PSIMテクニカルノート 太陽電池モデルの使い方

Mywayプラス株式会社



・はじめに

Renewable Energy Models には「機能論的(簡易)モデル」、「物理的(詳細)モデル」、「結晶シリコン」、 「薄膜」の四種類の太陽電池モデルがあります。本資料では「機能論的(簡易)モデル」と「物理的(詳細) モデル」の使い方とその使用例の説明をします。

1. 機能論的(簡易)モデル

機能論的モデルについて説明をします。

機能論的モデルは特別な調整は必要ありません。以下の図を参照し、データシートから4つのパラメ ータを入力してください。

Typical Electrical Characteri	stics1		太陽電池モジュール (機能	8論的モデル) : SCN1	×
Maximum power (Pmax)	MSX-64 64W	MSX-60 60W パラメータ 固定小数点 カラー			
Current @ Pmax (Vmp)	3.66A	3.5A	機能論的モデルの太陽電池モジュール		+-
Short-circuit current (Isc)	4.0A	3.8A	名前	SCN1	
Temperature coefficient of open-circuit voltage	21.3V (80±1	0)mV/°C	開路電圧 Voc 短絡電流 Isc	21.1	
Temperature coefficient of short-circuit current	(0.0 <mark>6</mark> 5±0.015)%/°C		最大電力時電圧 Vm	17.1	
Temperature coefficient of power NOCT ²	(0.5±0).05)%/°C ±2°C	↓ 最大電力時電流 Im	3.5	

図 1 機能論的モデルの4つのパラメータ: データシート(左)と PSIM 簡易モデルの属性ウィンドウ(右)

任意のパラメータを設定したときのI-V、P-V特性はサンプルを使って確認をしてください。 サンプル回路の"test - solar module - Solarex MSX-60 (functional model).psimsch"を開きます。 サンプル回路のファイルはPSIMメニューバーから"ファイル >> 範例を開く >> Renewable Energy >> Solar Power"で開けます。

(サンプルフォルダ例C:¥Powersim¥PSIM11.1.5_Softkey_X64¥examples¥Renewable Energy¥Solar Power) 太陽電池モジュールのパラメータを設定後、シミュレーションを実行します。"Vcell"と"Power"を別々に 表示します。メニューバーより"軸(A) >> X軸変数を選択"でVcellを選択するとX軸が電圧となり I-V特 性、P-V特性を表示することができます。理想の曲線であることを確認したら、パラメータの設定は終了 です。



図 2 簡易モデルのI-V特性(上)、P-V特性(下)

2. 物理的モデル

2-1. 物理的(詳細)モデルの概要

太陽電池の詳細なモデルでは光強度と大気温度の変化を考慮した評価をすることができますが、幾つかのパラメータ入力が必要となります。パラメータの入力は、メーカのデータシートから得られるものと、調整によって決定するパラメータがあります。

PSIM のメニューバー内、[ユーティリティ]→[太陽電池 (物理モデル)]より利用できるツールを使うこ とで太陽電池の各項目のパラメータを設定することができます。

太陽電池詳細モデルは次のパラメータがあります。

セル数(Number of Cells) Ns	太陽電池のソーラセルの数
光強度(Standard Light Intensity) S0	試験環境下での光強度[W/m ²]
	この値は通常 1000 W/ m² となります。
温度(Ref. Temperature) Tref	試験環境下の温度 [℃]
直列抵抗(Series Resistance) Rs	各太陽電池の直列抵抗[Ω]
並列抵抗(Shunt Resistance) Rsh	各太陽電池の並列抵抗[Ω]
短絡回路電流(Short Circuit Current) Isc0	試験温度時の各太陽電池の短絡電流[A]
飽和電流(Saturation Current) Is0	モデル内のダイオードの飽和電流[A]
バンドエネルギー(Band Energy) Eg	各太陽電池のバンドエネルギー[eV]
理想係数(Ideality Factor)A	モデル内のダイオードの理想係数。放射係数。
温度係数(Temperature Coefficient) Ct	温度係数[A/℃または A/K]
係数(Coefficient) Ks	光強度が太陽電池の温度に影響を及ぼす係数。

