

結晶シリコン系太陽電池モジュールの直列抵抗 (R_s) とインピーダンス (Z) による劣化・故障評価

高野和美²・松下洋介²・白澤勝彦¹・高遠秀尚¹

1 産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 太陽光チーム
2 株式会社アイテス

研究の目的

R_s の測定方法として、ソーラーシミュレータまたは、日射を光源としたI-V特性曲線上の V_{pm} 付近や V_{oc} 点の傾きから算出する方法が、一般的に使われている。[1] 簡易に評価する方法としてDark-VI特性の傾きからの R_s 算出と、LCR測定でのインピーダンス(Z)が、劣化・故障状況を説明できるか検討した。

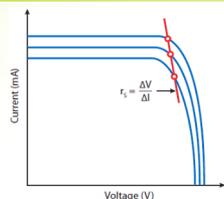


図1. R_s の算出 [2]

実験

- (1)劣化評価として、多結晶ソーラーパネル(稼働2年未満)4枚と未使用ソーラーパネルをPhoto-VI(日清紡メトロクス製PVX116m)、Dark-VI(アイテス製PVX330)、Z(日置電機製3532-50)、EL(アイテス製PVX330)、熱画像(FLIR製E5)を測定
- (2)故障評価として、単結晶ソーラーパネルのインターコネクタを断線させたソーラーパネルと未断線のをPhoto-VI、Dark-VI、Zを測定

結果(1)

劣化(直列抵抗の増加)は、どの方法も、劣化を説明できる値となり、その原因としてインターコネクタとセルの接合不良が考えられた。

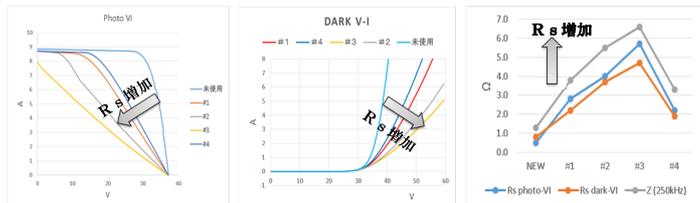


図2. ソーラーシミュレータのDATA 劣化パネルは R_s が増加傾きが小さくなっている
図3. 外部印加電流電圧測定 劣化パネルは R_s 増加するため、傾きが小さくなる
図4. 暗環境のZ測定との比較 劣化パネルはZが増加5枚の順位相関は他と同じ

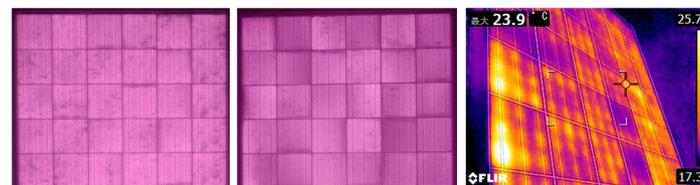


図5. 未使用パネルのEL 結晶欠陥の暗部があるがセル面内が同等の明るさ
図6. #3パネルのEL セル内にEL輝度のムラ有明暗はインターコネクタに沿う
図7. #3パネルの熱画像 発熱している箇所は、インターコネクタと一致している。ハンダ接合箇所が高抵抗化

結果(2)

インターコネクタを断線させた故障は、PHOTOのI-V特性曲線の傾きから算出された R_s では、故障を説明できない値であったが、Dark-VI特性での R_s やLCR測定のZは故障を説明できる値が得られた。

表1. 断線パネルの測定値 (Ω)

| | 未切断パネル | 切断パネル |
|------------------|--------|----------|
| R_s (Photo-VI) | 1.1 | 1.2 |
| R_s (Dark-VI) | 1.0 | ∞ |
| Z (250kHz) | 2.3 | >2000 |

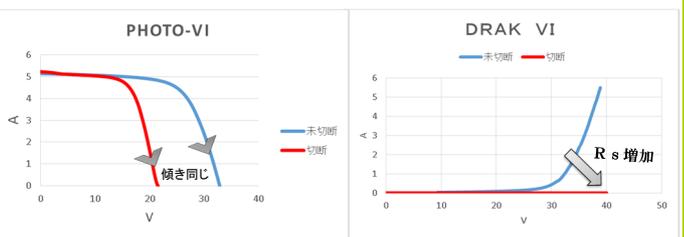
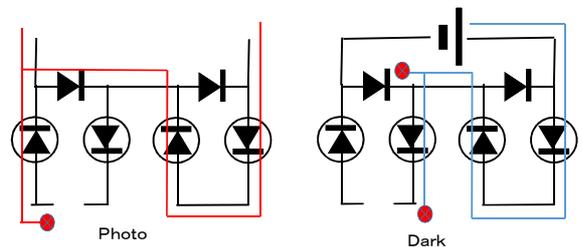


図8. ソーラーシミュレータ回路として断線しているが、傾きが同じなので、 R_s としては同等となる。断線しているにもかかわらず、抵抗が増加したと説明できない
図9. 外部印加電流電圧特性 外部から印加したバイアス方向が発電と逆になるため、バイパスダイオードを通過できないので、 R_s は無限大となる

結論

太陽光発電設備の点検手法として、日射条件下でもインピーダンスを測定できる装置を開発し、故障ソーラーパネルを存在するストリングを検出することができた。また、インピーダンスによる点検は、天候の変動に強く、かつ判定が容易である。

参考文献

- [1] JIS C 8914 6.3 (3).
- [2] KEITHLEY Application Note Series Number 2876.

適用例

インピーダンス測定が有用であったので、日射状態でZと V_{oc} を測定できる装置(ソラメンテZ)を開発し、500kWの太陽光発電所の110ストリングを点検し、4枚の故障パネルを検出した。

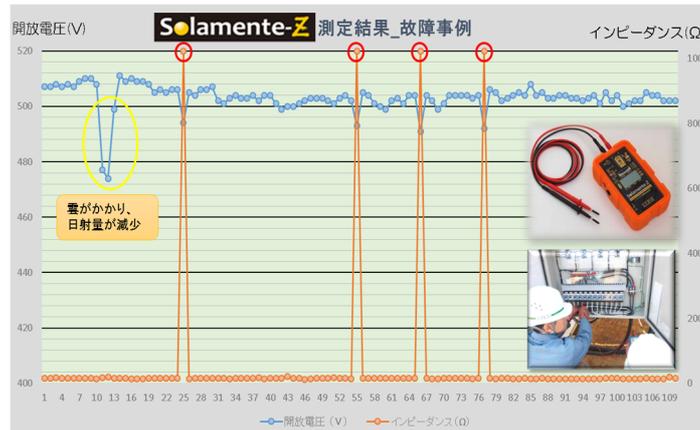


図10. 500 kW太陽光発電設備の各ストリングの V_{oc} 、Z測定結果 赤丸のZが故障パネルを含むストリングであり、クラスタ断線故障しているため、 V_{oc} が約10V低くなり、Zは測定上限値になっている。故障パネルの特定はソラメンテIS(アイテス製)で行った。