L-19

太陽電池モジュールのバイパス回路の開放故障検出

Open Fault Detection of Bypass Circuit of PV module

○加瀬亮一[1]，西川省吾[2]
*Ryoichi Kase[1]，Shogo Nishikawa[2]

Abstract: If bypass circuit of the PV module is opened failure, when some solar cells are covered by a partial shadow, it is possible that a reverse voltage applied the cell and it becomes hot spot. Moreover, the current detection methods have some problems that we have to measure the modules one by one, or abnormal module can't be identified in the string. Therefore, in the large-scale power generation facilities such as mega solar, we need new fault detection simple method conducted in a short time period. In this report, we report that we have developed the technique for detecting an open fault position of bypass circuit in the string, by observing the surface temperature change of the solar cell using DC power supply and thermo-camera.

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．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．筆者らは直流電源とサーモカメラを用いて太陽電池表面の温度変化を観察することで，ストリング内のバイパス回路の開放故障位置を検出する技術を開発したので報告する．

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，並列にしたものをアレイと呼ぶ．

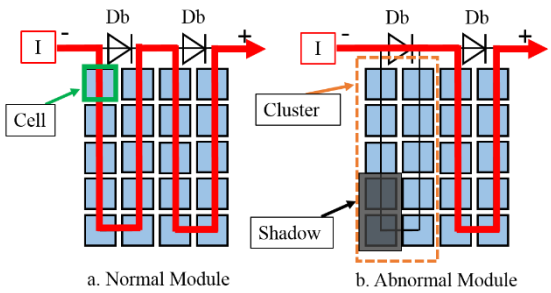

Figure 1. The role of the bypass diode

さらに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を「クラスタ」と呼ぶ[1]．図 1 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

検出原理は図 2 のように，直流電源を用いて太陽電池の両端に逆電圧をかける．すると図 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．その時セルの温度が上昇するので，太陽電池表面の温度変化をサーモカメラにより観察することで異常クラスタを検出することができる．

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表 1 に示す．実際に太陽電池モジュールの Db を開放状態にし，2 枚直列接続したストリングでの実験を行った．

Table 1. Specification of PV module

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

また，検出原理でも述べたように，異常クラスタの電力が正常クラスタの電力よりも大きくなることを利用しているため，日射がある状態での検出を前提としている．そのため，実験はすべて日射のある屋外で行った．試験回路を図 4 に示す．この時の温度の計測にはサーモカメラの他に確認用として熱電対を使用し，電流値はシャント抵抗を用いて計測をした．また，風による太陽電池表面の温度変化を考慮するため，風速

