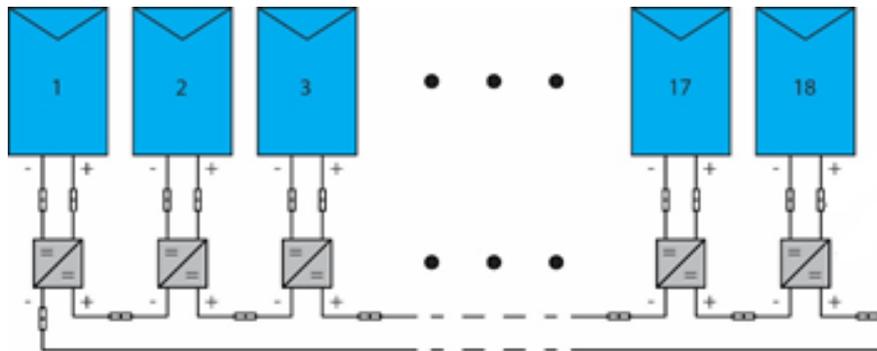


テクニカルノート

ソーラーエッジシステムのストリングヒューズ要件

はじめに

ソーラーエッジシステムのストリングの設計と設置は、従来のストリングパワーコンディショナと比べると大幅に異なっています。太陽電池モジュールを直列でパワーコンディショナに直接接続することは出来ません。アレイ内の全ての太陽電池モジュールは、パワーオプティマイザの入力コネクタに接続され、パワーオプティマイザの出力ケーブルは互いに直列に接続されています。



その結果、ソーラーエッジシステムが故障した時の挙動は、従来のストリングパワーコンディショナを用いたシステムのものとは異なります。

本書では、両方のシステムの過電流保護メカニズムを比較して、様々な不具合のシナリオに対するシステムの応答を分析します。この分析から、ほとんどの一般的な設置において¹、ストリングヒューズは4つ以上のストリングが設置されている場合にのみ、ストリングヒューズを使用する必要があることがわかります。

パワーコンディショナからオプティマイザの範囲にあるすべての機器 (コネクタ²、ケーブル、断路器など) が 36A の定格が必要です。

ストリングが直接パワーコンディショナに接続される場合、ヒューズが HD 60364-7-712 Cl. 712.432.101 に準拠していれば、片方の極に一つのヒューズを設置することで両方の極性を保護することができます。ストリングが直接パワーコンディショナに接続される場合、1つの極性におけるヒューズが、HD 60364-7-712 Cl. 712.432.101 で要求される通り、両方の極性を保護するのに十分です。

¹ M1600 オプティマイザの使用を除く

² [https://ec.staubli.com/AcroFiles/Catalogues/PV_Sol-Main-11014092_\(en\)_hi.pdf#page=12-13](https://ec.staubli.com/AcroFiles/Catalogues/PV_Sol-Main-11014092_(en)_hi.pdf#page=12-13)

