

自己バイアス法による絶縁抵抗測定での測定時間の短縮に向けた対地電圧推定方法の検討

高島 工、池田一昭
産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター

●研究の背景と目的

【PVstringの絶縁抵抗測定】

既存: 数百kΩから数MΩを対象とした地絡の即時検知。
本研究: 数十から数百MΩを対象とした不具合発生の予兆検知。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。
→ PV設備の感電・火災事故の予防保全に寄与。
目的: 自己バイアス法による絶縁抵抗測定の測定時間の短縮。
本報: 短時間の対地電圧測定データから一定時間後の対地電圧値を推定する手法の検討結果と絶縁抵抗の推定結果の報告。

●結論

- 自己バイアス法で絶縁抵抗の算出に必要な対地電圧を短時間で推定する方法を検討した。
 - 短時間の経時変化を3つの関数で再現し、3つの外挿値の平均を対地電圧の推定値とした。
- 10秒間の対地電圧実測値から30秒後の対地電圧を推定し、絶縁抵抗値を算出した。
 - 74MΩ以下の領域: 推定値の平均が実測値よりも6.6MΩ大。推定値のばらつきの幅は9.6MΩ程度。
 - 74MΩ以上の領域: 推定値のばらつきの幅は146MΩ程度。
 - より高精度な30秒値推定には10秒を超える測定時間が必要。

1. 自己バイアス法と対地電圧

自己バイアス法: string開放電圧と対地電圧から絶縁抵抗値を算出する手法。

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

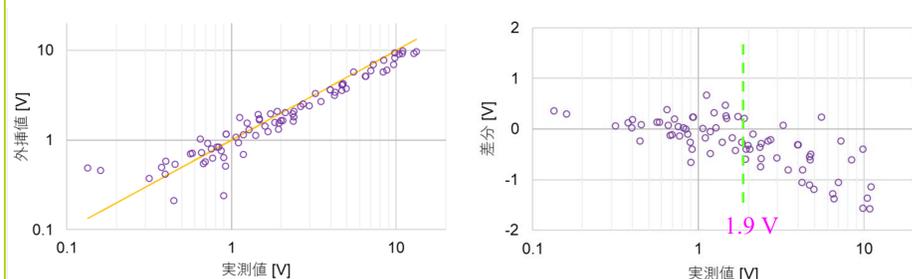
R_m : 検出抵抗
 V_{oc} : 開放電圧
 V_p : 対地電圧(正極)
 V_n : 対地電圧(負極)

【課題】

- 対地電圧は測定開始から時間の経過とともに減衰し、絶縁抵抗値の計算に必要な収束値を得るために多分な時間を要する。
- 減衰は単純な等価回路から導出される波形とは異なり、抵抗値(特に高抵抗)や測定時の環境により多様な形を示す。

【本研究】短時間の測定データから一定時間後の電圧値(あるいは収束値)を推定する。

4. 対地電圧の推定値と実測値



対地電圧外挿値の平均値と実測値の関係 対地電圧の残差と実測値の関係

実測値 < 1.9V: 残差は正側、負側とも同程度に分布
実測値 > 1.9V: 残差は負側に偏って分布

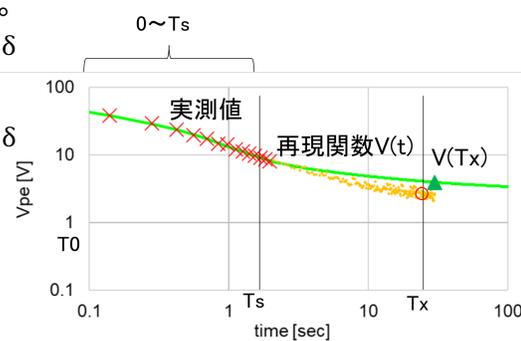
2. 対地電圧を推定する手順

① 時刻0~Ts秒後までの対地電圧の測定データを再現する関数を以下の3形式で作成する。

- (1) $V(t) = \beta e^{-\frac{t}{\tau}} + \alpha t^{-\gamma} + \delta$
- (2) $V(t) = \beta e^{-\frac{t}{\tau}} + \alpha t^{-\gamma}$
- (3) $V(t) = \alpha t^{-\gamma} + \delta$

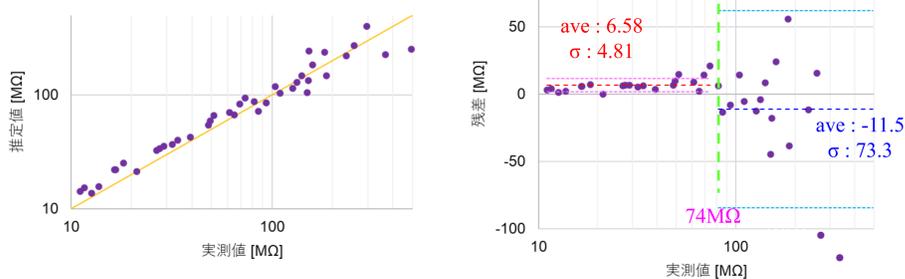
② 3つの関数を用いて時刻Tx(>Ts)における対地電圧を外挿する。

③ 3つの外挿値の平均値をTx秒後の対地電圧の推定値とする。



対地電圧測定値V(0~Ts)と推定値V(Tx)

5. 絶縁抵抗の推定



絶縁抵抗推定値と実測値の相関 絶縁抵抗値の残差と実測値の関係

- ① 74MΩ以下: 推定値の平均が実測値よりも6.6MΩ大きい。推定値のばらつきは4.8MΩ程度。
- ② 74MΩ以上: 推定値のばらつきは標準偏差で73MΩ程度。

3. データ処理方法と使用した対地電圧測定データ

【処理】測定開始から10秒間の対地電圧値から再現関数を作成。
→ 3関数の30秒外挿値を平均して対地電圧を推定。
→ 30秒絶縁抵抗値を算出。

【対地電圧測定データ】

- 測定対象: 多結晶Siモジュール8枚直列のstring。
- 測定回数: 40回。
- 電圧測定手順: $V_{oc} / 2$ 秒 → $V_p / 30$ 秒 → $V_n / 30$ 秒 → $V_{oc} / 2$ 秒。
各電圧値は測定期間の終端1秒間の平均値を採用。
ただし V_{oc} は2回の測定値のさらに平均値。
各パラメータの測定間隔: 0.4秒。サンプリング: 7Hz。
- 検出抵抗 R_m : 1.12 MΩ

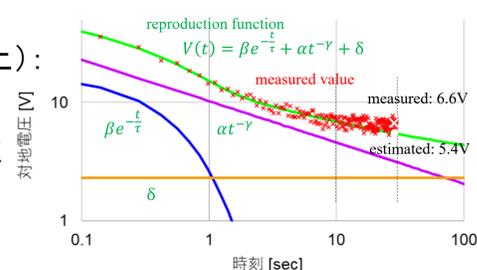
6. 考察

●低絶縁抵抗領域(74MΩ以下):

- 絶縁抵抗値を過大推定 = 対地電圧を過小推定: 42例中33例。
- ➔ 実測値には時定数が10秒を超える電圧成分が重畳する。
- ➔ 短時間データで構築した関数では重畳成分を表現できない。
- ➔ より高精度な30秒絶縁抵抗値の推定には10秒を超える測定時間が必要。

●高絶縁抵抗領域(74MΩ以上):

- 対地電圧の残差の実測値に対する相対比が大きいため推定誤差が大。
- 推定精度の向上には対地電圧の残差の低減が必要。



対地電圧の推定値が過小となる例