

L-6

## 赤外線カメラによる太陽電池モジュールのバイパス回路の故障検出技術

—印加電圧波形の違いが故障検出に与える影響—

## Open Fault Detection Technology of Bypass Circuit of PV Module with IR Camera

—Effect of difference in applied voltage waveform—

○窪田 洗<sup>1</sup>, 西川 省吾<sup>2</sup>\*Hiro Kubota<sup>1</sup>, Shogo Nishikawa<sup>2</sup>

Abstract: With conventional technology, it is difficult to identify the location even if it is possible to clear the presence or absence of open fault of bypass circuit. When a voltage is applied in the direction in which the bypass circuit of the PV module operates, a large amount of heat is generated in the open fault PV cluster, and this is used to identify the fault position. The purpose of this study is to identify the location of open fault PV cluster. In this paper, we describe the effect of the applied waveform.

## 1. はじめに

本研究は、太陽電池モジュールの保護回路であるバイパス回路が開放故障した位置を検出できる技術の確立を目的としている。

本論文では、開放故障位置を検出するため太陽電池ストリングに逆電圧を印加するが、電圧波形が故障検出に与える影響を調査した内容を報告する。

2. 検出原理<sup>[1]</sup>

Figure 1 にモジュールおよびストリングの内部回路、Figure 2 に太陽電池の IV 曲線を示す。日射がある状態で、外部からモジュール内のバイパス回路が動作する方向に電圧を印加すると、モジュールは第二象限で動作する。この時、モジュール内の正常クラスタでは電流のほとんどがバイパス回路を流れ( $I_d$ )、かかる電圧はバイパス回路内のバイパスダイオード Db のオン電圧分に抑えられる。一方、開放故障クラスタでは、クラスタ内のセルにすべての電流が流れ、クラスタに大きな電圧( $V_2$ )がかかる。

Figure 1,2 より開放故障クラスタでの電圧を印加したことによる消費電力は、

$$S_1 = V_2 \times I_1 \quad (1)$$

と表される。一方、正常クラスタでの消費電力は、

$$S_2 + S_3 = V_1(I_c + I_d) \quad (2)$$

と表される。I-V カーブから正常クラスタに比べて明らかに開放故障クラスタでの消費電力が大きいことがわかる。つまり、開放故障クラスタでは発熱が大きくなり、正常クラスタでは発熱が小さくなる。この、バイパス回路が動作する方向に電圧を印加した際の温度上昇を赤外線カメラを用いて測定することでバイパス回路の開放故障を検出する。また、温度上昇のみの測定

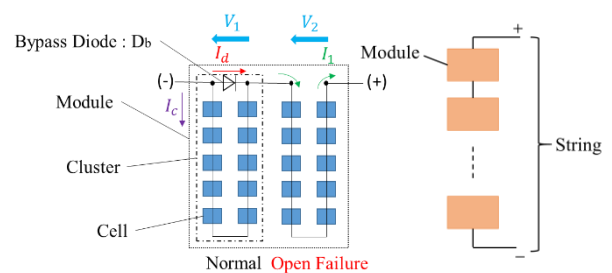


Figure 1. PV Module and String Internal Circuit

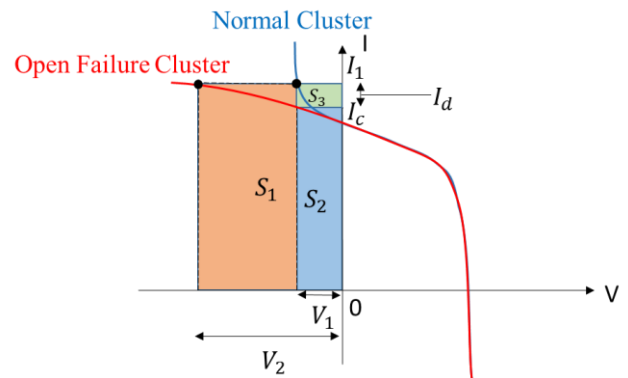


Figure 2. Normal / Open Failure Cluster I-V Curve

では周囲の建物などの太陽電池表面への映り込みの影響を除去できない。そのため、印加電圧を周期的なものにすることで開放故障クラスタにおける温度変化も、その周波数に追従するように変化させる。そして、その温度変化を周波数解析し電源電圧と同じ周波数の波形を多く含んだものをバイパス回路開放故障による温度上昇と判断する。全ピクセルにおける温度変化をフーリエ解析し、印加電圧と同じ周波数の波形の振幅を明らかにする。また故障の有無の判断を容易にするため、判別分析法<sup>[2]</sup>により閾値を定め、二値化処理し、閾値以上の振幅を持ったピクセルを赤色、閾値未満を白

1 : 日大理工・院(前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気

く着色した。そして、開放故障はクラスタ単位で発生するため、各クラスタごとに赤色割合を算出した。算出方法は、式(3)の通りである。

赤色割合[%] =

$$\frac{\text{クラスタ内で赤く着色されたピクセル数}}{\text{クラスタ内の全ピクセル数}} \times 100 \quad (3)$$

### 3. 試験方法

#### 〈3・1〉 試験回路

太陽電池モジュールを第二象限で動作させるために、日射がある状態で太陽電池ストリングにモジュール内のバイパス回路が動作する方向に電圧を印加する。今回使用したモジュールおよびストリングの仕様を Table 1 に示す。

Table 1. Module and String specifications

	module	string
最大出力 P <sub>m</sub>	120W	1.44kW
最大出力動作電流 I <sub>pm</sub>	7.65A	7.65A
最大出力動作電圧 V <sub>pm</sub>	15.7V	188V
短絡電流 I <sub>sc</sub>	8.25A	8.25A
開放電圧 V <sub>oc</sub>	19.8V	238V
モジュール直列数	—	12

試験回路は Figure 3 の通り。バイパスダイオードが動作する方向に電圧を印加し、クラスタ表面の温度変化を赤外線カメラを用いて測定する。

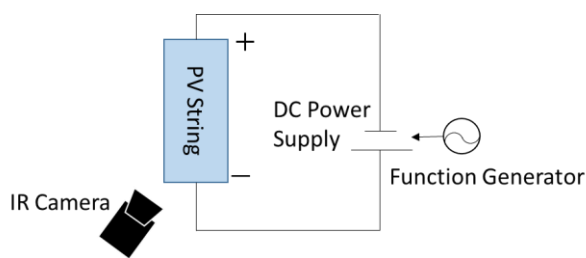


Figure 3. Test Circuit

#### 〈3・2〉 試験条件

- (1) 印加電圧 以下の2種類の電圧を印加する。
  - DC+正弦波,  $16.35+15.80\sin(0.02\pi)t[V]$
  - 方形波,  $V_{max} = 28.00[V]$ , デューティ比:0.5
- (2) 計測項目・時間
  - 日射強度, ストリング電圧, クラスタ電圧, 他 全て1秒間隔
  - 太陽電池の表面温度 5秒間隔

### 4. 結果

