

太陽電池モジュールの互換性に関する研究
 —短絡電流の異なるモジュールの逆電圧発生率について—

Study on Interchangeability of Photovoltaic Modules

—Incidence of reverse voltage of different modules with different short circuit current—

浅沼拓哉¹, コウエイ², 山中直紀², 西川省吾³

Takuya Asanuma¹, Ei Ko², Naoki Yamanaka² Shogo Nishikawa³

Abstract: When it constitutes photovoltaic array connected with different modules, reverse voltage may occur in it. Usually, when bypass device connected to the module prevents reverse voltage, the situation of the occurrence of the backward voltage is different according to the difference of the MPPT control of PCS. In this study, it aims at clarifying tolerance level of the difference in the performance of the module in which combination is possible. In this report, we investigated occurrence probability of reverse voltage, distribution of array voltage and distribution of reverse voltage when different module's open circuit voltage is same with basic module.

1. はじめに

設置後、長期間を経過すると、太陽電池モジュールが自然条件や人為移動などにより破損したとき、設置当初のモジュールが生産終了や劣化によって、同じ電気特性の物を用意することが困難である可能性がある。

この場合、太陽電池アレイに異種モジュールに交換すると、逆電圧が発生し、過熱や発火などの危険な状態に陥る可能性がある。

本研究では、このような危険性を抑えて、交換可能な太陽電池の電気特性の許容範囲を実証試験により明らかにすることを目的とする。

本稿では、短絡電流の異なるモジュールを組み込んだ場合の逆電圧発生率、アレイ電圧の動作分布、逆電圧発生時の最大継続時間、逆電圧の動作分布について、実証試験により明らかにした結果を報告する。

2. 実施内容

<2. 1> 試験設備と仕様

試験設備はFigure1に示したものである。9枚のモジュールを直列接続してストリングとし、3並列のストリングで太陽電池アレイを構成する。

ストリング3の1枚を異種モジュールに入れ替え、バイパスダイオード(Bypass Diode,以下 Db)が破損したことを模擬するため、Dbを取り外した。

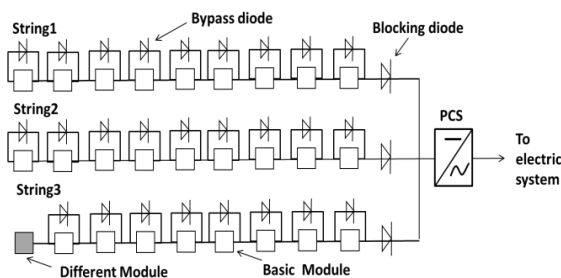


Figure1. Configuration of test facility

短絡電流の小さいモジュールを模擬するため、全セルにセル面積を小さくするように黒板で影を付けた。

基本モジュールに対する異種モジュールの短絡電流の比を k_i とし、式(1)で定義した。

$$k_i = \frac{\text{異種モジュールの短絡電流[A]}}{\text{基本モジュールの短絡電流[A]}} \times 100\% \quad (1)$$

とする。

全セルのセル面積の 1/2, 1/3, 1/4, 1/10, 1/20 を影で覆い、 k_i がそれぞれ 0.50, 0.66, 0.75, 0.90, 0.95 のモジュールを模擬した。

次に、Table1 に基本モジュールの仕様、Table2 に PCS の仕様を示す。

Table 1. Specification of Basic module

Type	Polycrystal Silicon
Short circuit current I_{sc} [A]	8.21
Open circuit voltage V_{oc} [V]	25.61
Maximum output P_{max} [W]	153
Maximum output operating current I_{pm} [A]	7.54
Maximum output operating voltage V_{pm} [V]	20.30
Fill factor	0.73

Table 2. Specification of the PCS

	A	B	C
Rated capacity[kW]	4.0	3.3	4.0
Rated input voltage[V]	DC250	DC250	DC250
Range of input voltage[V]	DC100 ~370	DC115 ~380	DC70 ~380

1 : 日大理工・学部・電気 2 : 日大理工・院・電気 3 : 日大理工・教員・電気

< 2. 2 > 実験方法

調査時間は、日射強度が比較的強い 10 時～13 時とした。

< 2. 2. 1 > 逆電圧発生率

逆電圧発生率は式(2)で定義した。

$$\frac{\text{逆電圧のデータ数[個]}}{\text{異種モジュール電圧の全データ数[個]}} \times 100[\%] \quad (2)$$

3. 結果

< 3. 1 > ki 別の逆電圧発生確率

Figure2 に逆電圧発生確率を示す。Figure2 を見ると、いずれの PCS でも ki が大きいほど、逆電圧発生率が低くなった。これは、ki が大きいほど基本モジュールと異種モジュールの短絡電流の差が小さくなり、逆電圧が発生する電圧の領域が狭くなったのが原因と考えられる。

ki が 0.90 以上では、逆電圧発生確率がほぼ 0% となった。

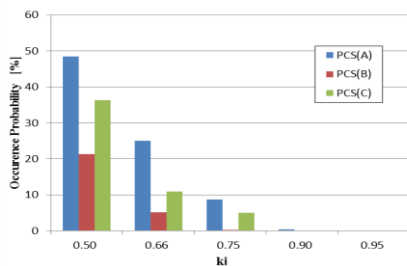


Figure2. Occurrence probability

< 3. 2 > アレイ電圧の動作分布

Table3 に逆電圧の動作分布を示す。Table3 を見ると、ki によらず、150～200V の範囲で分布が集中している。このことからアレイ電圧はモジュールの影に影響されないと考えられる。

