

太陽電池の劣化検知システムの開発

電子情報部 再生可能エネルギー技術開発PJ室 ○橘泰至 豊田丈紫 南川俊治

1. 目的

太陽光発電の導入が進んでいるが、設置後の経年により発電は継続しているものの、劣化した太陽電池が放置される事例が増えている。その劣化原因には、断線、太陽電池の割れや、発電効率の低下などがある。中でも断線は、断線箇所によっては、回路に高電圧が印加され、断線した回路での発熱や放電による火災の危険性が高まる。

現状では、設置された太陽電池の劣化検査は、複数の太陽電池モジュール(以下モジュールと略す)を直列に接続した太陽電池ストリング(以下ストリングと略す)単位で発電のI-V特性を測定する方法が主流であるが、発電を中断する必要があること、外乱(周囲構造物などの影、積雪)の影響を受けることが課題になっている。

そこで本研究では、現在最も普及している結晶シリコン系太陽電池を対象に、太陽電池が発電していない夜間の電流-電圧(ダークI-V)特性を測定する方式で太陽電池回路の断線故障を検知するシステムを開発した。

2. 内容

2.1 システムの概要

図1に試作した検知システムを示す。本システムは、太陽電池のダークI-V特性を測定するための電源部、計測・制御部、表示部からなり、ストリング単位で測定が可能である。太陽光発電システムの配電盤において、図2に示すように接続し、ストリングにおける(発電時の)正電圧方向と負電圧方向のダークI-V特性の双方を測定することで、発電回路およびバイパスダイオード(BPD)回路の断線故障を検知することができる。

ストリング内の断線が生じる箇所は、モジュール外、モジュールの中のクラスタ外、クラスタ内の発電回路とBPD回路に分類でき、本システムは上記全ての断線故障を検知するものである。本稿では、ストリング内を電流が流れるクラスタ内の断線について述べる。なお、試料としては、工業試験場において長年使用されていた太陽電池を用いた。

2.2 クラスタ内の断線故障

本システムを用いて太陽電池に電圧を印加した際の電流の流れを図3に示す。クラスタ内における断線の有無によって電流の経路が異なり、次に示すとおりダークI-V特性の違いにより断線要因を特定できる。

