

## Application Examples

### Modeling a Photovoltaic String using PLECS

Dr. John Schönberger

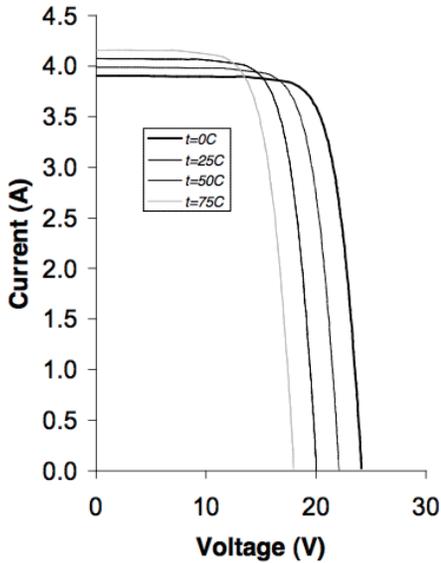
PLECS®を使用したPV(太陽光発電)ストリングのモデリング

Version: 04-13

# 1 はじめに

太陽光発電(PV)モジュールは、PVインバータのDC入力電圧を向上させるために直列のストリングに接続されることがよくあります。このレポートでは、パワーエレクトロニクスシミュレーションに組み込むことができる高精度のPVストリングモデルを紹介します。PVモデルは、モジュールの非線形V-I特性、温度、日射量や太陽の強度の影響を考慮しています。65WのBP365モジュールで構成されたストリングに基づくシミュレーションモデルの例を示します。BP365 PVモジュールの非線形V-I特性を[図1](#)に示します。

図1: BP365 65W PVモジュールのV-I 特性(出典: BP Solar BP365データシート, 2003年)



## 2 PVストリングモデル

単一のPVモジュールの非線形電流特性は、[\[1\]](#)で示されたショックレーダイオードPVモデルを使用して計算します。計算したモジュールの電流特性は、[図2](#)に示すように、PLECSの3Dルックアップテーブルコンポーネントを使用して実装しています。複数の直列接続されたモジュールをモデリングするため、3Dルックアップテーブルへの電圧入力は、出力電圧をストリング内のモジュール数で除算することによって形成します。電圧はPVストリングモデル自体からの内部フィードバック信号であり、日射量は外部パラメータです。負荷電流に対するPV電流の状態依存性を排除するために、キャパシタがPVストリングモデルに含まれていることに注意してください。そうしないと代数ループが発生します。

図2: 電圧と太陽光照射量に依存する非線形電流源としてPVストリングモデルをPLECSに実装

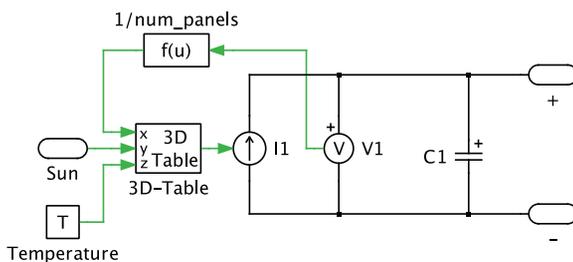


図3に示す電流の表面データは.matファイルに保存されており、電圧値0~25V、日射量0~1kWhr/m<sup>2</sup>、および3つの温度0、25、50℃の特性V-I曲線の情報が含まれています。

図3: T = 25℃における単一のBP365 65W PVアレイの非線形電流特性を計算

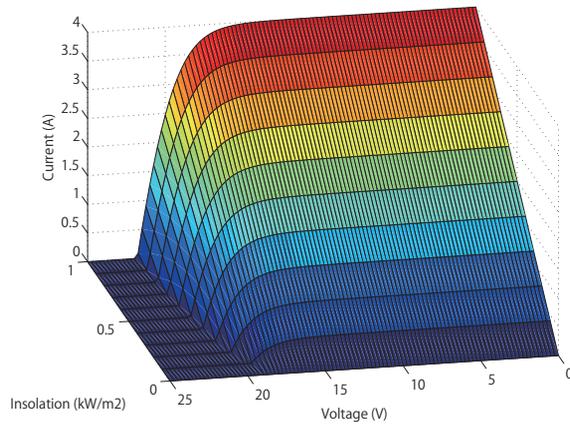
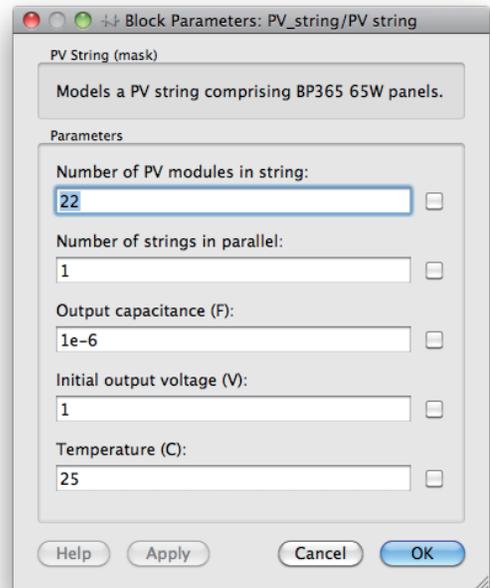


