に L や C を持たない」降圧チョッパによる短絡回路を提案し動作と FET 接合部温度上昇を検討した。この提案回路では通常運転時に FET はスイッチング動作を行うが、探索時に FET は能動領域で動

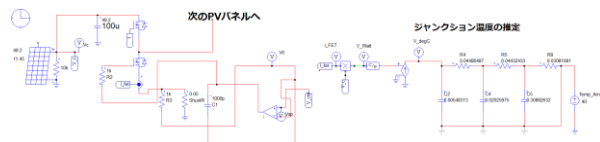


Fig. 1 Short and open circuit for MPPT

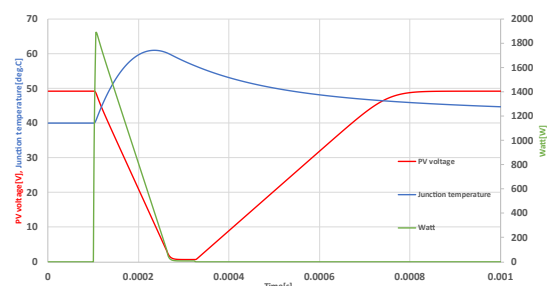


Fig. 2 Simulation results for short and open circuit

作しコンデンサ短絡時に過電流とならないような仕組みを備えている。

3. MPP 探索のシミュレーション結果

この短絡動作を行う回路を Fig.1 に示す。同図は FET を能動領域で動作させ、電流フィードバックによりコンデンサ電荷を FET の熱として消費する回路である。この回路でコンデンサの電荷を抜くには、太陽光パネルの最大電流（短絡電流）以上の電流を FET が吸い込む必要がある。

Fig.2 に約 400 W の太陽光パネルでのシミュレーション結果を示す。同図よりコンデンサ電圧 V_C を 0 V 程度まで低下させることが確認できた。この時の FET 接合部温度は最大 60 deg.C 程度であった。その後、FET を完全に開放することで端子電圧の時間変化より充電電流を測定し、端子電圧との積より MPP が探索できる。

4. IV スキャン法のための短絡回路実験

シミュレーションで行った FET の電流フィードバックによる短絡動作を Fig.3 に示す実験装置を用いて行った。

Fig.4 に IV スキャン法のための短絡回路実験結果を示す。同図では、測定時の太陽光パネルの最大電流（短絡電流）

3.3 A 以上の電流の 14 A で電流フィードバックをかけることで、コンデンサの電荷を FET の熱として消費し、コンデンサ電圧を 0 V 程度まで低下させることが確認できた。その後、FET のゲートを完全に開放することで太陽光パネルから小さな外付けコンデンサへの充電電流とコンデンサ端子電圧の変化を測定することで最大電流点を探し出せることが確認できた。このとき、太陽光発電の最大電力点は数 100 μ 秒で探索することができた。



Fig.3 Experimental setup for IV scan method

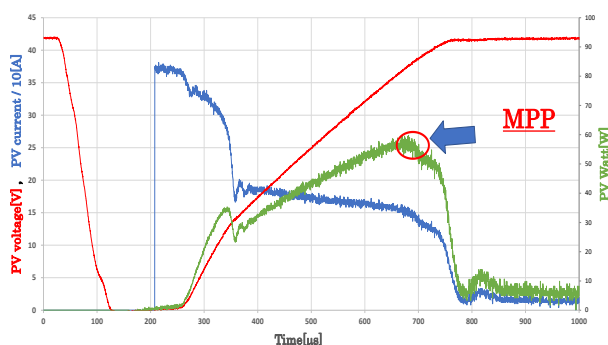


Fig.4 MPP search result by proposed method

5. MPP のスキャン時間依存性

前述で太陽光発電の最大電力点を数 100 μ 秒で探し出すことができることが分かったが、数 100 μ 秒という短時間の測定結果の妥当性を確認するための実験を行った。

Fig.5、Fig.6 にはそれぞれ、模式図と実験結果を示す。

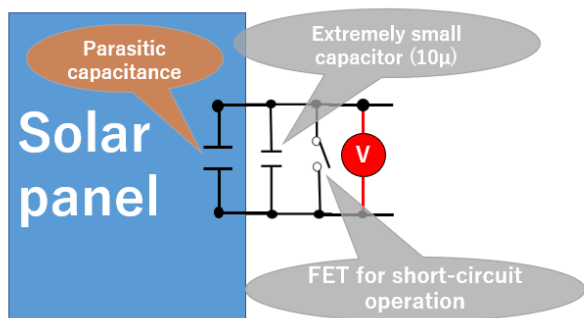


Fig.5 Experimental setup for validation

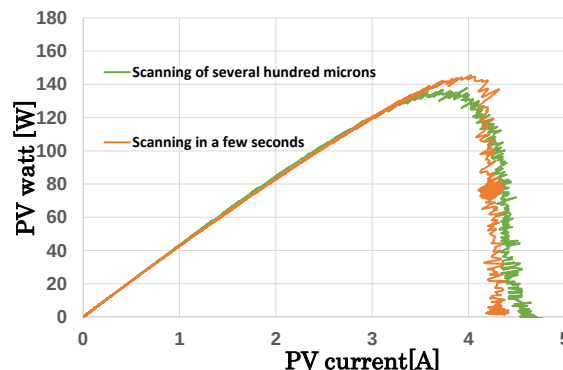


Fig.6 Measured results of different scan times

妥当性を確認するために、等価的な外付けコンデンサを変えて、スキャン時間を変えて実現した。

Fig.6 は、異なるスキャン時間で測定した発電量の比較である。緑色は全体で数 100 μ 秒、橙色は全体で数秒程度のスキャン時間である。Fig.6 から最大電力点の発電量に 20 W ほど差があることを確認できた。20 W ほどの差が太陽光パネルの寄生静電容量成分による影響だと考えられる。

6. まとめ

太陽光発電の MPP を数 100 μ 秒で探索する短絡回路の提案とシミュレーション、実験検証を行い、FET 接合部温度を含め回路の妥当性を検証した。今後は、アナログ乗算器で PV 電圧と PV 電流を掛け算し最大電力点を求め、ピークホールド回路で最大電力点を掴むための実験検証や、スキャン中は発電できないので、どれくらいの頻度でスキャンをすれば、激しく変わる日射量に対して最大の発電量が得られるか実験検証を行う予定である。また、スキャンが高速すぎると正確に MPP を探索できない可能性があるため、今後はどの程度のスキャン時間があれば正確な MPP を探索できるのか、外付けコンデンサを幅広く変化させながら実験的に検討する予定である。

文 献

- (1) 板子 一隆:「太陽光発電システムおよびその最大電力点追従制御方法」, 日本国特許庁 (JP) 特許第 4294346 号 (P4294346)