

太陽電池モジュールのバイパス回路の開放故障検出技術 -部分開放故障の調査-

Open Fault Detection of Bypass Circuit of PV Module -Investigation of Partial Open Failure-

○黒田拓希¹, 藤田直希², 西川省吾³*Hiroki Kuroda¹, Naoki Fujita² Shogo Nishikawa³

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 applies the cells and they become hot spot. So far we developed the technique for detecting a complete open fault position of bypass circuit in the string. If a partial open fault is detected, it will lead to early detection. In this report, we show the test result partial open fault detection.

1. はじめに

太陽電池モジュールの一部に影がかかったり、一部が劣化すると、その部分の温度が上昇し、火災や破損の原因になりうる。これらを防ぐ目的として、太陽電池モジュールにはバイパスダイオード(以下 Db)を含むバイパス回路が設けられている。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。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。筆者らはこれまで完全に開放故障した太陽電池モジュールについてストリング単位で検出可能な技術を開発した。しかしながら、部分開放故障が検出できるようになれば更なる早期発見につながる。本報告では太陽電池モジュールに一定電圧を印加した際の温度上昇を測定、2 値化処理を行うことでバイパス回路が部分開放した故障箇所を検出が可能かどうか調査したので報告する。

2. バイパス回路の役割と開放故障

太陽電池モジュールとはセルが一般的には直列に接続され、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^[1]。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、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。

太陽電池モジュールの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 Db が接続されている。ここではバイパス回路が完全な開放状態になることを完全開放故障、また、Db の抵抗成分が増加してしまうことを部分開放故障と呼ぶ。

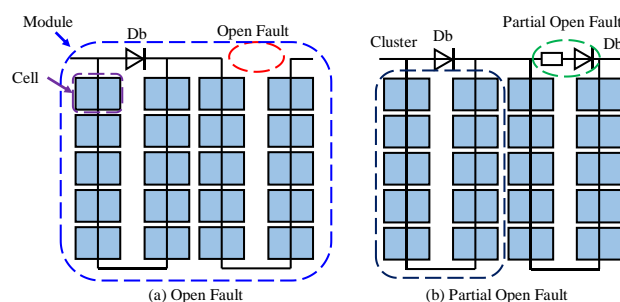


Figure 1. Configuration of PV module

3. 検出原理

検出回路を Figure2 に示す。

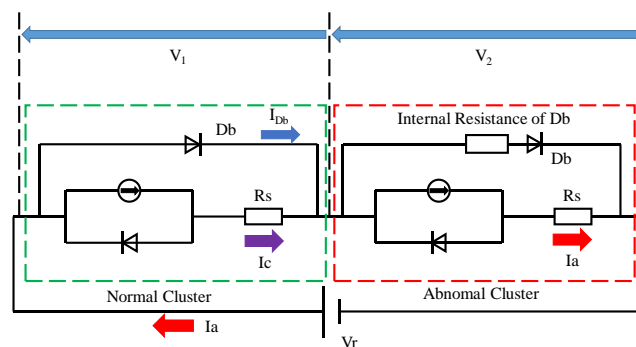


Figure 2. Detection Circuit

Figure 3 は測定原理を示す。直流電源を用いて太陽電池の両端に逆電圧を印加すると、太陽電池の動作点は I-V 曲線の第 2 象限に存在し、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、または Db の内部抵抗の値が非常に大きい場合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、消費電力は異常クラスタの方が大きくなり高温になる。今回印加した直流電圧は、測定する太陽電池モジュール

ルの公称開放電圧の値と同じにし、その電力に伴う太陽電池モジュールの温度上昇を赤外線カメラと熱電対を用いて計測した。

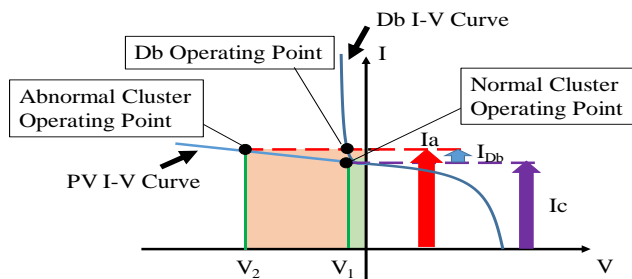


Figure 3. I-V Curves of PV and Db

4. 試験内容

< 4.1 > 太陽電池モジュールの第 2 象限の測定

Db の抵抗分が増加した時の I-V 曲線を把握するために Db に直列に抵抗を接続し部分開放を模擬した太陽電池モジュールに逆電圧を徐々に印可し、I-V 曲線の第 2 象限を測定する。また、部分開放に用いる抵抗の値は 0.95Ω, 2Ω, 4Ω, 10Ω, 100Ω の 5 パターンとした。