図4: PVストリングブロックのパラメータボックス



## 2.1 パラメータ

PVストリングコンポーネントは、マスクされたサブシステムとしてPLECSに実装されています。サブシステムモデルのマスクパラメータボックスを図4に示します。パラメータの説明は次のとおりです:

- **Number of PV modules in string:** ストリング内の直列接続されたパネル数。有効な値は0より大きい浮動小数点数です。このパラメータを増やすと、合計出力電圧が増加します。
- **Number of strings in parallel:** 並列接続されたPVストリング数。有効な値は0より大きい浮動小数点数です。このパラメータを増やすと、合計出力電流が増加します。
- **Output capacitance (F):** PVストリング間に接続されたキャパシタの容量。
- **Initial output voltage (V):** キャパシタ両端の初期電圧。
- **Temperature (C):** PVストリングの動作温度。この特定のデータセットの有効な数値は 0、25、および50です。

## 2.2 プローブ信号

PVストリングコンポーネントで使用可能なプローブ信号は、出力電圧、電流、および電力です。

## 3 システムシミュレーション

PVストリングコンポーネントは、さまざまな直列および並列構成で接続でき、オフラインシステムとグリッド接続システムの両方のDC電源として使用できます。スタンドアロンのPVインバータは、主電源に接続せずに、またはオフグリッドで動作します。これらの用途と規模は、住宅システムから遠隔地の建物、宇宙船、軍事施設まで多岐にわたります。多くの場合、負荷要件が発電電力に依存しない場合は、オンサイトストレージとしてバッテリーやスーパーキャパシタを使用し、充電コントローラが追加されることがあります。このレポートには、PVストリングの電源を統合したスタンドアロンPVインバータのモデルが含まれています。電圧源インバータには蓄電ステージがなく、自然サンプリングによる基本的な正弦波変調方式を使用して制御します。

このシンプルなシステムは、総抵抗、日射量、温度の変動時に最大電力を得るために最大電力点追跡制御(Maximum Power Point Tracking: MPPT)を採用するなど、さまざまな方法で拡張できます。住宅用システムの場合、各PVストリングをDC-DC昇圧コンバータに接続し、インバータステージの前に共通のDCバスに並列に接続できます。たとえば、空間ベクトル変調技術を使用すると、オンライン3相インバータのより複雑なモデルを設計して、電力網に接続するための商用周波数のAC電力を生成することができます。

## 4 付録

### A シミュレーションファイル - PLECS Blockset

このアプリケーションノートには、PLECS Blocksetを使用してPVストリングをシミュレーションするためのサンプルファイルと、インバータシステムでのPVストリングの使用例のサンプルが付属しています:

- *PV\_string\_model.mdl*: 直列接続された22個のBP365モジュールで構成されるPVストリングのモデル。
- *PV\_string\_inverter.mdl*: 上記のPVストリングによって電力が供給される単相電圧形インバータ(VSI)のモデル。
- *Isurface\_BP365.mat*: 各モデルに自動的にロードされるPVモデルのデータを含む電流マトリックス。
- *plot\_Isurf.m*: 指定した温度の3D電流マトリックスをサーフェスとして視覚化する関数。

### B シミュレーションファイル - PLECS Standalone

このアプリケーションノートには、PLECS Standaloneを使用してPVストリングをシミュレーションするためのサンプルファイルと、インバータシステムでのPVストリングの使用例のサンプルが付属しています:

- *PV\_string\_model.plecs*: 直列接続された22個のBP365モジュールで構成されるPVストリングのモデル。
- *PV\_string\_inverter.plecs*: 上記のPVストリングによって電力が供給される単相電圧形インバータ(VSI)のモデル。
- *Isurface\_BP365.mat*: 各モデルに自動的にロードされるPVモデルのデータを含む電流マトリックス。

## 5 参考文献

- [1] G. Walker, "Evaluating MPPT converter topologies using a Matlab PV model," *Journal of Electrical & Electronics Engineering, Australia*, vol. 21, no. 1, pp. 49–56, 2001.

改訂履歴:

04-13

初版

**plexim**

☎ +41 44 533 51 00

+41 44 533 51 01

✉ Plexim GmbH

Technoparkstrasse 1

8005 Zurich

Switzerland

@ info@plexim.com

<http://www.plexim.com>

**Pleximへの連絡方法:**

Phone

Fax

Mail

Email

Web

**KESCO** KEISOKU ENGINEERING SYSTEM

計測エンジニアリングシステム株式会社

<https://kesco.co.jp>

*Application Examples*

© 2002–2013 by Plexim GmbH

このマニュアルで記載されているソフトウェアPLECSは、ライセンス契約に基づいて提供されています。ソフトウェアは、ライセンス契約の条件の下でのみ使用またはコピーできます。Plexim GmbHの事前の書面による同意なしに、このマニュアルのいかなる部分も、いかなる形式でもコピーまたは複製することはできません。

PLECSはPlexim GmbHの登録商標です。MATLAB、Simulink、およびSimulink Coderは、The MathWorks, Inc.の登録商標です。その他の製品名またはブランド名は、それぞれの所有者の商標または登録商標です。