L-20

太陽電池モジュールのバイパス回路の開放故障検出
-逆電圧の違いによる検出時間の変化-
Open Fault Detection of Bypass Circuit of PV module
- Change of Detection Time by Difference of Reverse Voltage -

○加瀬亮一[1]，平山拓門[2]，西川省吾[3]
*Ryoichi Kase[1], Takuto Hirayama[2], Shogo Nishikawa[3]

Abstract: When bypass circuit of the PV module is opened and some solar cells are covered by a partial shadow, it is possible that a reverse voltage applies 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 a string, by observing the surface temperature change of the solar cell using DC power supply and infrared camera. And we make a binary format image to decide the threshold after quantifying the thermal image taken with an infrared camera and calculating the temperature rise from the start of the reverse voltage application. Binary format image is easier than only detection of thermal image. In this paper, we report the change of the detection time by difference of reverse voltage.

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，現状の開放故障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，簡易で検出時間が短い故障検出方法が必要である．筆者らは今までに，直流電源と赤外線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[1]．さらに，赤外線カメラにより測定した熱画像のデジタル情報をもとに，温度上昇の変化を二値化することで，より簡易かつ短時間で故障位置を特定可能となった[2]．今回は印加する逆電圧値を変化させ，検出可能時間の違いについて調査したので報告する．

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．

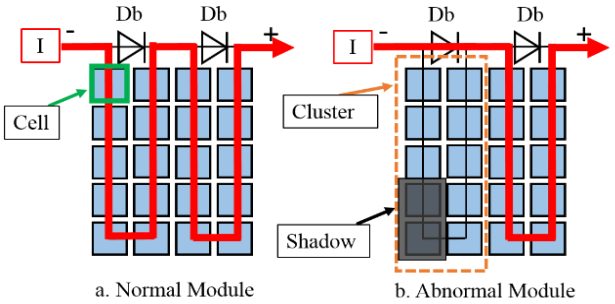

Figure 1. The Role of the Bypass Circuit

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．ここでは，Db で分割された並列回路内の太陽電池セル群を「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

検出方法は Figure2 のように，直流電源を用いて太陽電池の両端に逆電圧を印加する．これにより，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くなる．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，消費電力は異常クラスタの方が大きくなり，セルの温度が上昇するので，太陽電池表面の温度変化を赤外線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．このカメラは熱画像に加え数値データも保存可能である．電圧印加開始時の温度と任意の範囲の温度を比較し，しきい値を定め温度上昇値を二値化し画像を作成した．

４．試験内容

実際に太陽電池モジュールの Db を取り外して開放故障を模擬し，2 枚直列接続したストリングでの実験を行った．試験回路を Figure 4 に示す．この時の温度の計測には赤外線カメラの他に確認用として熱電対を使用し，日射条件と印加する逆電圧を変化させ実験を行った．今回使用した赤外線カメラは testo 製の testo-881 でありこの仕様を Table1 に示す．また，風による太陽電池表面の温度変化を考慮するため，風速計を使用して風速も計測した．計測間隔は赤外線カメラでの

１：日大理工・院・電気　２：日大理工・学部・電気　３：日大理工・教員・電気

計測が 10 秒ごと，その他の項目はすべて 1 秒ごとに計測を行った．

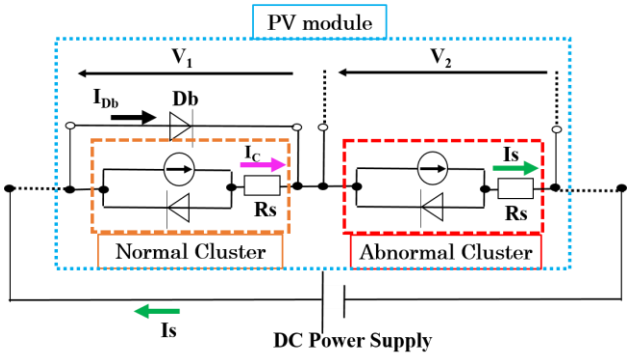

Figure 2. Detection Principle

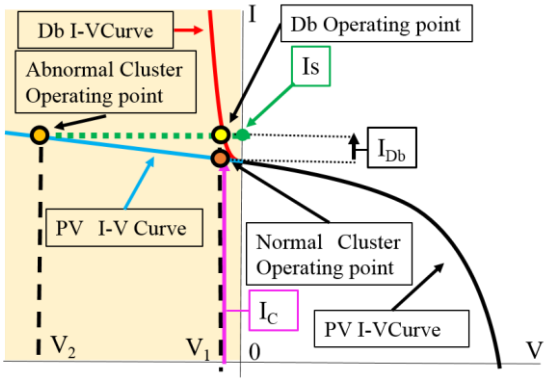

Figure 3. I-V Curves of PV and Db

Table 1. Specification of IR Camera

Manufacturing	testo
Model	Testo-881
View angle	32°　×23°
Temperature measuring range	Range1 : -20～100℃ Range2 :　0～350℃
Number of pixels	160×120