< 4.2 > 赤外線カメラを用いた温度変化の測定

2 つある Db のうち片方に 0.95Ω, 2Ω, 4Ω, 10Ω, 100Ω の 5 パターンの抵抗を直列に接続し、Db の部分開放故障を模擬した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。測定した温度変化を明確に確認するため 2 値化処理を行った。2 値化とはある閾値を決め、2 つの色に分ける処理である。今回閾値は 5°C とした。

実験に使用した赤外線カメラの仕様を Table1 に示す。

Table1. Specification of IR Camera

View Angle	25°×19°
Measuring Range	Range:-20~120°C
	Range:0~650°C
	Range:200~1200°C
Number of Pixels	240×180

5. 結果

Figure4 は部分開放故障を模擬した太陽電池モジュールの I-V 特性(第 2 象限のみ)である。いずれの結果もほぼ直線になっており、バイパス回路の内部抵抗の値が増加すると傾きが緩やかになっているのが分かる。このことから Db の抵抗が 2Ω 以下になるとクラスタにかかる電圧が小さくなり、正常な太陽電池モジュールと差がなくなることで故障個所が温度上昇せず検出が困難であることが分かる。

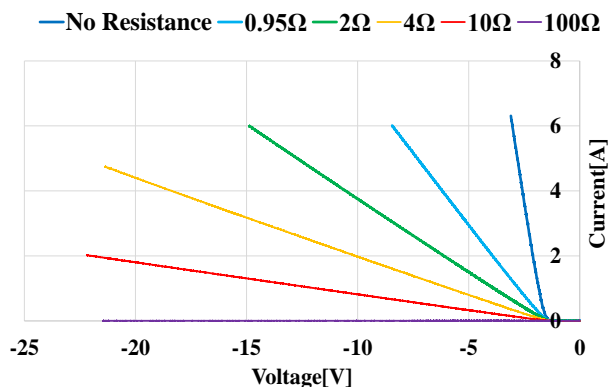


Figure 4. PV Module I-V Curves (Second Quadrant)

例として Figure5 に 100Ω, 10Ω の抵抗を接続した時の熱画像である。Figure5 より Db に接続した抵抗が 10Ω でも十分に故障個所を測定することが可能である。しかし 10Ω 以下の抵抗になると Db が正常動作、太陽電池が短絡状態になり電源に過電流が流れるため太陽電池表面の温度上昇を確認できなかった。

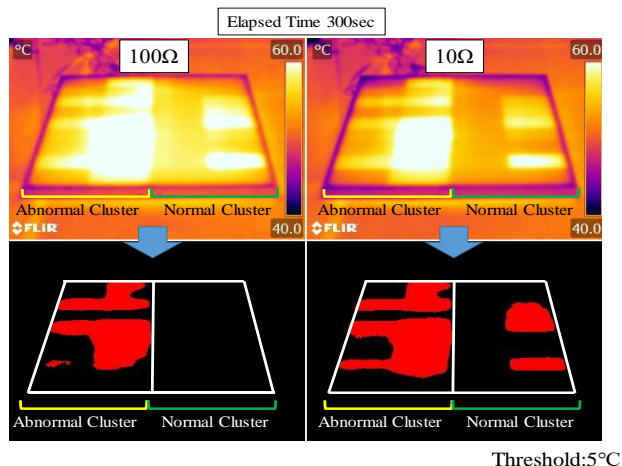


Figure 5. Thermal Image (10Ω, 100Ω)

6. まとめ

太陽電池モジュールが部分開放故障しているときの第 2 象限を測定すると、Db の抵抗が小さくなるにつれて温度上昇が小さくなるのが確認できる。赤外線カメラで故障個所を測定する場合、Db の抵抗成分が 10Ω 以上であれば測定をすることは可能である。今後は Db の抵抗分の値が 10Ω 以下でも故障個所が検出できるような検出技術を検討していく。

7. 参考文献

[1] 「太陽電池モジュールの信頼性試験と寿命評価」 高薄一弘 技術情報協会 P21