

交流電源による太陽電池モジュールのバイパス回路開放故障検出

Open Fault Detection of Bypass Circuit of PV Module by AC Power Supply

○藤田直希¹, 西川省吾²*Naoki Fujita¹, Shogo Nishikawa²

Abstract: If bypass circuit of the PV module is opened, when some solar cells are covered by a partial shadow and so on, it is possible that a reverse voltage applied the cells and they become hot spot. So far we have reported that we developed the technique for detecting an open fault position of bypass circuit in the string by observing the change of the surface temperature of the solar cell using the AC power supply and the IR camera. In this paper, we report the relationship between the frequency of AC power supply and the temperature rise.

1. はじめに

太陽電池モジュールのバイパス回路が開放故障すると、太陽電池に部分影がかかった際に、セルに逆電圧がかかりホットスポットになる恐れがある。また、現状の検出方法ではモジュールを1枚ずつ計測する必要がある、ストリング内の異常モジュールの特定ができないなどの課題がある^[1]。メガソーラーなどの大型の発電施設ではモジュールが数千~数万枚以上に及ぶため、簡易で故障検出の時間が短い故障検出方法が必要である。筆者らはこれまで一定電圧を印加して温度上昇を測定したが、急激な日射強度などの外乱があると故障検出が困難な場合があった。このため、今回は交流電圧を印加した際の温度上昇値から直流分と印加電圧と同じ周波数成分を検出することにより、故障部分を特定する技術を検討したので報告する。

2. バイパス回路の役割

太陽電池モジュールとはセルが直列に接続され、使用環境に耐えられるようにパッケージされたものである。モジュールを直列接続したものをストリング、ストリングを並列にしたものをアレイと呼ぶ。

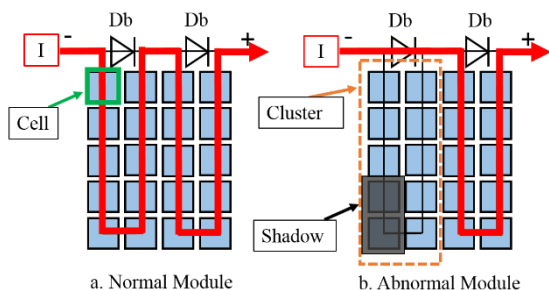


Figure 1. The Role of the Bypass Circuit

モジュール内部は部分的な影や故障・不具合の影響を抑えることを目的として、直列接続されたセルと並列にバイパス回路としてバイパスダイオード(以下 Db)

が組み込まれている。モジュールはその並列回路が数組直列に接続されたものであり、Dbで分割された並列回路内の太陽電池セル群をここでは「クラスタ」と呼ぶ。Figure1のbのように、太陽電池に部分的な影がかかった時に、電流がセルを流れずに、Dbを通ることで影による出力低下や発熱などの影響を小さくすることができる。

3. 検出原理

検出原理はFigure2のように、交流電源を用いて太陽電池の両端に逆電圧を印加する。

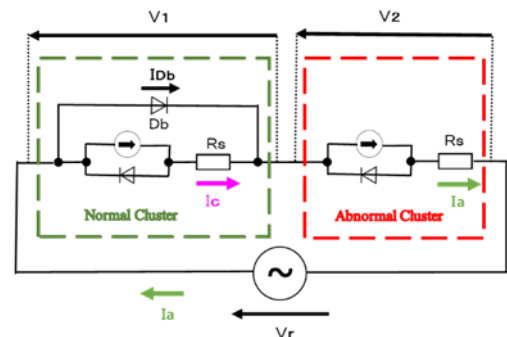


Figure 2. Detection Principle

Figure 3のI-V曲線の第2象限のように、正常なクラスタではDbが動作するためクラスタにかかる逆電圧は小さい。しかし、Dbが開放状態の異常クラスタではDbが動作しないためクラスタに大きい逆電圧がかかる。そのため、電力が異常クラスタの方が大きくなる。今回、印加した交流電圧は正弦波に直流バイアスをかけ常に第2象限で動作するようにした。このことにより、異常クラスタではその電力が交流電源の周波数と一致し、その電力に伴う太陽電池モジュールの温度上昇を、熱電対を用いて計測した。また、その温度上昇

