

PV モジュールのバイパス回路の完全開放故障状態がセル温度上昇に与える影響の調査

Investigation of Temperature Rise of PV cell Given by Complete Open Failure of Bypass Circuit of PV Module

○廣瀬航一¹, 黒田拓希², 西川省吾³

*Hirose Kouichi¹, Hiroki Kuroda², Shogo Nishikawa³

Abstract: Bypass diode of PV module has the ability to prevent fault of cells. However, if the bypass circuit opens, the solar cell generates heat and causes damage such as fire. This purpose of this study is to develop the detection technology of bypass circuit open failures.

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、当該位置の温度が上昇し、火災や破損の原因になりうる。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が、Db はそれらの温度上昇を防ぐ目的として、挿入されている。Db が正常に機能している場合(この状態を正常状態と呼ぶ)では温度上昇は起きないが、Db が壊れている場合バイパス回路が完全な開放状態になってしまうことがあり(この状態を開放故障状態と呼ぶ)、温度が上昇してしまう。正常状態から開放故障状態に至るパターンは急速に起きるパターン(落雷など)と緩やかに起きるパターン(経年劣化など)があるが今回は緩やかに起きるパターンでの調査を行った。

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セルの温度変化の測定、太陽電池モジュールの発電状態におけるセル温度の変化を測定したので、結果をそれぞれ報告する。

2. 検出原理

検出回路を Figure1 に示す。

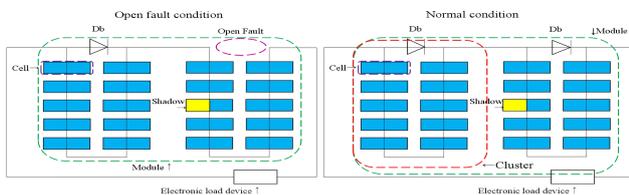
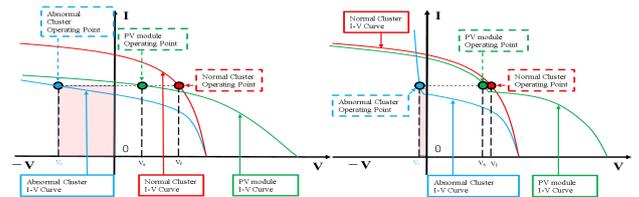


Figure 1. Detection Circuit

太陽電池モジュールの内部はセルが直列に接続され、Db と並列接続されたものをクラスタ、クラスタを直列につないだものをモジュールと呼ぶ。

Db は太陽電池モジュールの内部の部分的な影(Figure 1.shadow 黄色部分)や故障・不具合の影響を抑えることを目的としている。

また、Figure2 に測定原理を示す。



(a) Without Db (b) With Db

Figure2. I-V Curves of PV and Db

直流電源を用いて太陽電池モジュール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。

太陽電池に負荷をつないで発電状態にさせると太陽電池の動作点は I-V 曲線の第 1 または 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。

3. 試験内容

それぞれの実験において、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。

< 3.1 > 太陽電池モジュールの第 2 象限における温度変化

第 2 象限における I-V カーブの特性を理解するために太陽電池モジュールの正常状態と開放故障状態において一定の電流を流し、それぞれの状態において正常クラスタと異常クラスタの I-V 曲線の第 2 象限及び温度変化を測定した。今回印加した直流電圧は、測定する太陽電池モジュールの公称短絡電流 4.30A+1 の値と同じにする。(5.30A)

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

< 3.2 > 太陽電池モジュールの第1象限における温度変化の測定

太陽電池のセルの一部に影をかけた状態で実際に動作させ、正常状態と開放故障状態において正常クラスタと異常クラスタ、影がかかったセルのI-V曲線の第1, 2象限及び、それぞれの温度変化を測定した。今回動作させる太陽電池は電子負荷装置の定抵抗モードを用いて、公称動作範囲内で実験を行える値に設定する。