表 1太陽電池詳細モデルのパラメータ

太陽電池は Solarex の MSX-60 を使って例を示します。

以下に手順を示します。

- データシートから情報を入力します。
- ・ パラメータの初期推定をします。
- ・ I-V 曲線、P-V 曲線、最大電力点を得ることができます。異なる条件下で、データシートや任意の データを比較して、パラメータを微調整します。

2-2. データシート情報の入力

図3は太陽電池のデータシート画像と、PSIMのユーティリティ>>太陽電池(物理モデル)設定画面に おいて、データシートから入力するパラメータに関係する領域の一部を示した図です。この設定画面の 項目へ、"dv/di (slope) at Voc"を除いてデータシートより値を入力してください。データシートでは(図3 右図の赤枠の中)、開放電圧の温度係数は単位を[V/°C]にて求めているので、[%/°C]に変換する必 要があります。(Open-Circuit Voltage/ Temperature Coeff)×100 とし、-80[mV/°C] = (-0.08/21.1)× 100= - 0.38 [%/°C]のように変換してください。



図 3 メーカのデータシート(左)とユーティリティの太陽電池(物理モデル)設定画面一部 (右)

設定画面"無負荷時 dv/di(スロープ)"の値は開放電圧 Voc (21.1[V])の傾き dv/di を参考にしてくだ さい。傾き dv/di はデータシートの I-V 特性からグラフを読み(赤の点線)、近似的に傾きを計算すること ができます。

$$\frac{dv}{di} = \frac{\Delta V}{\Delta i} = \frac{-0.34}{0.5} = -0.68$$

曲線が得られない場合は dv/diの値を0にしてください。

2-3. パラメータ Eg, A, Rsh, Ks の設定

バンドエネルギーEg、理想係数 A、シャント抵抗(並列抵抗)Rsh、光強度が太陽電池の温度に影響 を及ぼす係数 Ks の 4 つのパラメータは通常データシートには記載されていません。メーカから入手す るか、または推測するパラメータです。

・バンドエネルギーEgの目安は結晶シリコンでは約 1.12[eV]、アモルファスシリコンでは約 2[eV] です。

・理想係数 A の目安は結晶シリコンでは約 2、アモルファスシリコンでは 2 より小さくなります。

・並列抵抗 Rsh の目安は数 1000[Ω]です。

・Ks が不明な時は、0 にしてください。

この例では

Eg = 1.12 A = 1.2 Rsh = 1000 Ks = 0

とします。

2-4. 計算するパラメータ Rs, Isc0, Is0, Ct について

"ユーティリティ>>太陽電池(物理モデル)"で開いたウィンドウにデータシートの情報と推測するパ ラメータ値を入力し "パラメータ計算" ボタンをクリックすると、残りのパラメータ(直列抵抗 Rs, 短絡電 流 Isc0, 飽和電流 Is0, 温度係数 Ct)が計算されます。計算すると以下のようになります

Rs = 0.0108 Isc0 = 3.8 Is0 = 2.16e-8 Ct = 0.00247



TN-114A 太陽電池モデルの使い方

2-5. パラメータ値の微調整

光強度 S と周辺温度 Ta の動作条件下で"I-V 曲線計算"をクリックすると I-V と P-V 曲線と最大電 カ点(計算)の値を得られます。

S = 1000[W/m²]、Ta = 25[°C]として最大電力点を求めると、Pmax = 59.27[W]、Vmax = 16.73[V]、Imax = 3.54[A]となります。最大電力とその電圧はデータシートの 60[W]と 17.1[V]より低くなります。パラメー タ Eg, A, Rsh, Ks, Rs, Is0, Ct を微調整してデータシートの最大電力とあわせてください。

この例では、直列抵抗 Rs を 0.008[Ω]に変更すると、最大電力点は Pmax = 60.54[W]、Vmax = 17.04[V]、Imax = 3.55[A]となり、データシートの値に近くすることができます。

最終的なパラメータと I-V、P-V 曲線を以下に示します。



図 4 ユーティリティツール Solar Module

データシートや実験結果と一致させるには微調整を繰り返す必要があります。パラメータの決定 後、"PSIM パラメータをコピー" ボタンをクリックすると、PSIM で開いている回路上にある太陽電池モ デルのパラメータに反映することができます。