をフーリエ解析し直流分と電源の周波数成分を取り出し、その大小を比較・検討した。直流分を加味しているのは、温度上昇をフーリエ解析していることから、正常モジュールでの温度上昇が外乱の影響により負の方向に変化しすぎると、それに伴いその温度上昇の中に本来あるはずのない周波数成分が多く検出されてしまう。これを防ぐため、直流分も比較対象とした。

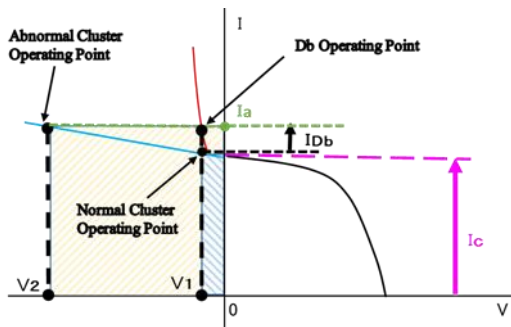


Figure 3. I-V Curves of PV and Db

4. 試験内容

実験に使用した太陽電池モジュールの仕様を Table1 に示す。2つある Db のうち片方を取り外し、Db の開放故障を模擬した。その太陽電池モジュールに対して逆方向、Db に対しては順方向に正弦波の交流電圧を印加し、正常クラスタ・異常クラスタともに表面温度を測定した。印加する電源の周波数は、0.01Hz, 0.05Hz, 0.1Hz, 0.5Hz, 1Hz の 5 パターンに分けて測定した。また、各測定点での測定間隔は 0.2 秒間隔とした。その後、測定結果をもとに電圧印加後からの各測定点の温度上昇をフーリエ解析し、直流分と電源と同じ周波数成分を取り出し、異常クラスタと正常クラスタとで比較した。

Table 1. Specification of PV module

Type	Poly - Si
Pm	70.0W
Voc	22.1V
Isc	4.30A
Vpm	17.9V
Bypass Diode	2
The number of cells	36
The number of clusters	2

5. 結果

Figure4 は、例として交流電源の周波数が 0.01Hz のときの温度上昇を表したものである。外乱の影響など

を考慮すると、一定電圧での試験の場合では 5°C以上の温度上昇が故障診断に適しているとしているが、この結果からはその温度上昇は得られていないことがわかる。

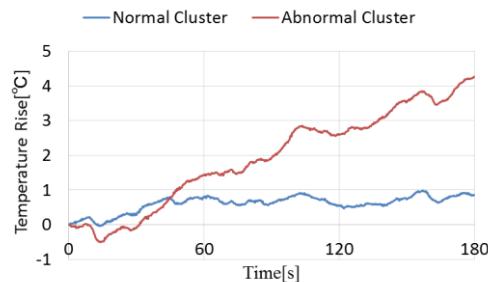


Figure 4. Temperature Rise (0.01Hz)

Figure5 は電源の各周波数における温度上昇の直流分と電源と同じ周波数成分の振幅を、正常クラスタ・異常クラスタとで比較したものである。Figure5 より今回は電源と同じ周波数成分のみでも異常クラスタの場所を特定出来る事がわかる。また、低周波数になるほど正常クラスタと異常クラスタの判別が容易に出来る事が分かる。これは、電源の周波数が早すぎると、モジュール表面の温度上昇が電源の周波数に追従しないことが原因である。

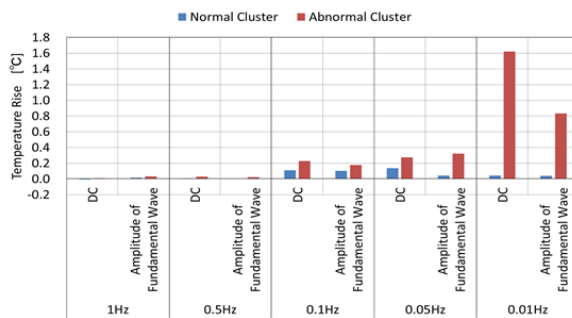


Figure 5. Each Frequency Comparison

6. まとめ

交流電源を用いて、日射変動などの外乱があっても Db が開放故障している場所を特定する技術を検討した。フーリエ解析を用いて、電源と同じ周波数成分をその温度上昇から抽出することにより、故障箇所を特定することが可能なことを明らかにした。また、電源の周波数が低いほど故障箇所を容易に特定できることも明らかにした。

7. 参考文献

[1] 池田一昭:「太陽光発電システムの直流電気事故対策 - 1 (バイパス回路の点検)」, 電学誌 134 巻 10 号