１：日大理工・院・電気　２：日大理工・教員・電気

計を使用して風速も計測した．測定間隔はサーモカメラでの観察が 1 分毎，その他の項目はすべて 1 秒ごとに測定を行った．

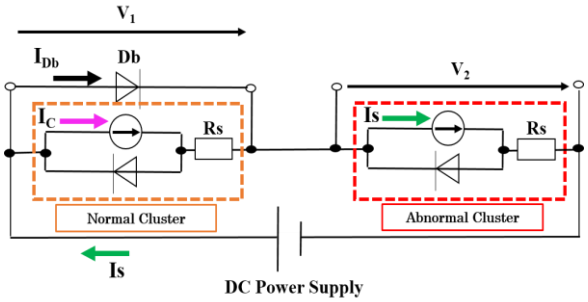

Figure 2. Detection principle

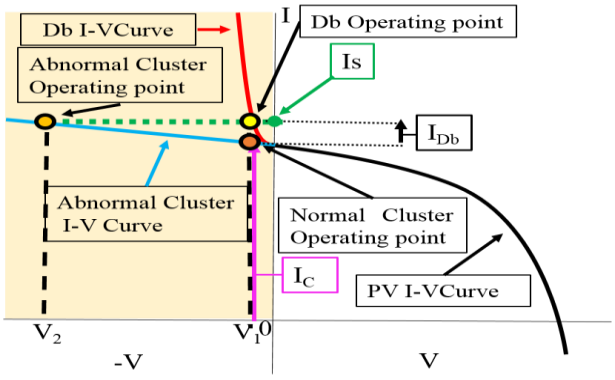

Figure 3. I-V Curves of PV and Db

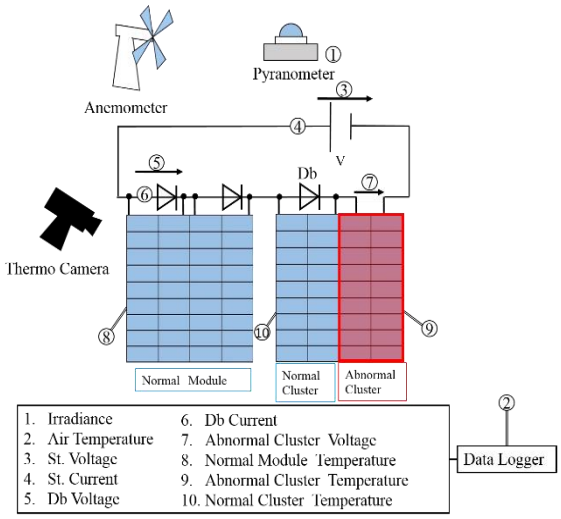

Figure 4. Test circuit

5．結果

実験時の周囲温度は 35.6~40.5℃，日射強度は 0.836~0.917kW/m^2，風速は 0.1~3.26m/s であった．熱電対で測定した太陽電池モジュールの裏面の温度変化を図 5 に示す．図 5 から，正常なクラスタと比べて，異常クラスタの温度上昇が大きいことがわかる．そのときの温度変化をサーモカメラで観察したものを図 6 に示す．時間が経過するごとに右端の異常クラスタが温度上昇していることを確認することができる．この結果から，この検出方法によりバイパス回路の開放位置を判別することが可能になる．

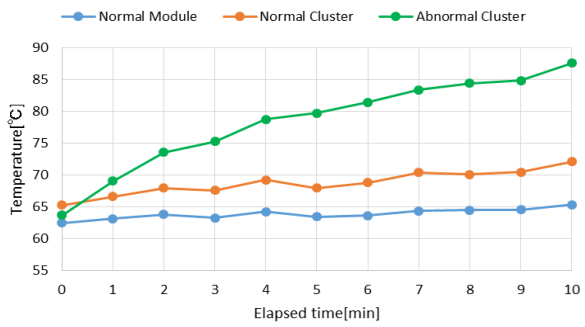

Figure 5. Temperature variation graph

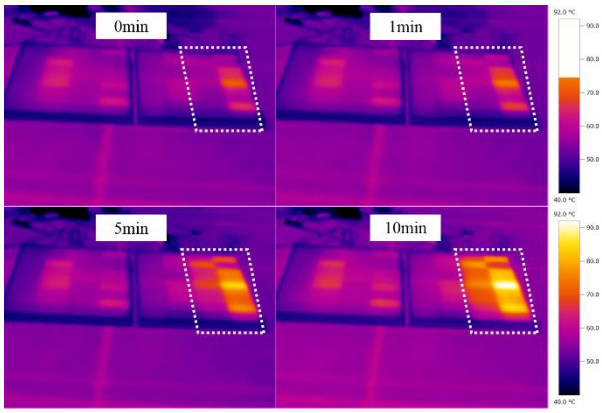

Figure 6. Temperature changes

測定時の各電圧と，正常クラスタと異常クラスタの電力のグラフを図 7 に示す．Db にかかる電圧は I-V 曲線の特性から，動作点が小さい電圧値にあるため小さい数値となっている．また，印加した逆電圧から Db にかかる電圧分を引いた値に近い電圧が異常クラスタにかかっている．

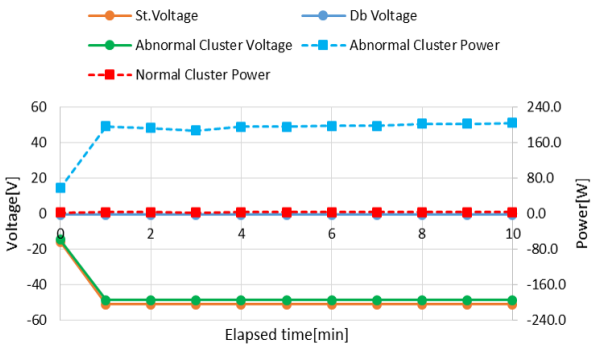

Figure 7. Time elapsed and electrical characteristics

6．まとめ

直流電源で太陽電池に逆電圧をかけることで，開放故障のあるクラスタの表面温度を上昇させ，サーモカメラにより故障位置を特定する技術を開発した．今後はどの程度の日射が検出に必要となってくるのか，またその時に必要となる電圧値を決定していく．

7．参考文献

[1]　加藤和彦　日刊工業新聞:「太陽光発電システムの不具合事例ファイル　PVRessQ!からの現地調査報告」, pp.20