istringヒューズ要件

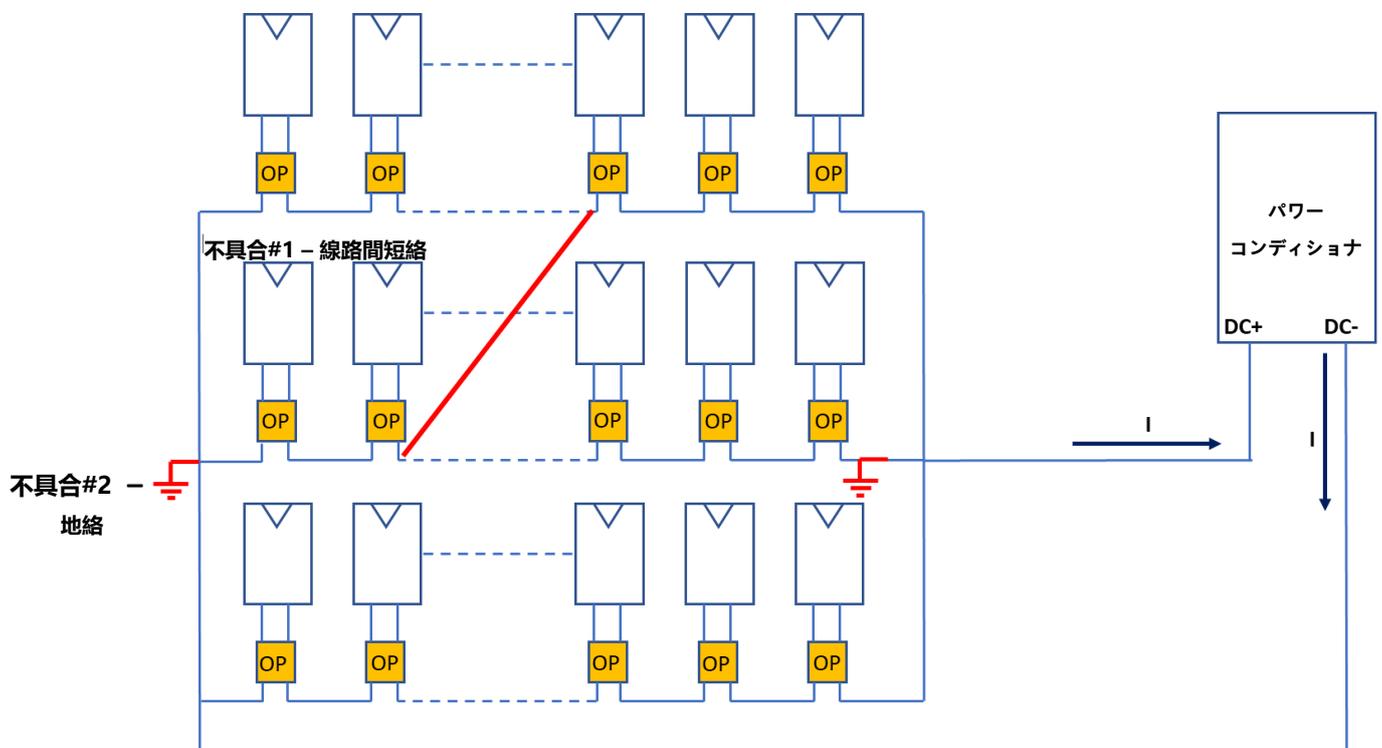
IEC62548 と US NEC-2017 第 690.9 条では、起こりうる逆方向電流がモジュールの最大定格より大きい場合、istring過電流保護 (istringヒューズ) が必要になります。EN60269-6 では、istringヒューズは定格の 1.35 倍(IEC)/1.56 倍(US NEC)の電流を 1 時間以内に遮断しなければなりません。これは、ケーブルとモジュールは最大で 35%(IEC)/56%(US NEC)の過電流に 1 時間耐える必要があるからです。短時間で過電流が起こることがあります。これは、ケーブルとモジュールが最大 1 時間にわたってより高い過電流に耐える必要があるということを意味します。

ソーラーエッジシステムでは、太陽電池モジュールは直接パワーコンディショナに接続されていません。したがって、istringヒューズが必要かどうか評価する際には、設置業者は逆電流が太陽電池モジュール、最適化器、接続箱、コネクタなどのすべてのシステムのコンポーネントに影響が出るかどうか考える必要があります。

不具合シナリオ

太陽光発電システムに逆電流を流すには、istringまたはistringの一部を短絡させる必要があります。これは、2つの連続した地絡または線絡に発生します。

下図に、2つの絶縁不良の概略図を示す。



ラインとアース (接地) 間の不具合による地絡

ストリングパワーコンディショナシステム

ストリングスパワーコンディショナを用いたシステムでは、絶縁不良による地絡事故が発生するとパワーコンディショナに絶縁不良の表示がされ、トランスレスパワーコンディショナは系統から切り離されます。しかし、絶縁不良の個所は維持されたままの状態、直流側の別の箇所（同じストリングまたは別のストリングにて）で2回目の絶縁不良が発生した場合、そのストリングまたはその一部が短絡されます。そして、太陽電池モジュールの定格電流ヒューズより高い逆電流が太陽電池モジュールを介して流れる可能性があります。この電流を遮断するには、太陽電池モジュールの最大定格電流より低い定格電流を持つ過電流保護機器の設置が各ストリングに必要です。

