

テクニカルノート - 影のある状態での、太陽電池パネルのバイパスダイオードの出力への影響

はじめに

バイパスダイオードは、どの結晶系太陽電池モジュールにも標準装備されています。バイパスダイオードの役目は、太陽電池モジュール内セル表面に不均一な光があたった時、太陽電池セルを損傷させ火災を引き起こしかねないホットスポットを排除することです。バイパスダイオードは、通常、太陽電池モジュールのサブストリングごとに配置され、太陽電池セル 20 個以下に対応します。この構成は、ホットスポットの生成を防ぎ、モジュールがその生涯を通じ高い信頼性で動作するようにします。

多くの人々は、バイパスダイオードは効果的にこの機能を果たす一方で、影のかかった太陽電池システムでの電力損失の低減にも有効だと信じています。しかしながら、これは実態からかけ離れています。本稿では、日常的に起こりうるいくつかのシナリオを検討し、バイパスダイオードが実際には大きな電力損失を引き起こしていることを説明します。

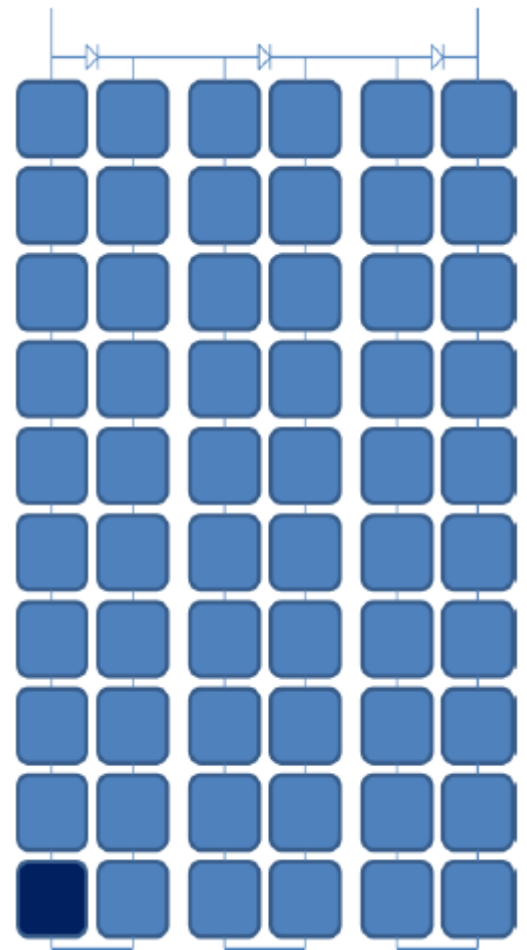
太陽電池モジュール構造

標準的な 60 セル太陽電池モジュールは、一般に 3 本のサブストリングで構成され、それぞれのサブストリングは 1 個のバイパスダイオードで保護されています。3 個のサブストリングは直列に接続され、一枚の太陽電池モジュールを構成します。太陽電池モジュールのセル表面にあたった光が均一である限り、各セルは約 0.5V を生成します。各サブストリング電圧は+10V です。各バイパスダイオードの入力電圧は-10V で、電流は通しません。

太陽電池モジュールセルは、実際にはフォトダイオードです。それらは、その表面に当たった光を直接電力に変換します。影のあたったセルは、影のあたっていないセルと同じ量の電力を生成することはできません。太陽電池モジュール内のすべてのセルは直列に接続されているため、電力の差は電圧の違いを引き起こします。

もし影になったセルに大きな電流を通そうとすると、その電圧がマイナスになってしまいます。セルが電力を生成するのではなく消費するのです。セルの電力消費は、セルをヒートアップさせ、最終的に燃焼させる原因となります。そのような場合、サブストリングの電圧が負になり、影になった太陽電池セルでなくバイパスダイオードを通して電流が流れます。

正確にどのような条件で、太陽電池セルが電力生産から電力消費に変わるかは、使われるセル及びダイオードの種類等で違いますが、通常サブストリング内の異なるセル表面に当たる光量に 20% の差があれば、バイパスダイオードが働き始めます。



これまでの(集中型)太陽電池パワーコンディショナシステム

標準的な太陽電池システムは、太陽電池モジュールが複数直列に接続されたストリングが、パワーコンディショナに複数接続されています。パワーコンディショナの役目は、各モジュールから生み出される電力を、それらの電流または電圧を制御することにより最大化して抽出し、直流電圧から系統に同期した交流電圧に変換することです。

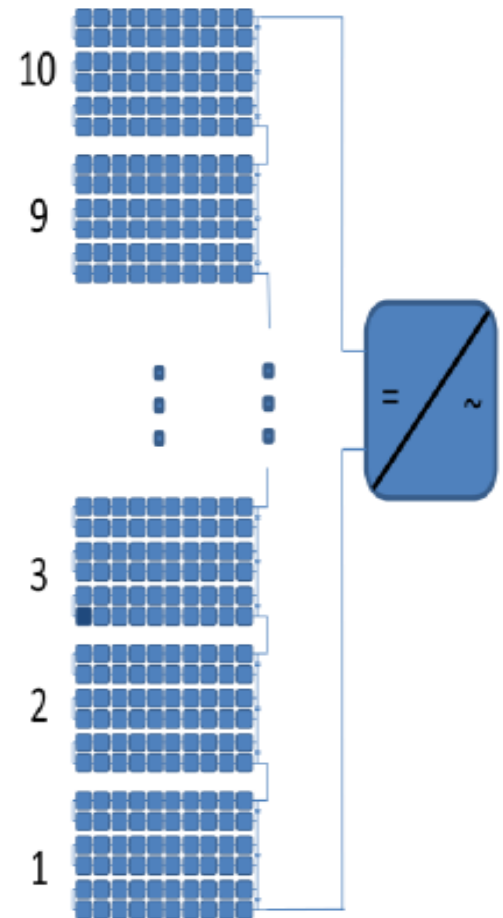
例として、1台のパワーコンディショナに接続されている10枚の太陽電池モジュールからなる単一ストリングのシステムを考えます。ここで、周りのセルより20%少ない光があたっているセルが一個、モジュール#3にあると仮定します。

