

太陽電池の発電と2次電池の充電をモニターして送信するユニットの設計と製作

1241003 佐藤光 (プロセッサ回路の設計・制御研究室)
(指導教員 綿森道夫 准教授)

1. はじめに

現在世界中で問題となっている地球温暖化であるが、この問題に対するカーボンニュートラル施策の1つに発電においてCO₂を削減するために火力発電から再生可能エネルギーを用いた発電方式へと転換するという取り組みがある。この中で太陽エネルギーを用いた太陽光発電は日本においても固定買い取り制度を皮切りにして急速に設置が進んだ[1]一方で、自然エネルギー全般において発電量が不安定であるという側面を持ち、太陽エネルギーも例外ではない。このため電力を汚染しないように太陽光発電は電力系統への接続制限を受ける[2]ことになり、発電量を十全に発揮することが困難になっている現状がある。よって本研究ではこの問題に対して、太陽電池の発電量とそれによって充電された2次電池の蓄電量をIoTにより遠隔センシングすることで解決できると考えた。

2. 研究で行うこと

最初に本研究で開発予定のユニットの構成図を図1に示す。



図1 製作ユニットの構成図

このユニットを製造する方法として、機能毎に分解して製作を進めた。具体的には使用予定の太陽電池のIV測定、DCDCコンバータの製作・動作実験、MPPT回路の製作実験、ESP32によるMPPT制御の実験を行い、研究を進めた。

3. 太陽電池のIV測定

太陽電池はPN接合を持つ半導体であるためIV特性は非線形となる。そして今回使用する太陽電池ではメーカー提供のIV特性が無いために装置に利用するためには自分でIV特性を計測する必要がある。いろいろな値の抵抗を用いて印加されている電圧からIV特性を測定した。図2にIV特性にPV特性を加えたグラフを示す。

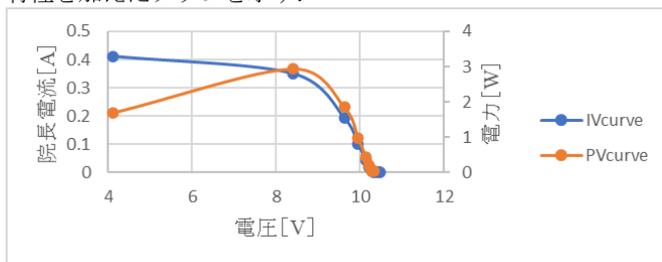


図2 太陽電池のIV-PV特性図

4. DCDCコンバータの製作・動作実験

太陽電池の両端電圧は2次電池の電圧となるので最適な動作点で動作できるとは限らない。ある日射強度で最適動作点が10Vである時に5Vの2次電池を接続するとおおよそ半分の電力しか発電できない。そのため太陽電池を効率良く運転させるためにはMPPT(Maximum Power Point Tracking)制御が必須となる。そこで今回はDCDCコンバータを購入しMPPT制御を試みた。その結果を表1に示す。この時、太陽電池の最大電力は3Wほどであったが出力から求まる電力を求めるといづれの場合にも電力が最大電力点から離れており、このDCDCコンバータではMPPT制御を行えないことがわかった。

表1 出力電圧を決めたときのMPPT制御点

DCDCConv 設定電圧[V]	入力電圧[V]	出力電圧[V]	出力電流[A]
3	9.674	3.008	180m
4	3.688	3.383	399m
5	3.865	3.417	409m

5. 簡易MPPT回路の製作

前節の実験ではDCDCコンバータを用いてMPPT制御を行う方法を検討したが、より簡単な方法でのMPPT制御を検討した。具体的には直列に接続した2次電池の本数をリレーによって制御することで太陽電池の両端電圧を制御するのである。図3にリレーを用いたMPPT制御回路を示す。

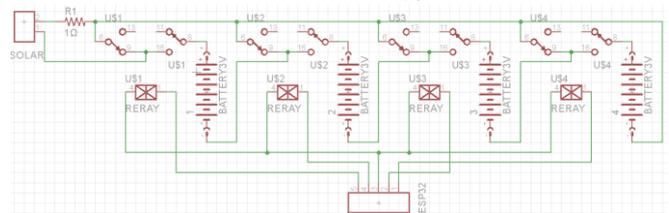


図3 リレーを用いたMPPT回路

この回路のリレーは通常時2次電池は全てが直列に接続された状態だが、あるリレーに信号が来ると2次電池間で結線されていたマイナスとプラス端子のうちマイナス端子がグラウンドに落ちるためそれ以降の2次電池は浮いている状態となり両端電圧には寄与しない状態となる。そのため太陽電池の両端電圧を制御できる。本研究ではこの回路を製作した。

6. ESP32によるMPPT制御の実験

MPPT制御回路に使用したリレーの動作電圧は5Vであるため、ESP32のIOから直接リレーにdigitalWriteのHIGHで電圧を与えても3Vにしかならない。その結果、そのままでは利用できない。よって電圧についてはESP32-DevKitCの5Vから取り、IOのモードを入力で使用してHIGHの時ハイインピーダンスで電圧がESPのピンに印加されるように、LOWの時リレーに電圧がかかるようにした。またESPによるMPPT制御では1Ωにかかる電圧から電流を測定し、Ambientによって電流、直列している2次電池数、蓄電率をクラウドに送信した。図3にその結果を示す。

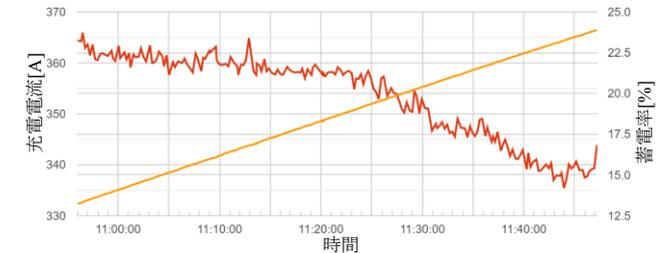


図3 蓄電率と短絡電流

この時2次電池の直列数は日射強度の変化に応じて変化していたため太陽電池のMPPT制御に成功し、その充電電流と蓄電率をクラウド上で確認することが出来た。

6. 参考文献

- [1] なっとく！再生可能エネルギー，経済産業省資源エネルギー庁，https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/renewable/solar/index.html，1月31日
- [2] 独立行政法人新エネルギー産業振興開発機構，NEDO再生可能エネルギー技術白書，第2版，pp6-7，2014年2月