

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
 —2 箇所開放故障時の場合—
 Open Fault Detection Technology of Bypass Circuit of PV Module with IR Camera
 —In The Case of Two Faults—

○千脇伸仁¹, 河村健一², 神谷拓杜², 西川省吾³

*Nobuhito Chiwaki¹, Kenichi Kawamura², Takuto Kamiya², Shogo Nishikawa³

Abstract: With conventional technology, even if it is possible to discover the existence of open fault in a bypass circuit, it is difficult to detect its location. When a voltage is applied in the direction in which the bypass circuit of the PV module operates, the temperature rises in the open fault PV cluster, and this is used to identify the fault position. The purpose of this study is to develop the detection technology for identifying the location of open fault PV cluster. In this paper, we describe the effect of amplitude of applied voltage across a string to detect two open circuit faults.

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早期に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、2箇所開放故障した場合に印加電圧の大きさが故障検出に与える影響を調査したので報告する。

2. 検出原理^[1]

Figure 1 にモジュールおよびストリングの内部回路、Figure 2 に太陽電池クラスタの IV 曲線を示す。Figure 2 の赤線がバイパス回路が開放故障しているクラスタ、青線が正常なクラスタを表している。日射がある状態で、外部からバイパスダイオード Db が動作する方向に電圧を印加すると、クラスタは第二象限で動作する。Figure 1, 2 より電圧を印加した際の開放故障クラスタでの消費電力(S₁)は(1)式で表せる、

$$S_1 = V_2 \times I_1 = V_2(I_c + I_d) \quad (1)$$

一方、正常クラスタでの消費電力(S₂+S₃)は(2)式で表せる。

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

IV 曲線から、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く発熱が大きくなることわかる。印加電圧の大きさ(瞬時値)を周期的に変化させることにより、開放故障クラスタの電圧変化が印加電圧と同じ周波数で大きく変化するので、温度変化を周波数解析し当該周波数の振幅を求め、判別分析法^[2]により閾値を求め二値化を行うそして、閾値以上

となったピクセルを開放故障による温度上昇として判断する。

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(3)式により赤色割合を算出した。

赤色割合[%] =

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

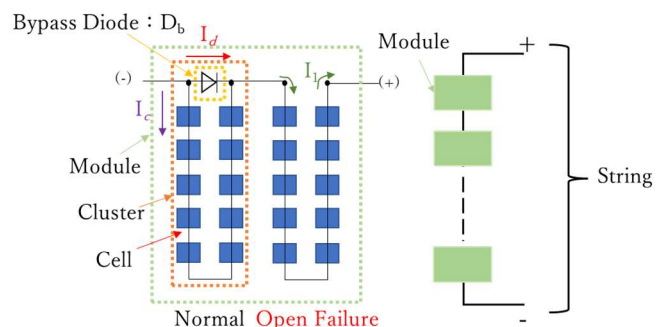


Figure 1. PV Module and String Internal Circuit

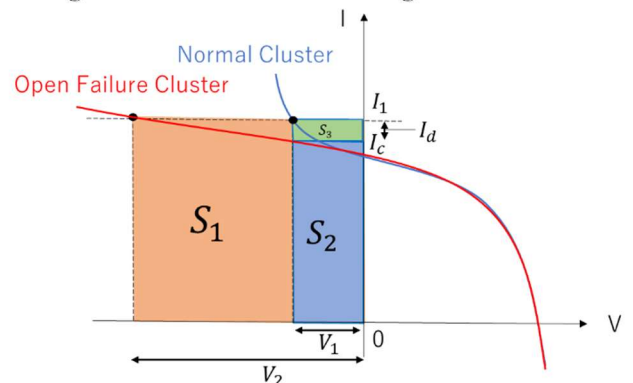


Figure 2. Normal/ Open Failure Cluster I-V Curve

3. 試験内容

<3・1>試験方法

モジュールおよびストリングの仕様を Table1 に示す。

1 : 日大理工・院(前)・電気 2 : 日大理工・学部・電気 3 : 日大理工・教員・電気

Table 1. Module and String specifications

		module	string
最大出力	Pm	80W	240W
最大出力動作電流	Ipm	8.00A	8.00A
最大出力動作電圧	Vpm	10.0V	30.0V
短絡電流	Isc	8.59A	8.59A
開放電圧	Voc	12.4V	37.2V
モジュール直列数		—	3

