

太陽光発電設備の異常の傾向の早期検出を目指す絶縁抵抗測定装置の性能評価

高島工

産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター

背景と目的

PV設備の感電・火災事故の予防保全:

絶縁抵抗の異常の傾向を早期に検出し、定期点検時に異常箇所を改修

※ 既存の絶縁抵抗測定:

数百kΩから数MΩを対象とした地絡の即時検知

本研究:

測定領域を20MΩ以上へ拡張した測定機(GFDI)の性能評価

本報:

- 絶縁抵抗値の検出限界値のPVストリング電圧に対する依存性評価
- PVアレイの絶縁抵抗測定

まとめと今後の課題

まとめ

- 絶縁抵抗測定可能範囲(測定誤差±25%以下):

- 300Vストリング: 240MΩ程度以下
- 500Vストリング: 400MΩ程度以下

- アレイ絶縁抵抗測定:

- 本装置によりアレイ絶縁抵抗を測定可能
- 一部ストリングの絶縁抵抗の低下をアレイ絶縁抵抗測定により検出

今後の課題

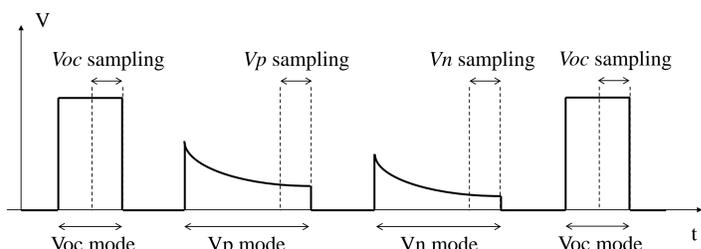
アレイ測定値(実測)とストリング測定合成値(計算)の差異要因の考察

絶縁抵抗値の検出限界値のPVストリング電圧に対する依存性評価

- 絶縁抵抗測定方法: 自己バイアス法

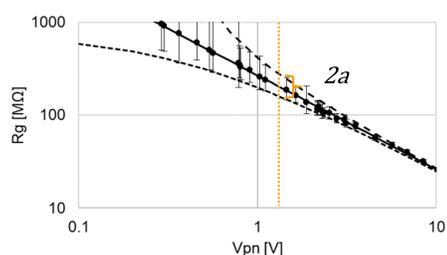
- PVストリング開放電圧 V_{oc}
- 対地電圧: 正極側 V_p
- 対地電圧: 負極側 V_n
- 検出内部抵抗 R_m (1.12MΩ)

$$\text{絶縁抵抗 } R_g = R_m \left(\frac{V_{oc}}{|V_p| + |V_n|} - 1 \right)$$



- 評価対象ストリング: 単結晶Siモジュール4枚、8枚、12枚、16枚直列
- 電圧測定(17Hz): V_{oc} / 2秒、 V_p / 10秒、 V_n / 10秒、 V_{oc} / 2秒
 - 各測定の最終1秒を平均。 V_{oc} は2回の平均。各パラメータ間: 0.8秒
- 測定年月、場所: 2020年3月、4月。産総研メガソーラタウン

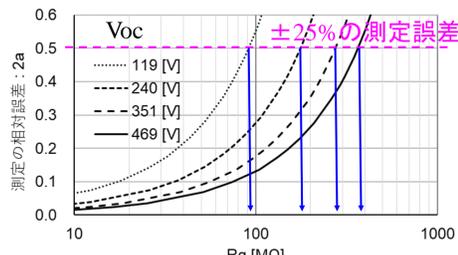
検出限界値の導出



対地電圧に対する絶縁抵抗値のばらつき (8枚直列ストリング)

電圧測定の標準偏差: 0.34V
信頼水準: 95%
自由度: 16

t分布により信頼区間を算出し、絶縁抵抗値の測定誤差幅に換算



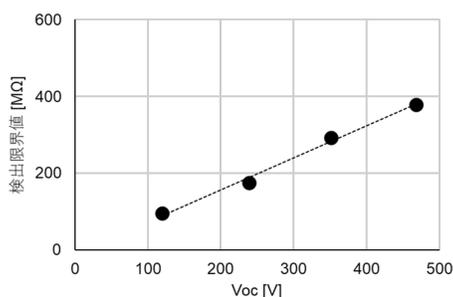
ストリング電圧、絶縁抵抗値に対する相対測定誤差

絶縁抵抗の測定誤差幅(相対値):

