氏　　名	髙島　工
学 位 の 種 類	博　士（工　学）
学 位 記 番 号	博　甲　第　８５３８　号
学位授与年月日	平成　３０年　３月　２３日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科
学位論文題目	太陽電池ストリングのインピーダンス測定による オンサイト不具合箇所推定技術の構築

主　　査	筑波大学　教授	博士（工学）	石田　政義
副　　査	筑波大学　教授	博士（工学）	岡島　敬一
副　　査	筑波大学　准教授	博士（工学）	藤野　貴康
副　　査	筑波大学　准教授	博士（工学）	安藝　裕久
副　　査	産業技術総合研究所　副センター長	博士（工学）	増田　淳

論　文　の　要　旨

本論文ではインピーダンス測定を利用した太陽光発電システムのオンサイト不具合箇所推定技術を構築している。

不具合調査事例からオンサイト不具合特定の対象とすべき事象をピックアップし、多結晶シリコン太陽電池モジュールからなる太陽電池ストリングをシミュレーションするモデルを構築している。モジュールをクラスタレベルでモデル化し、クラスタ単位での不具合を表現できるものとし、その妥当性を確認している。

さらに能動的性能診断手法の一つとして対地静電容量計測法を取り上げ、実アレイでの実験により、日射強度の影響を受けないこと、対地静電容量がモジュール枚数に比例して増加すること、故障相と健全相の測定値を用いる方法および故障相のみの測定値を用いる方法により断線位置推定が可能であることを示している。また、タイムドメインリフレクトメトリ法による故障診断である信号印加法について述べ、信号印加法においても日射強度の影響がないこと、クラスタ断線では信号伝搬経路が変わること、PV ストリング部およびケーブル部の信号伝搬速度を実験的に検証している。不具合位置検出アルゴリズムを検討し、応答波形を微分した波形を評価することで抵抗増を伴う不具合位置の検出が可能であることを示したものである。

以上の総括において、従前のオンサイト点検技術と対地静電容量計測法、信号印加法を比較し、提案手法をオンサイト不具合箇所推定に適用する際のメリット、デメリットを整理し、提案手法は３か所以上の不具合箇所推定は同時に行えないが、１ストリングに少なくとも２か所の不具合が生じている場合、さらに３か所目以降の不具合箇所を検出する必要性は低く、モジュールの全交換を検討すべきであると主張されている。

審　査　の　要　旨

【批評】

本論文ではインピーダンス測定を利用した太陽光発電システムのオンサイト不具合箇所推定技術を構築している。

本研究課題スタート当初（平成 13 年頃）はオンサイトにて太陽電池アレイの不具合箇所を確認、特定する技術は赤外線カメラ等による発熱観察技術程度しか存在しなかった。また、電流－電圧特性の測定では出力変化は検出できるものの不具合箇所の特定には至らなかった。このため、アレイ面に上がらずに不具合箇所の特定ができる手法の必要性に着目し研究課題としたものである。太陽電池出力を直接測定することは環境条件依存の要素が残り測定機会の制限につながることから、ストリングの一端を計測器に接続しない結線方法により太陽電池ストリングのインピーダンスを測定する手法（対地静電容量計測法、信号印加法）に方向性を見出している。これら手法は太陽電池ストリングの出力に基づく評価ではなくストリングの状態を観察するものであることが、従来手法にない画期的なものと言える。

断線故障の検出に対して、従来の電気的測定手法では断線して出力が 0 となることしか知りえなかったのに対し、対地静電容量計測法では断線位置の推定まで可能としたことは新規性が高いと評価できる。また、信号注入法にて不具合判定基準（フィルファクタ 0.5 以下、定格値の 80%以下）までは出力低下していないストリング中の不具合箇所を検出できるとしたことは、重大な不具合を未然に検出することを可能にした点で、太陽光発電システムの安全性維持、経済性維持に大きく貢献する技術と考えられる。

なお、平成 19 年（2007 年）に開催された太陽光発電国際会議（PVSEC17）では共著論文がポスター賞を受賞した。上記のとおり、学界での評価のみならず、産業界でも実用的にこの開発技術が応用されており、太陽光発電のメンテナンス性とともに信頼性向上に大きく貢献したと評価できる。

【最終試験の結果】

平成 30 年 2 月 7 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。