ストリング全体を流れる電流は、すべてのモジュールで同じですから(直列接続のため)、中央集中型のパワーコンディショナには、以下の2つの選択肢しかありません:

1. モジュール#3の、部分的に影になったサブストリングのバイパスダイオードを働かせ、すべてのモジュールを最大電力点で動作させる。この場合、ストリングから生成される電力は、フルパワーの $9 * 10\% + 1 * 6.6\% = 96.6$ パーセントとなる。
2. モジュール#3のバイパスダイオードが働かないよう、全体の電流を80%に減らす。この場合、生成される電力は、フルパワーの $10 * 8\% = 80\%$ となる。

各モジュールに、最大電力点追従機能を持つパワーオプティマイザをつけたソーラーエッジシステムでは、フルパワーの $9 * 10\% + 1 * 8\% = 98\%$ が生成されます(モジュール#3では80%の電流、それ以外のモジュールでは最大電流が流れます)。

この例では、1個のモジュールのたった1個のセルにわずかな光量の減少があっただけでもかかわらず、集中型最大電力点追従とバイパスダイオードの組合せの従来型システムでは、総電力生産量のなんと3.4%もの損失が引き起こされることを意味しています。この損失は、モジュールレベルの最大電力点追従機能を持つソーラーエッジシステムを使用して、取り戻すことができます。

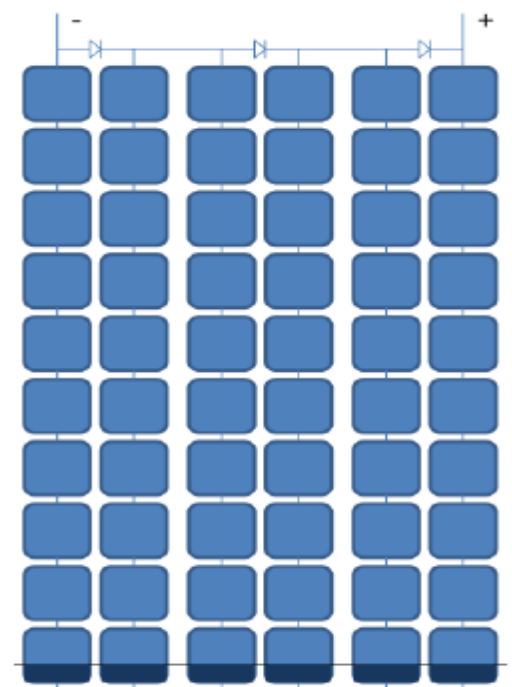


よく見られる別のケースに、太陽電池モジュールの下部に影がある場合があります。前述の例と同じ太陽電池システム構成でこのケースを検討します。底部の影のあたったセルでは、セル面積の30%が影で覆われていると仮定します。この場合、集中型のパワーコンディショナには、次の二つの選択肢しかありません:

1. 影のかかったモジュールからの発電を諦めて、その他のモジュールにフルの電流を通す。この場合、出力はフルパワーの $9 * 10\% + 1 * 0\% = 90\%$ に。
2. すべてのモジュールが電力を生成するように電流を70%に落とす。この場合、出力は $10 * 7\% = 70\%$ となる。

前の例の場合と同様に、最大電力の90%を生成する最初のオプションの方が明らかに有利です。

モジュールレベル最大電力点追従機能を持つソーラーエッジシステムを使えば、このケースで $9 * 10\% + 1 * 7\% =$ フルパワーの97%が取り出せます。これは、従来型システムにおける出力の高いオプションに比べても、電力生産で7%のプラスです。



複数ストリング設置の場合

複数のストリングを設置する場合は、影による影響ははるかに大きくなります。並列に接続される全てのストリングが同じ電圧で動作しなければならぬという電気上の制約は、一つのストリングがバイパスダイオードをアクティブにすることを許しません。多くの場合、ストリングのいずれかで太陽電池モジュールが影になると、実際にはストリング全体の電力が減ります。

影のない1ストリングと、前の例のような影のある1ストリングとがあるシステムを考えてみます。最大電力点追従により、最初のストリングからはフルパワー、次のストリングからはフルパワーの70%が生産されます。このようにして、両方のストリングは同じ電圧となります。この場合に生成される電力は、最大可能電力の85%となります。

ソーラーエッジシステムは、最初のストリングで最大電力の100%、次のストリングで最大電力の97%を生産します。すなわち、可能な電力の98.5%です。これは、従来のケースと比較して電力生産を13.5%増加させます。