$$2a = \frac{R_{g_top} - R_{g_bot}}{R_g}$$

測定誤差が±25%以下となるように検出限界値を決定

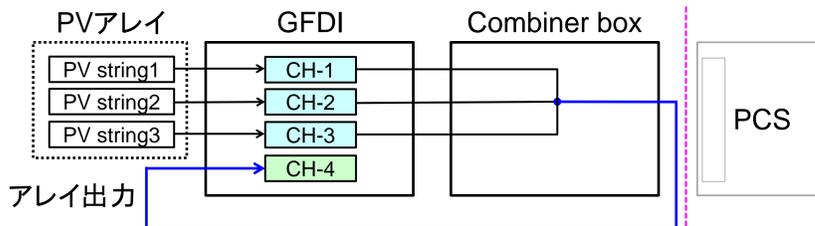
検出限界値(測定誤差±25%以下)



300Vストリング(住宅用PVシステム): 240MΩ程度以下まで

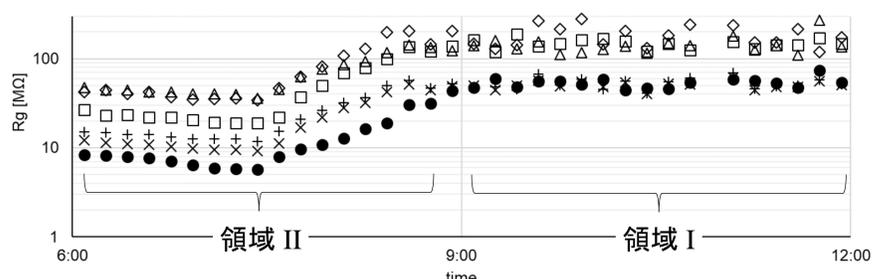
500Vストリング(一般用電気工作物): 400MΩ程度以下まで

PVアレイの絶縁抵抗測定(ストリング計測とアレイ計測の比較)



- 測定対象アレイ: 多結晶Siモジュール9枚直列ストリング×3並列
- ストリング計測: チャンネル1(CH-1)~チャンネル3(CH-3)
- アレイ計測(接続箱出力): チャンネル4(CH-4)
- 測定時間: V_{oc} / 2秒、 V_p / 30秒、 V_n / 30秒、 V_{oc} / 2秒
 - V_{oc} : 2回の測定値(各最終1秒)を平均、 V_p 、 V_n : 9~10秒の間を平均
 - 各パラメータ間: 0.4秒。1チャンネルあたり、開始~終了までの計測時間: 90秒
 - チャンネル1~チャンネル4の総計測時間: 10分
- 測定年月、場所: 2020年10月。産総研メガソーラタウン

ストリング絶縁抵抗とアレイ絶縁抵抗の比較



- : ストリング1測定値 R_{g_str1} 、◇: ストリング2測定値 R_{g_str2} 、△: ストリング3測定値 R_{g_str3}
- : アレイ測定値 R_{g_array} 、×: 測定合成抵抗値 R_{g_calc} (ストリング並列接続により算出)
- + : 仮定合成抵抗値 R_{g_equiv} (ストリング1の抵抗値をストリング2と3の平均値と仮定)

$$\frac{1}{R_{g_calc}} = \frac{1}{R_{g_str1}} + \frac{1}{R_{g_str2}} + \frac{1}{R_{g_str3}}$$

$$\frac{1}{R_{g_equiv}} = \frac{1}{R'_{g_str1}} + \frac{1}{R_{g_str2}} + \frac{1}{R_{g_str3}}, R'_{g_str1} = \frac{1}{2}(R_{g_str2} + R_{g_str3})$$

ストリングおよびアレイ絶縁抵抗値の経時変化

領域 I:

- アレイ測定値(●)がストリング測定合成抵抗値(×)と一致
 - アレイの絶縁抵抗を測定できることを確認

領域 II: ストリング1のみ他ストリングより15~50MΩ程度低絶縁抵抗

- アレイ測定値(●)が仮定合成抵抗値(+)より小
 - ストリング1の低絶縁抵抗状態を反映
- アレイ測定値(●)がストリング測定合成抵抗値(×)と不一致
 - 要因解明必要