開放電圧が同一のモジュールを用いたのでアレイ電圧の分布は影の面積によっては、変わらなかったと考えられる。

Table 3 Distribution of array voltage

PCS	PCS(A)					PCS(B)					PCS(C)					30 < P%	20 < P ≤ 30%	10 < P ≤ 20%	0 < P ≤ 10%	P=0%
	ki	0.5	0.66	0.75	0.9	0.95	0.5	0.66	0.75	0.9	0.95	0.5	0.66	0.75	0.9					
120 ≤ V < 130[V]	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
130 ≤ V < 140[V]	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	0
140 ≤ V < 150[V]	6	2	8	0	4	2	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	2	9	0	4
150 ≤ V < 160[V]	9	4	10	3	37	7	3	10	1	12	8	7	16	13	29					
160 ≤ V < 170[V]	13	18	13	33	31	20	5	19	39	45	4	6	15	31	27					
170 ≤ V < 180[V]	14	32	14	14	16	14	36	12	30	31	21	31	9	35	29					
180 ≤ V < 190[V]	25	19	37	16	4	23	40	30	27	10	53	49	35	18	1					
190 ≤ V < 200[V]	16	1	16	0	3	20	2	21	1	0	9	3	22	0	4					
200 ≤ V < 210[V]	2	0	1	0	0	4	13	5	0	0	0	0	0	1	0					
210 ≤ V < 220[V]	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
220 ≤ V < 230[V]	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					

< 3. 3 > 逆電圧の最長継続時間

Figure3 に逆電圧継続時間を示す。Figure3 を見ると、逆電圧の最長継続時間は、どの PCS でも ki が大きいほど短い結果となった。これは、ki が大きいほど逆電圧が発生

する電圧の領域が狭くなり、逆電圧の発生しない領域まで達するまでの時間が短縮されたのが原因と考えられる。

また、PCS ごとに継続時間に差が発生しているが、PCS の最大出力追従制御の振幅、周期の違いによるものと考えられる。

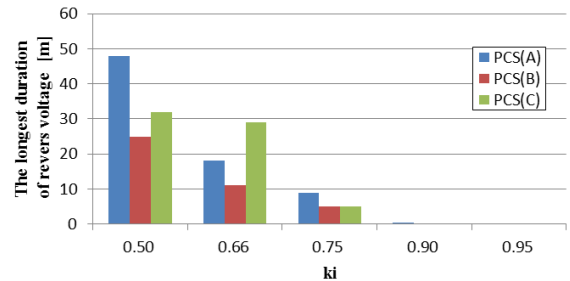


Figure3. The longest duration of reverse voltage

< 3. 4 > 逆電圧の動作分布

Table4 に逆電圧の動作分布を示す。Table4 を見ると、どの ki でも -10～0V の逆電圧が発生する確率が高い。また、ki が大きくなるほど、30V 以上の大きな逆電圧の発生確率が低くなった。

ki が大きいほど逆電圧が発生する領域が狭くなり、発生しうる逆電圧の最大値も小さくなったと考えられる。

Table 4 Distribution of reverse voltage

pcs	PCS(A)					PCS(B)					PCS(C)					30 < P%	20 < P ≤ 30%	10 < P ≤ 20%	0 < P ≤ 10%	P=0%
	ki	0.50	0.66	0.75	0.90	0.95	0.50	0.66	0.75	0.90	0.95	0.50	0.66	0.75	0.90					
-10 < V ≤ 0[V]	40	71	64	70	92	66	85	71	47	70	60	38	66	0	100					
-20 < V ≤ -10[V]	25	18	24	22	8	27	15	14	28	26	15	42	39	0	0					
-30 < V ≤ -20[V]	15	7	9	8	0	5	0	7	22	4	19	19	3	0	0					
-40 < V ≤ -30[V]	7	2	2	0	0	3	0	3	3	0	5	2	1	0	0					
-50 < V ≤ -40[V]	2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0					
-60 < V ≤ -50[V]	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0					
-70 < V ≤ -60[V]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					

4. まとめ

今回は短絡電流の異なるモジュールを組み込む場合の安全性の評価のため、逆電圧発生率、アレイ電圧の動作分布、逆電圧の最長継続時間、逆電圧の動作分布を調査した。

ki が大きいほど逆電圧が発生しにくく、その継続時間、最大値も低くなるのが明らかになった。

ki が 0.90 以上では逆電圧の発生確率はほぼ 0% となった事から短絡電流の異なるモジュールを組み込む場合、ki が 0.90 以上のモジュールを組み込むべきだと考えられる。

今後は異種モジュールの枚数やモジュールの特性異なるモジュールの測定を今後行っていきたい。

4. 参考文献

[1] 粕谷彰紀, コウエイ: 結晶系太陽電池モジュールの互換性に関する検討—気象条件の違いが逆電圧発生状況に与える影響, 平成 25 年, 日本大学理工学部学術講演会