L-51

異種太陽電池モジュールの互換性に関する実験的検討
-逆電圧発生確率及び異種モジュールの温度上昇-
Experimental Study on Interrelationship of Different Photovoltaic Modules
-Generation Probability Backward Voltage and Temperature Rise of Different Photovoltaic Modules-

○舘和貴[1]，　西川省吾[2]
Kazuki Tachi[1],Shogo Nishikawa [2]

Abstract: It is dangerous when backward voltage generates in a different module with a small short circuit current whose bypass diode doesn't operate. The situation of the occurrence is different according to MPPT control of PCS and difference of open circuit voltage and short circuit current among strings. In this study, the objective is to clear the tolerance range of the combination of module with small short-circuit current. We report the experimental results under various cases .

1.はじめに

太陽電池アレイを長期間設置し，一部のモジュールが自然災害などで破損した時に，生産終了より同一モジュールが用意できない可能性がある．元のモジュール(以下, 基本モジュール)と異なる電気特性を持つモジュール(以下､異種モジュール)を入れてアレイを構成し，しかも保護素子であるバイパスダイオード(以下、Db)が正常に動作しないと，異種モジュールに逆電圧が発生し，過熱・発火などの危険性が懸念される．

本研究の目的は、Db が正常に動作しなくても，安全性が保たれ，組み合わせ可能な電気特性の許容範囲を明らかにすることである．

本稿では，ストリング間の開放電圧(以下，Voc)，短絡電流(以下，Isc)の違いが逆電圧発生状況に与える影響と，異種モジュールの逆電圧発生中における温度上昇と消費電力量の関係についてまとめたので報告する．

2.実施内容

<2.1>モジュールの仕様

Table1 にモジュールの仕様を示す．ModuleA が基本モジュール，ModuleB，C が異種モジュールである．ストリング 1，2 に対するストリング 3 の Voc 比を kv として式(1)で定義し，基本モジュールに対する異種モジュールの Isc の比を ki として(2)式で定義した．

Table1.Specification of modules

Module	A	B	C
Voc[V]	25.61	32.7	50.9
Isc[A]	8.21	5.5	5.57
Pmax[W]	153	132	210
Vpm[V]	20.3	26.41	41.3
Ipm[A]	7.54	5	5.09
FF	0.73	0.73	0.74
Number of cells	42	54	72

$$ki = \frac{Isc \text{ of different module}}{Isc \text{ of basic module}} \quad (1)$$

$$kv = \frac{Voc\ of\ string\ 3}{Voc\ of\ string\ 1,2} \quad (2)$$

<2.2>実証実験システムの構成

Figure1 に実証実験システムの構成を示す．ストリング 3 には異種モジュールを 1 枚入れて，故障したことを想定して取り外した．

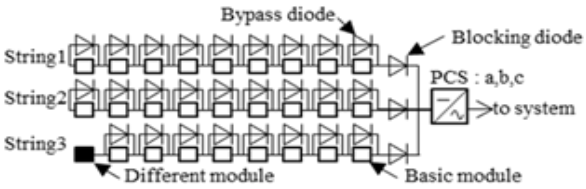

Figure1.Experiment system

<2.3>ストリング間の開放電圧の違い

Table2 はストリング 3 の試験条件である．ストリング 3 に異種モジュールを 1～4 枚いれて，アレイを構成し，kv を 0.92～1.44 とした．

Table2.Test condition of string3

Construction of string3	Voc[V]	kv	ki
ModuleA×9	230	1	1
ModuleA×7+ModuleB×1	212	0.92	0.67
ModuleA×8+ModuleB×1	238	1.03	0.67
ModuleA×8+ModuleC×1	256	1.11	0.67
ModuleA×7+ModuleC×2	281	1.22	0.67
ModuleA×6+ModuleC×3	306	1.33	0.67
ModuleA×5+ModuleC×4	332	1.44	0.67

<2.4>ストリング間の短絡電流の違い

基本モジュール 1 枚の全セルを黒の塩化ビニールシート(以下，黒板)で覆い，Voc が同じで，Isc が基本モジュールより小さい異種モジュールを模擬して，ストリング 3 に入れた．セルと黒板の面積比を変え,ストリング 3 の ki は Table3 の通り設定した．

1：日大・理工・電気　　2：日大・教員・電気

Table3. Test condition of string3

Construction o string3	Ki	Kv	Removed figure of Db
ModuleA*9	1.00	1.00	0
ModuleA*8+ModuleA(1/2)※	0.50	1.00	3
ModuleA*8+ModuleA(1/3)※	0.67	1.00	3
ModuleA*8+ModuleA(1/4)※	0.75	1.00	3
ModuleA*8+ModuleA(1/10)※	0.90	1.00	3
ModuleA*8+ModuleA(1/20)※	0.95	1.00	3
※Figure of () is blackboard area	Db:Bypass diode		