2.2.1 発電回路の断線故障の検知

断線故障が存在しないモジュールの正電圧時では、図3(a)に示すように、モジュールの発電回路に電流が流れ、発電回路の特性が得

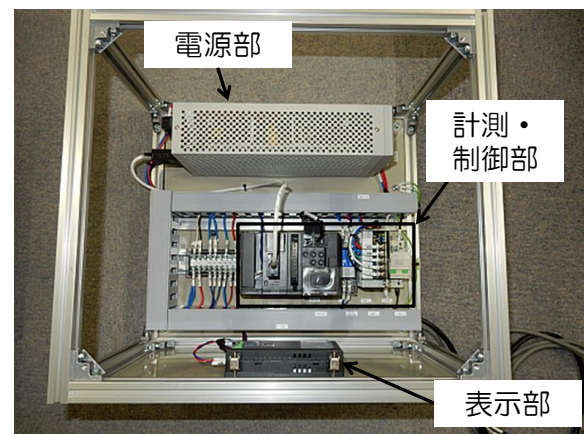


図1 開発した検知システム

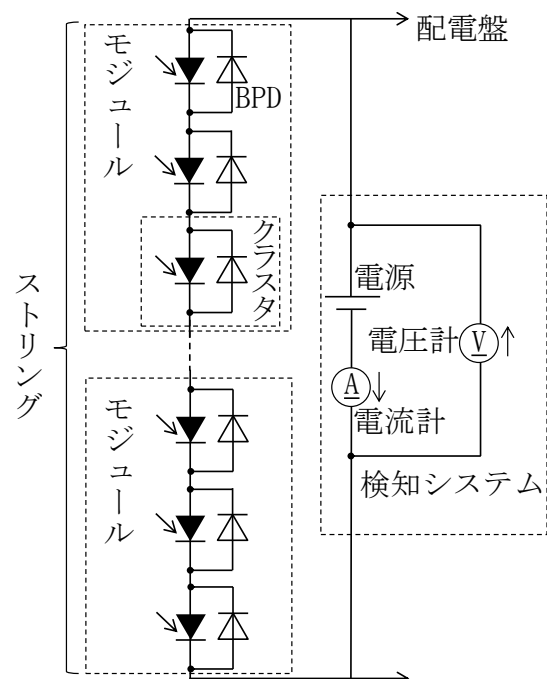


図2 太陽電池との接続

られる。しかし、発電回路に断線故障が存在するモジュールでは、断線部へ通電しないため、正電圧時には断線部と並列接続されるBPD回路へ電流が流れる。この場合のダークI-V特性は、BPDの逆バイアス特性が支配的になる（図3(b)）。そのため、断線が存在しないモジュールとはダークI-V特性が異なり、特にモジュールの定格最大出力電圧(V_{pm})である26.9V以上の電圧領域で差異が顕著であった(図4)。このダークI-V特性の差異を見出すことで、断線故障の存在を検出することが可能になる。また、太陽電池がストリング状態であったとしても、発電回路に1箇所でも断線故障が存在する場合には、BPDの逆バイアス特性が得られる。

しかし、ストリングの V_{pm} は、工業試験場の太陽光発電システム（ストリングは、直列12モジュールで構成）で300V以上である。発電回路に断線故障が存在するストリングに300Vもの電圧を印加すると、断線故障している局部に電圧が集中印加され、これが更なる故障の要因になり得る。そこで、本システムではモジュールの V_{pm} 以下の電圧で、ストリングにおいてダークI-V特性を精密に測定することで、図5に示すとおり発電回路に断線故障が存在しているストリングと断線故障が存在しないストリング特性として、20Vで約2mAの差が確認できた。

2.2.2 BPD回路の断線故障の検知

2.2.1 項同様に、および図2に示すように、断線部には電流が流れない。そのため、負電圧時において、断線故障が存在しないモジュールではBPDの特性が得られるのに対し、BPD回路に断線故障が存在する場合には、発電回路の逆バイアス特性が得られる。これらの特性は、電圧領域-1.6V以下で差異が顕著であった。また、ストリングの状態であったとしても、BPD回路に1箇所でも断線故障が存在する場合には、発電回路の逆バイアス特性が得られ断線が検知できた。

3. 結果

ダークI-V特性を測定することにより、太陽電池の劣化による断線故障を検知可能な以下の特長を持つシステムを開発した。

- ・ストリングにおいて断線故障が1箇所でも存在する場合に検知が可能である。
- ・ V_{pm} が300V以上のストリングでも、20V程度の印加で断線故障の検知が可能である。

本システムを工業試験場の太陽光発電システムで夜間に実用したところ、夜間照明の中でも断線故障を検出できる結果が得られた。

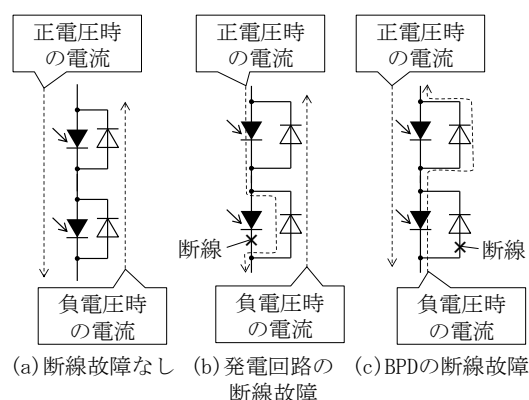


図3 クラスタ内断線での電流の流れ

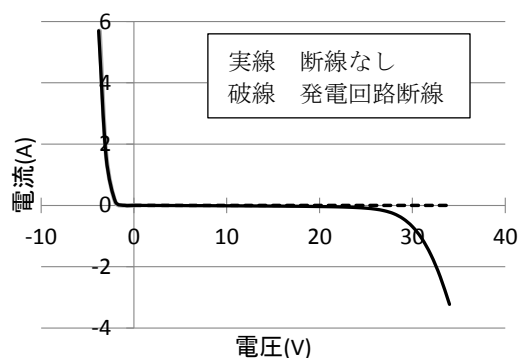


図4 モジュールのダークV-I特性

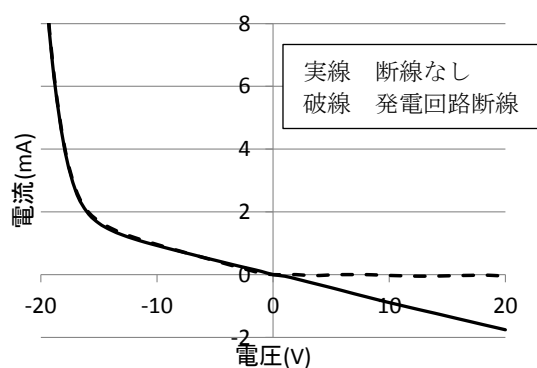


図5 スtringのダークV-I特性