テキストファイルでデータシートとパラメータの値を保存する時は、"保存"ボタンで保存してください。 (例えば "SolarexMSX-60.txt")読み出す時は"読み込み"ボタンで読み出すことができます。

2-6. 複数のモジュールの直列接続

同一の太陽電池モジュールを直列に複数接続すると太陽電池アレイの形になり、太陽電池モジュー ルを太陽電池アレイのように使うことができます。

2 つの太陽電池(Solarex MSX-60)を直列に接続したモデルを1 つのモジュール(複合ブロック)で表す 方法を示します。パラメータは単体の太陽電池と同じです。ただし、セルの数は単体のモジュールの 2 倍にしてください。複数の直列に接続した太陽電池は、光強度と大気温度が異なる入力であればそれ ぞれのモジュールにバイパスダイオードが必要です。また、小容量のコンデンサ(この場合は 30nF)も 計算の収束のために必要になります。



図 5 太陽電池モジュールの直列接続

太陽電池モジュール(物理	閏的モデル) : SCP1	×	1	太陽電池モジュール(物理	的モデル): SCP2	×
パラメータ 固定小数点 カラー			パラメータ 固定小数点 カラー			
物理的モデルの太陽電池モジュール				物理的モデルの太陽電池モジュール		<u></u>
		表示				表示
名前	SCP1			名前	SCP2	
セル数 Ns	36			セル数 Ns	36*2	
光強度 SO	1000			光強度 S0	1000	
基準温度 Tref	25			基準温度 Tref	25	
直列抵抗 Rs	0.008			直列抵抗 Rs	0.008	
シャント抵抗 Rsh	1000			シャント抵抗 Rsh	1000	
短絡回路電流 Isc0	3.8			短絡回路電流 Isc0	3.8	
飽和電流 IsO	2.16e-8			飽和電流 Iso	2.16e-8	
バンドエネルギーEg	1.12			バンドエネルギーEg	1.12	
理想係数 A	1.2			理想係数 A	1.2	
温度係数 Ct	0.0024			温度係数 Ct	0.0024	
係数 Ks	0			係数 Ks	0	

図 6 単体のモジュールのパラメータ

図 7 直列接続を1ブロックにまとめたパラメータ



複合させたブロックの I-V 曲線は単体のモジュールのパラメータを以下のように修正してください。

セル数(Number of Cell) Ns *2

最大電力(Maximum Power) Pmax *2

最大電力時電圧(Voltage at Pmax) *2

無負荷電圧(Open-Circuit Voltage) Voc *2

無負荷時 dv/di(スロープ) *2

下図に単体の場合の太陽電池モデルと複合させた場合の太陽電池モデルのダイアログウィンドウ を示します。パラメータの入力が異なる部分を赤枠で囲っています。



図 8 モジュールの直列接続設定、単体(左)、複合(右)

2-7. 複数のモジュールの並列接続

次は並列にモジュールを並べた場合です。

下図に2つの太陽電池(Solarex MSX-60)を並列に接続し、2つのモジュールを複合ブロックにしたモデルを示します。単体の太陽電池と異なるパラメータは、赤枠で囲っています。



図 9 太陽電池モジュールの並列接続

Myway

Technical Note TN-114A

太陽電池モジュール(物理的モデル):SCP7	23	太陽電	池モジュール(物理的	モデル): SCP3	×
パラメータ 固定小数点 カラー		パラメ	-タ 固定小数点 力	i —	
物理的モデルの太陽電池モジュール	~117	物理的モデルの太陽電池モジュール		j⊐-ll	
名前 SCP7 セル数 Ns 36 光強度 S0 1000 基準温度 Tref 25 直列抵抗 Rs 0.008 シャント抵抗 Rsh 1000 短絡回路電流 Isco 3.8 飽和電流 Iso 2.16e-8		名i セル 光 短 ジャ 短 道 ジャ 短 約	前 激 Ns 準度 SO 準温度 Tref 利抵抗 Rs 心ト抵抗 Rsh 客回路電流 Isc0 印電流 Iso0	SCP3 36 1000 25 1000*2 3.8*2 2.16e-8*2	
バンドエネルギー Eg 1.12 理想係数 A 1.2 温度係数 Ct [0.0024 係数 Ks 0		バ 理 温 (線	/ドエネルギー Eg 退係数 A 寛係数 Ct 波 Ks	1.12 1.2 (0.0024*2 0	

