

L-61

**インピーダンス計測による PV モジュールの故障検出技術
—バイパス回路の故障点数がコールコールプロットに与える影響—**
Fault Detection Technology of Photovoltaic Module by Impedance Measurement
—The Effect of the Number of Bypass Circuit Faults on the Cole-Cole Plot—

○松本佑輝¹, 西川省吾²

*Yuki Matsumoto¹, Shogo Nishikawa²

Abstract: While solar cell modules are said to be maintenance-free, there are failure cases such as open or short of bypass circuit. Measurement of the surface temperature with an infrared camera is effective method to detect fault position, but in order to measure accurately, solar radiation intensity of 500W / m² or more is required. In order to increase the work performance in the field, it is necessary to develop a fault detection technology that is as independent as possible from the solar radiation intensity, and this is the purpose of this study. Therefore, in this study, we shielded the PV module from light, to simulate rainy day or night, and then the fault cell is detected by comparing the Cole-Cole plot between normal condition and fault condition. In this paper, we describe the effect of the number of bypass circuit fault on the Cole-Cole plot when four modules are connected in series.

1. はじめに

太陽電池モジュールはメンテナンスフリーといわれてきたが、例えばバイパス回路の開放故障や短絡故障などの故障事例がある。故障検出には赤外線カメラ等を用いて表面温度を測定する方法があるが、正確に測定するためには、日射強度 500W/m² 以上の条件がある¹⁾。現地での作業効率を上げるには、日射強度にできるだけ依存しない故障検出技術の開発が必要で、これが本研究の目的である。本稿で提案する手法ではモジュールを遮光し、日射強度が十分でないことを模擬したうえで、正常時のコールコールプロットと、故障時のコールコールプロットを測定し、比較することで故障検出を容易に行うことが可能である。

本稿ではモジュールを 4 枚直列接続したときの、バイパス回路の故障個数がコールコールプロットに与える影響を検討する。

2. 原理

太陽電池モジュールは一般的に、多数のセルが直列接続されており、それらとバイパスダイオード(以下 Db)が並列接続されている。この並列接続されたセル群と Db をまとめて「クラスタ」と呼ぶ。

Db は太陽電池内部の部分的な影や故障の影響を抑えることを目的に接続されており、Db はバイパス回路としての役割がある。

その Db を取り外したり、導線に置き換えることにより開放故障や短絡故障を模擬する。

3. 測定回路

測定回路を Figure1 に示す。測定の際、LCR メータの 4 端子リード線を太陽電池モジュールに対し順方向に接続し、太陽電池モジュールのインピーダンスを測定しコールコールプロットを描く。

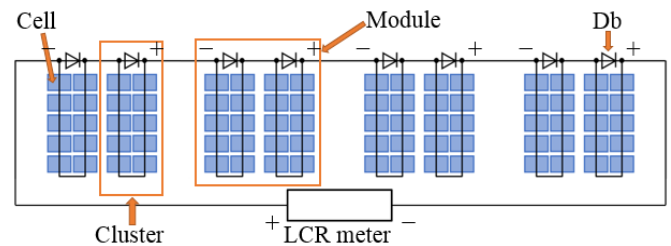


Figure 1. Measuring circuit

4. 測定条件

同じ仕様の太陽電池モジュール 4 枚(A, B, C, D)を直列接続し、コールコールプロットを LCR メータを用いて、100mHz~100kHz の間の 100 点を測定した。ただし印加電圧(正弦波)の実効値は $V_{rms}=5V$ と設定した。

5. 測定結果

< 5.1 >セル単体の測定結果

セル単体のコールコールプロットを測定すると Figure2 のような結果が得られた。Figure2 よりセル単体のコールコールプロットの縦と横の半径の比は 1:1.02 となりほぼ半円となる。これからセルの等価回路は Figure3 のようになる。

1 : 日大理工・学部・電気 Electrical Engineering,CST.,Nihon-U. 2 : 日大理工・教員・電気 Electrical Engineering,Co.,Ltd