<2.5>温度上昇と消費電力量

ストリング 3 の構成は，モジュール A×8 枚とモジュール B×1 枚で構成とし，逆電圧発生時のストリング 3 の電圧，電流と温度を計測した．

<2.6>算出方法

(1)逆電圧の定義

モジュール電圧が 0 より小さい場合，かつ，大きさによらずに 1 秒でも発生した場合は有効とした．

(2)調査対象時間

比較的日射強度の大きい 10 時～13 時とした．

(3)逆電圧発生確率の算出方法

逆電圧発生確率を(3)式よりで求めた．

$$\frac{\text{逆電圧発生データ数[個]}}{\text{全データ数[個]}}\times 100[\%] \qquad (3)$$

(4) 温度上昇と消費電力量の算出方法

逆電圧の範囲は，異種モジュールにおける逆電圧が 10 秒以上連続して発生した範囲とした．温度上昇は，逆電圧が発生中の最高温度から逆電圧が発生する直前の温度を引いたものとした．消費電力量は，逆電圧が発生した時間から逆電圧が発生中の最高温度までの範囲で求めた．

3.結果

<3.1> kv と逆電圧発生確率の関係

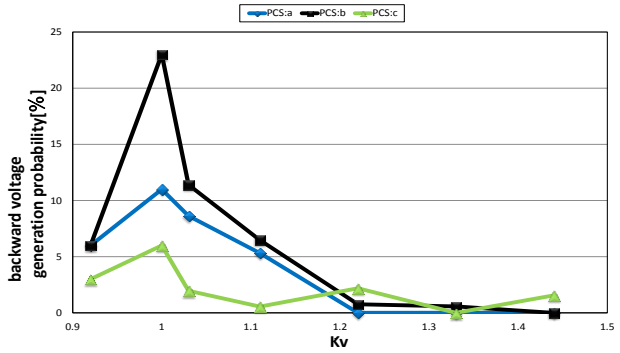

Figure2. Relationship of backward voltage generation probability and kv

Figure2 より，kv が 1.03 から 1.22 に増加すると逆電圧の発生確率が減少している．また，kv が 1.22 以上では発生確率が 0%に近いことがわかる．逆電圧発生確率の確率の最高値は PCS:b で kv=1 時の 23%である．kv が 1.03，1.11 の場合の逆電圧発生確率が PCS:a．PCS:b はほぼ同じなのに対し，PCS:c は低くなっている．これは，最低アレイ動作電圧が PCS:a ，b に比べ 10～20V 高くなったためである．

<3.2>ki の逆電圧発生確率の関係

Figure3 より ki が 1 より低下するほ発生確率は急激に高くなり，ki=0.50 では 3 つの PCS とも 30%以上となる．この傾向はすべての PCS でも共通している．

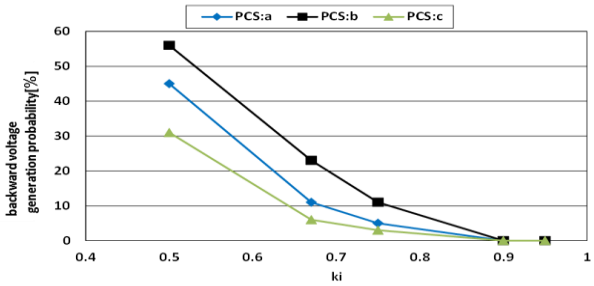

Figure3. Relationship of backward voltage generation probability and ki

<3.3>温度上昇と消費電力量

Figure4 より，消費電力量が 0.5Wh 以下は温度上昇が 2℃以内に収まっていることがわかる．これは，逆電圧がスタートしてから逆電圧発生中の最高温度に到達するまでに消費電力量が小さいためと考えられる．

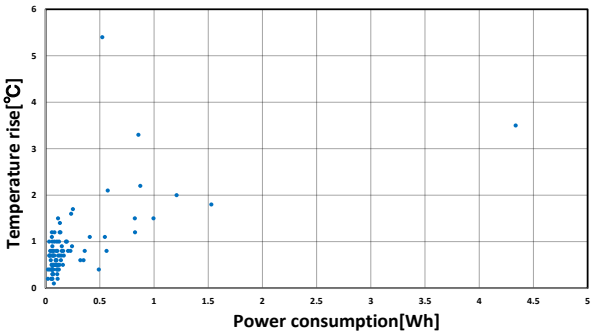

Figure4. Relationship of power cosumption and temperature rise

4.まとめ

短絡電流の小さい異種モジュールについて，開放電圧，短絡電流の違いでの逆電圧発生確率と，温度上昇と消費電力量の関係について調査した．その結果，消費電力量が 0.5Wh 以下は温度上昇が 2℃以内に収まった．これは逆電圧がスタートしてから逆電圧発生中の最高温度に到達するまでの消費電力量が小さいためである．

5.参考文献

コウ:“結晶系シリコン太陽電池モジュールの互換性に関する実験的検討”修士論文 2016 年