図 10 単体のモジュールのパラメータ 図 11 並列接続を1 ブロックにまとめたパラメータ

複合ブロックの I-V 曲線は単体モジュールのパラメータを以下のように修正してください。

最大電力(Maximum Power)Pmax *2

最大電力時電流(Current at Pmax) *2

短絡電流(Short-Circuit Current) Isc *2

無負荷時 dv/di(スロープ)dv/di(slope)at Voc *0.5

直列抵抗(Series Resistance) Rs *0.5

短絡電流(Short Circuit) Isc0 *2

飽和電流(Saturation Current) Is0 *2

温度係数(Temperature Coefficient) *2

下図は単体モジュールと複合ブロックの太陽電池のダイアログです。赤枠で囲っているパラメータを入 力してください。



図 12 太陽電池モジュールの並列接続設定、単体(左)、複合(右)

Myway

3. その他の使用例 部分影

詳細モデルでは、光強度を外部入力として入力することがです。2 つのモジュールに与える光強度を 変えることによって、部分的に光強度が弱い箇所(部分影)として模擬することができます。ここでは、直 列モード、並列モードにおける例を説明します。

・【直列モードで部分影を考慮した場合】

直列モードでの部分影を考慮したシミュレーション回路例が図 13 となります。その際の直列モードの 部分影のイメージが図 14 です。電流の経路にある一部のセルに影が発生し、その抵抗値は高くなりま す。従って、直列モードの部分影では経路全体の電流量が少なくなってしまいます。図 13 では、日照 量がそれぞれ 1000W/m² のセル、500W/m² のセルを利用しており、500W/m² 側に影が発生しているこ とを表現しています。

図 15 では、直列の部分影を考慮した図 13 の回路における P-V 特性シミュレーション結果と部分影 なし(二つのブロック共に 1000W/m² の日照)の場合の比較をしています。部分影の発生により V が高 い領域で取りだせる電力に制限が発生していることが確認できます。



Pactial shading (in secies)

図 13 直列モードでの部分影を考慮した回路例



図 14 直列モードでの部分影のイメージ





・ 【並列モードで部分影を考慮した場合】

並列モードでの部分影を考慮したシミュレーション回路例が 図16となります。並列モードの部分影の イメージが図17です。並列電流経路の一部のセルに影が発生し、その抵抗値は高くなります。従って、 並列モードの部分影では並列経路の一部の電流量だけが少なくなってしまいます。

図17では、並列の部分影を考慮した図16の回路でのP-V特性シミュレーション結果と部分影なし(二つのブロック共に1000W/m²の日照)の場合の比較をしています。部分影の発生により取りだせる電力が低下していることが確認できます。

















ご注意

1. 本資料に記載された製品の仕様は、予告なく変更することがあります。

2. 本資料の内容については、万全を期しておりますが、万一ご不明な点などがありましたら、弊社までお申しつけください。
3. 本資料に記載された情報に起因する損害または特許権その他権利の侵害に関しては、弊社は一切の責任を負いませ

- ん。 4. 本資料によって第三者または弊社の特許権その他権利の実施権を許諾するものではありません。
- 5. 弊社の書面許諾なく、本資料の一部または全部を無断で複製することを固くお断りします。
- 6. 本資料に記載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。

Copyright 2018 by Myway Plus Corporation.

All rights reserved. No part of this manual may be photocopied or reproduced in any form or by any means without the written permission of Myway Plus Corporation. Co., Ltd.

発行: Myway プラス株式会社 〒222-0022 横浜市西区花咲町 6-145 横浜花咲ビル TEL:045-548-8831 FAX:045-548-8832

ホームページ: <u>https://www.myway.co.jp</u> Eメール: <u>sales@myway.co.jp</u>