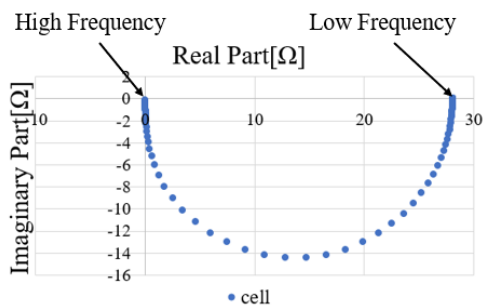


Figure 2. Cole-Cole plot of a cell

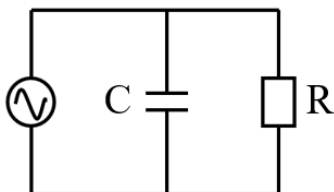


Figure 3. Equivalent Circuit of PV module

< 5.2 > 開放故障時の測定結果

Db を一つずつ取り外して、バイパス回路を順に開放していくと、Figure4 のような結果を得た。Figure4 より、正常時と開放時のコールコールプロットを比較すると、開放時のインピーダンスは正常時の約 10 倍～25 倍になっていることがわかる。ただし、その増え方はバイパス回路の開放個数倍とならず、バラつきがある。またセルにバイパス回路を並列接続すると半円が歪み、バイパス回路を 1 個開放状態としたときを例とすると、そのコールコールプロットの縦と横の半径の比は 1:1.41 となり半円が歪むことがわかる。

ここで、歪みの原因は Db にあると考えられる。Db に交流電圧を印加すると、順方向バイアスと、逆方向バイアスが交互にかかり、空乏層が変化することにより空乏層容量も変化する。これらの変化は Db の性質上非線形となる。したがってセル単体のコールコールプロットは半円を描いていたが、Db を接続することによって歪みが生じたと考えられる。

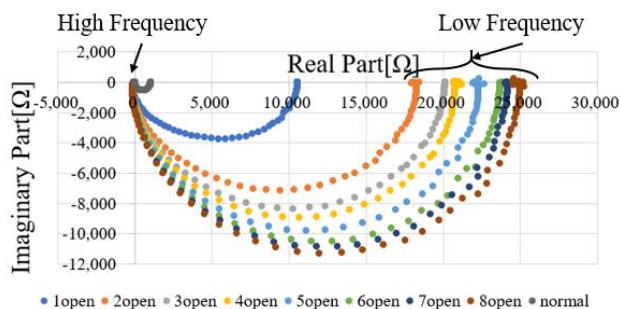


Figure 4. Cole-Cole plot of PV module(open)

< 5.3 > 短絡故障時の測定結果

Db を一つずつ取り外して代わりに導線を接続し、バイパス回路を順に短絡していくと、Figure5 のような結果を得た。Figure5 より、正常時と短絡時のコールコールプロットを比較すると、短絡時のインピーダンスは正常時より約 30%～90%小さくなる。これは、正常時と短絡時のクラスタの個数の違いである。正常時は全てのクラスタを測定しており、短絡時はバイパス回路の短絡個数が増えるごとに、クラスタの個数が減ることから明らかである。

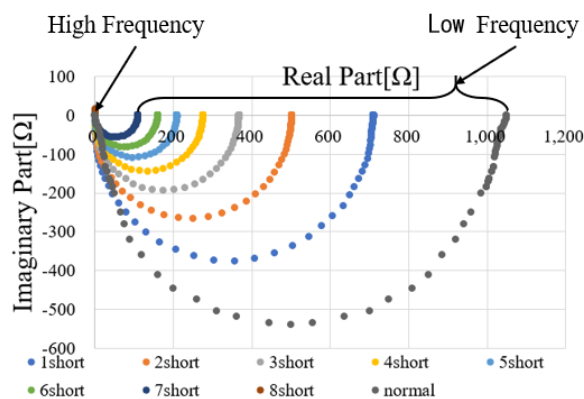


Figure 5. Cole-Cole plot of PV module(short)

6. まとめ

日射の強さに依存しない故障検出方法として、LCRメータを用いてクラスタおよびセル単体のコールコールプロットを測定した。その結果、セル単体で測定すると、ほぼ半円を描いた。このことから、セル単体は RC 並列回路に似た特性があるといえる。

一方クラスタの測定から、バイパス回路の故障個数の増加により、開放時のインピーダンスは正常時より大きくなり、その増え方にバラつきがあることがわかった。またその際生じる歪みは並列接続された Db によるものと考えられる。次に短絡時のインピーダンスは正常時より小さくなる。これは正常時と短絡時のクラスタの個数の違いから明らかである。

本稿からバイパス回路の故障個数がコールコールプロットの大小変化に影響を与えることがわかった。今後は Db の接続によるコールコールプロットの歪みの原因について、複数のセルを測定するなどしてさらに詳しく検討していきたい。

7. 参考文献

[1] 「太陽光発電システムの定期点検及び不具合調査に関するガイドラインについての報告書」, P22, JET, 平成 28 年 7 月