4. 試験結果

< 4.1 > 太陽電池モジュールの第2象限の状態における温度変化

Figure3は太陽電池モジュールに逆電圧をかけたときのモジュールにおいて、正常状態と開放故障状態のそれぞれの時間変化の熱画像である。

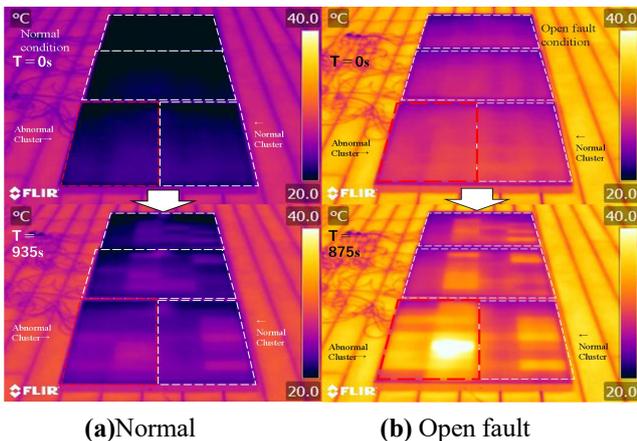


Figure3. Thermal Image of PVmodule applied by Reverse Voltage

また Figure4 は熱画像の温度変化をグラフにしたものである。正常状態において逆電圧がかかっても Db が作動してセルにはほとんど逆電圧がかからないため温度の変化は起こりにくい。一方、開放故障状態においては Db が作動していないため異常クラスタに逆電圧がかかり温度が上昇する。

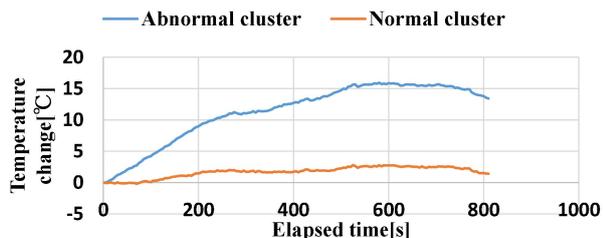


Figure4. Temperature change of each cluster

< 4.2 > 太陽電池モジュールの第1象限における温度変化の測定

Figure5は太陽電池モジュールのセルの一部に影をかけて動作させたとき、正常状態と開放故障状態のそれぞれの時間変化の熱画像である。正常状態、開放故障状態いずれの場合においても温度上昇がみられるが、これは影がかかっている面積が狭く異常クラスタの電圧が Db が作用する逆電圧の値に達していないためだと考えられる。

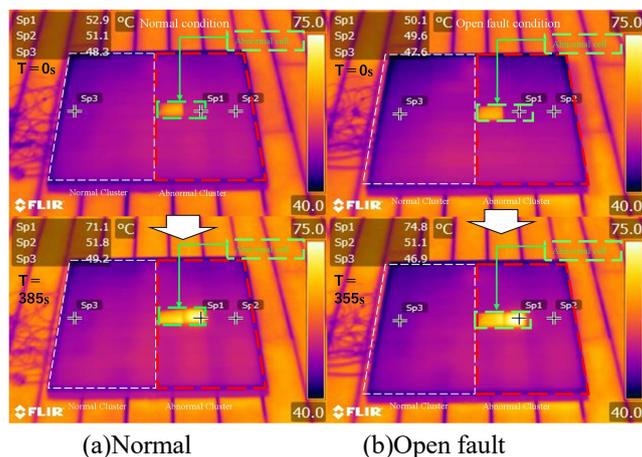


Figure 5. Thermal Image of PVmodule under Normal Condition

5. まとめ

太陽電池モジュールが第2象限で動作している状態において赤外線カメラを用いた温度変化の測定では、Dbが機能している場合は温度上昇は5°C未満、機能していない場合は温度上昇は15°C前後あった。太陽電池モジュールが第1象限で動作している状態では影がかかったセルに十分な逆電圧がかかると Db が作用せずセルの温度が上昇してしまった。今後はより大きな逆電圧をかけられるよう影の面積を増やして実験を行っていく。

また、開放故障状態には至らないが、Dbの抵抗成分が増大した故障（部分開放故障状態）ではいずれ開放故障に至ってしまう。

部分開放故障が検出できるようになれば故障の更なる早期発見につながる。そのため、Dbの機能を確認したら、こちらの部分開放故障状態の実験も行っていく。

6. 参考文献

[1] 「PVモジュールの表面温度観察によるバイパス回路の故障検出技術の基礎検討」加瀬亮一 博士前期課程修士論文 P10 H28