モジュールの定格電流より低い逆電流が流れる場合には、この電流は遮断されません。そして、地絡故障箇所において火災が発生するリスクがあります。規格の観点から、このリスクは低いと考えられており、保護は必要ではありません。

ソーラーエッジシステム

ソーラーエッジシステムでは、地絡が発生すると絶縁不良に対する対応として、システムをシャットダウンします。パワーコンディショナが切断されるだけでなく、オプティマイザもシャットダウンして安全モードに入ります。これによりストリング電流をほぼ 0A の安全レベルに低減させます。2 回目の不具合の場合には、電流が一瞬流れるシナリオがあるかもしれません。並列ストリングが 3 本以下の場合、ソーラーエッジシステムは結果的に電流を維持し、オプティマイザはモジュールに逆電流が流れる可能性を最小限に抑えることができます。したがって、追加のストリング保護は必要ではありません。

ライン間の不具合による短絡

二重に絶縁された単芯ケーブルの使用により、ライン間の不具合のリスクは低くなっています。したがって、短絡の影響から太陽電池モジュールを保護するのに、この規格では過電流保護デバイス (ストリングヒューズなど) を追加する必要はありません。しかしながら、そのような不具合を考慮する必要があります。

ストリングパワーコンディショナシステム

ストリングパワーコンディショナシステムでは、ライン間の不具合は危機的な逆電流を引き起こすことがあります。太陽電池モジュール定格が不十分な場合、太陽電池モジュールを保護するために、ストリング過電流保護が必要となります。しかし、ストリングヒューズを使用しても、電流がモジュール定格より低い場合は故障箇所に電流が流れ、火災の原因となることがあります。

ソーラーエッジシステム

ソーラーエッジパワーオプティマイザは内部で電流制限を行います。オプティマイザのトポロジーとスイッチの制御により、モジュールに逆電流が流れることはありません。オプティマイザはモジュール入力の電流を最大 14A に制限し (機種による)、オプティマイザの DC 出力回路を最大 18A に制限します。³ソーラーエッジパワーオプティマイザは、太陽電池モジュールへのバ

³ M1600 オプティマイザの使用を除く

ックフィード電流がゼロ、ストリングの残りの部分へのバックフィード電流もゼロ、つまりストリング電流が一方向にしか流れないことが認定されています。したがって、モジュールの逆電流のリスクはありません。

多くの場合、ライン間の不具合は、固定電圧制御に影響し、直ちにオプティマイザのシャットダウンを含むシステムシャットダウンにつながり、ストリング電流を安全レベルのほぼ 0A まで減少させます。しかし、最大電流に適した電流能力を持つケーブルのサイズがない場合、シャットダウンが起こるまでケーブルを保護する過電流保護デバイスが必要となる場合があります。

3 本以下の並列ストリングを設置する場合、ケーブルが 15 秒間の潜在的逆電流に耐えられるなら、ストリング過電流保護は必要ありません。従来のストリングパワーコンディショナ方式と比較すると、この時間以降は電流が流れず、故障箇所そのものが火災になるリスクもありません。

過負荷保護

ストリングパワーコンディショナシステム

ストリングパワーコンディショナシステムでは、ストリング電流が、モジュールのデータシートの STC 値よりも高くなる場合があります。そのため、高い照射やその他の環境条件によって電流が増加することを考慮し、安全マージン (例えば、10%) を使用しています。

ソーラーエッジシステム

ソーラーエッジシステムでは、たとえモジュール電流が環境条件によって増加しても、ストリング電流はオプティマイザの最大出力電流に制限されます。さらに、オプティマイザーは、モジュールの入力電流を制限します。したがって、最大ストリング電流を計算するとき、安全マージンは必要ではありません。