<3・2>試験条件

(1) 印加電圧

印加電圧の波形を Figure 3 に示す，大きさが異なる4種類の0.01Hzの方形波電圧をそれぞれ印加する．大きさ（実効値）はモジュールの V_{oc} の $\times 1.0$ ， $\times 1.5$ ， $\times 2.0$ および $\times 2.5$ である．

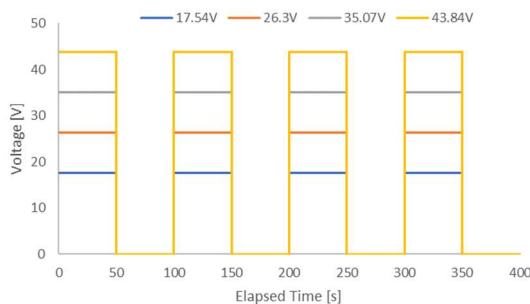


Figure 3. Applied Voltage Waveform

(2) 計測項目・試験時間

- 一日射強度，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
- 試験時間 400秒

4. 結果・考察

求めた赤色割合の結果例を Figure 4 に示す．これらは400秒間の平均日射強度に近い結果を抽出している．Figure 4 においてすべての倍率において正常クラスタの赤色割合が0.00%となっている．また，開放故障クラスタ①の赤色割合は全ての倍率において50.0%以上であり高くなっていることから，故障検出が容易であることが分かる．それに対し，開放故障クラスタ②の赤色割合は，全ての倍率において開放故障クラスタ①に比べ低くなっており，最も高い場合でも $\times 2.5$ の26.49%

まで低くなっている．中でも $\times 1.5$ ， $\times 2.0$ の場合は0.00%となっている．検出精度の偏りの原因として，同様の仕様のクラスタでも個々の性能差などにより I-Vカーブにずれ生じ，逆電圧が開放故障クラスタ①に集中したためであると考えられる．

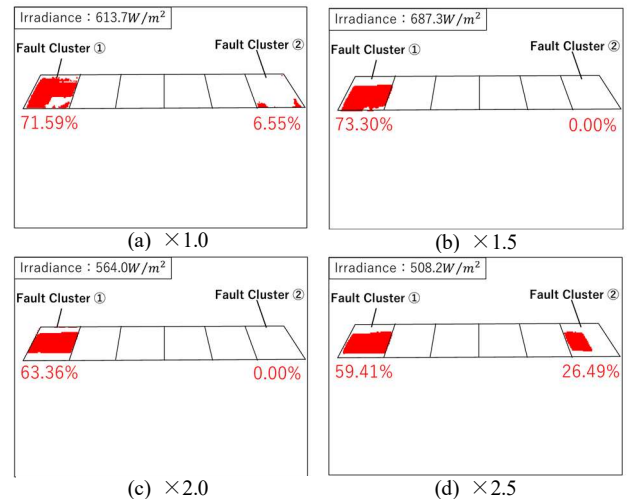


Figure 4. Example of Effect by Different Amplitude of Applied Voltage

5. まとめ

今回は，2箇所開放故障した場合に大きさの異なる4種類の方形波電圧を印加し，それぞれの赤色割合を求めた．結果より，全ての倍率において開放故障クラスタ①の故障検出は可能であるが，開放故障クラスタ②の故障検出は困難であることが分かった．

この成果は，国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP20015）の結果得られたものである．

6. 参考文献

[1] 藤田直希・西川省吾・山田竜也・寺田大亮・瀧川隆介：「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開放故障検出技術—一日射強度の故障検出への影響—」，電気学会論文誌 B(電力・エネルギー部門誌)，Vol.140, No.3, pp210-218(2019)(in Japanese)

[2] 大津展之：「判別及び最小2乗基準に基づく自動しきい値選定法」，信学論 D, Vol.J63-D, No.4, pp.349-356(1980-4)(in Japanese)