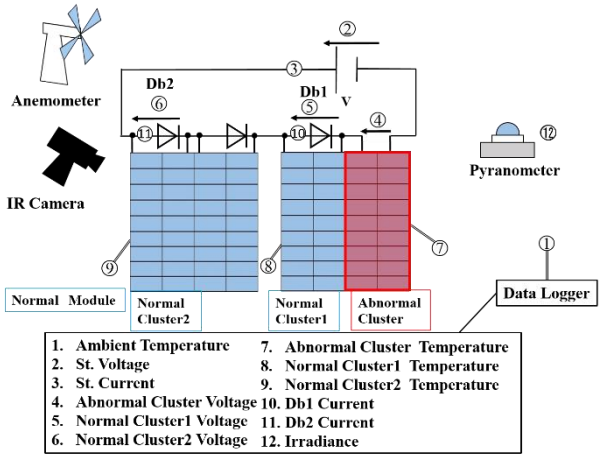

Figure 4. Test Circuit

5．結果

Figure5，6 は各々モジュールの定格開放電圧 Voc(22.1V)×0.5，Voc×1.0 の逆電圧（一定）をストリングに印加した時の熱画像と二値化画像である．日射強度はどちらも 900W/m² 以上と高い．

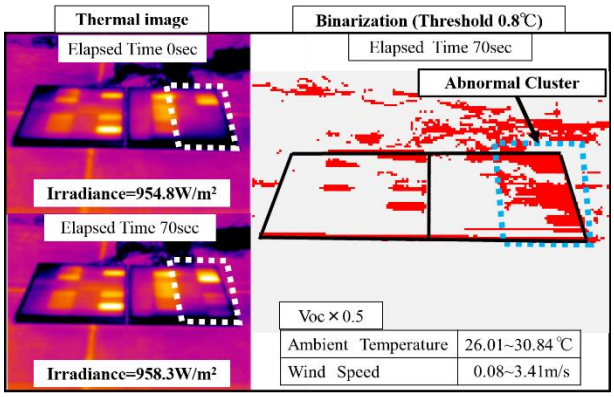

Figure 5.　Thermal Image and Binary Format Image (1)

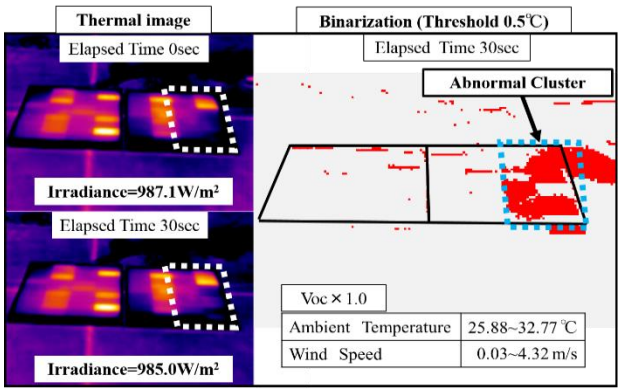

Figure 6.　Thermal Image and Binary Format Image (2)

熱画像のみでは異常クラスタの判別が難しいが，二値化を施すことでより簡易かつ短時間での検出が可能となり，Voc×0.5 では 70 秒経過，Voc×1.0 では 30 秒経過で点線で囲った部分の異常クラスタを判別することが可能となった．Voc×1.0 の方が逆電圧が大きく消費電力も大きくなるため，Voc×0.5 より 40 秒早い段階で検出が可能となった．この時の各々の消費電力量は Voc×0.5，Voc×1.0 それぞれ 2996Ws と 2993Ws であり，ほぼ同程度の値となった．

6．まとめ

直流電源で太陽電池ストリング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，赤外線カメラにより故障位置を特定する技術を開発した．さらに数値データから，温度上昇値を求め二値化することで簡易かつ短時間で検出が可能となる．

今回は印加する逆電圧の大きさを変化させ，検出可能時間について調査し，逆電圧が大きいほどクラスタの消費電力も大きくなり，短時間で検出が可能となることを確認した．

7．参考文献

[1]　加瀬，西川，他：「太陽電池モジュールのバイパス回路故障検出－開放故障位置の特定－」太陽/風力エネルギー講演論文集　2015　pp85-88

[2]　加瀬亮一，西川省吾：「太陽電池モジュールバイパス回路故障検出技術―温度変化の二値化による故障検出法―」，平成 28 年　電気学会　電力・エネルギー部門大会論文集，No.135，2016 年