

メガソーラー向け DC1,500V 用 PCS 「PVI1500CJ-3/2500」

“PVI1500CJ-3/2500” 1,500-V DC PCS for Mega Solar Systems

久世 直樹 KUZE, Naoki

森嶋 洋介 MORISHIMA, Yosuke

近年、太陽電池をはじめとする再生可能エネルギーの国内外の市場において需要増加が期待されている。富士電機は国外市場に参入するため、入力 DC1,500 V、出力容量 2.5 MW の高電圧・大容量のパワーコンディショナを開発した。防じん防水保護等級 IP55 に対応した屋外盤構造を採用し、冷却性能の向上や装置レイアウトの最適化により設置面積を縮小した。今後大きな伸長が期待される東南アジア市場に対応するために、タイとフィリピンの系統連系規程を取得している。

In recent years, it has been anticipated that the market for renewable energy equipment, including solar cells, will increase throughout the world. Fuji Electric has developed a high-voltage high-capacity power conditioning system (PCS) for overseas markets that has an input voltage of 1,500 V DC and an output capacity of 2.5 MW. The PCS comes with an outdoor panel structure that complies with IP55 dustproof and waterproof standards. In addition, it has achieved a smaller installation footprint through its improved cooling performance and optimized layout of the components. In order to meet the expected growth of the Southeast Asian market, the PCS meets grid interconnection rules in Thailand and the Philippines.

1 まえがき

世界における、太陽光発電システムの新規の発電容量は拡大傾向にあり、2017 年の 94,000 MW から 2022 年の 154,000 MW に拡大するという予測がある⁽¹⁾。中でもアジアの発電容量は全体の 60% 超を占めており、特に、東南アジアやインドにおいて大きな伸長が期待される。

富士電機は、これまで国内市場を主なターゲットとした太陽光発電向けの直流 (DC) 1,000 V、1 MW のパワーコンディショナ (PCS) を展開してきた⁽²⁾。今後は、国外での需要増加に伴い、国外市場への参入を検討している。

本稿では、国外市場に参入するため開発したメガソーラー向け DC1,500 V 用 PCS 「PVI1500CJ-3/2500」の特徴および機能・性能について述べる。

2 特徴

PVI1500CJ-3/2500 の外観を図 1 に示す。

2.1 PCS の大容量化

本 PCS の装置容量は、従来機の 1 MW から 2.5 MW に大容量化した。PCS1 台当たりのサイズの拡大をできるだけ抑えながら、容量を大きくしたことで、PCS の台数が減り設置面積が削減できる。

2.2 直流 1,500 V 化

一般に、太陽電池パネルの直列数を増やし、高電圧化することで、パネルの並列数を削減することができる。これにより、各分岐に使用される接続箱の数や直流ケーブルの本数が削減でき、PCS 周辺機器のコストが削減できる。そのため、太陽光発電システムは DC1,500 V への高電圧



図 1 「PVI1500CJ-3/2500」

化が進んでいる。本 PCS もそれに対応し、入力電圧を従来機の DC1,000 V から DC1,500 V に高電圧化した。

2.3 屋外盤構造

富士電機は、既に防じん防水保護等級 IP55 に対応した屋外盤構造を採用している。PCS を直接屋外に設置した場合と、コンテナ内に PCS を設置して空調で温度を保つ屋内盤構造とを比較すると、PCS 自体の効率が同じでも、屋外盤構造の方は空調分の電力損失がないため、効率が 1.5% 程度高くなる。

2.4 系統連系規程のグローバル対応

東南アジアの需要に応えるため、タイとフィリピンの系統連系規程 (タイ: PEA Interconnection Code、フィリピン: Philippine Grid Code) を取得した。出荷する国に応じて、PCS の設定を切り替えることで対応する。

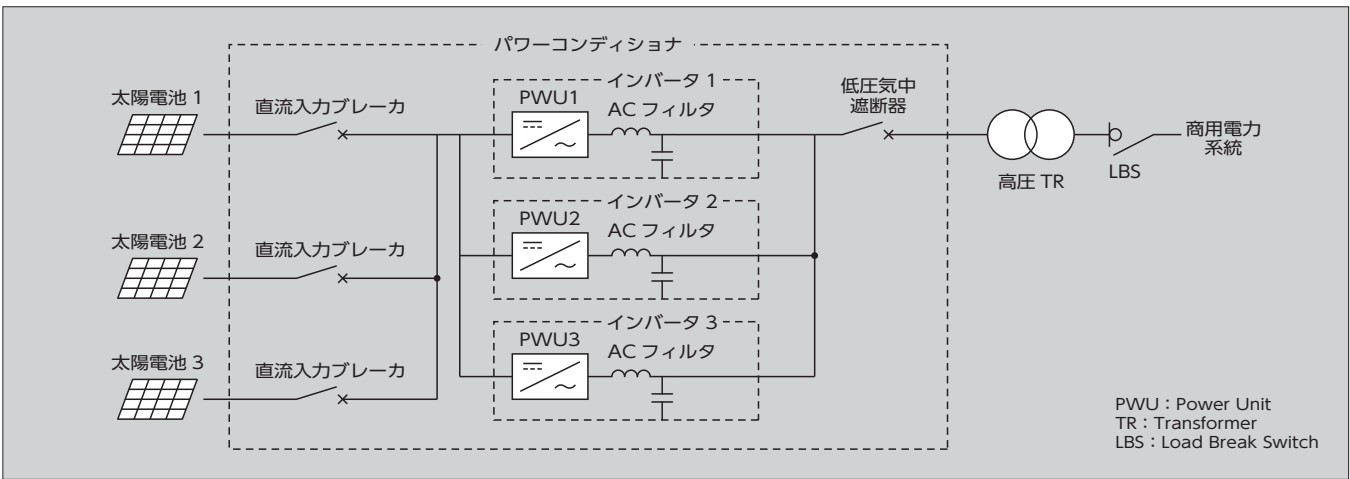


図2 PCSの回路構成

3 装置構成

本PCSの回路構成を図2に示す。833kWのインバータユニットを3台並列運転することで2.5MWを実現した。PCSでは太陽電池の出力電力が常に最大電力となるように最大電力点追従制御（MPPT制御）を行っている。MPPT制御が可能な入力電圧範囲を算出し、DC915～1,350Vとした。出力電圧はAC590Vであり、PCS盤外の連系トランスで昇圧し系統に接続する。

インバータユニットは、DC1,500Vで運転する必要があるため、IタイプNPC3レベルインバータ回路を採用した。図3に示すとおりTタイプA-NPC3レベル回路と比較して、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）1個あたりに印加される電圧が素子定格の88.0%から62.5%に低減できる。宇宙線による偶発故障のリスクはIGBT素子への印可電圧が高いほど増加するため、Iタイプ

表1 装置仕様

項目	仕様
容量	2.5MW
直流電圧範囲	840～1,500V
MPPT*1範囲	915～1,350V
最大入力電流	2,788A
交流電圧	590V (-12～+10%)
周波数	50 / 60Hz
力率	0.99
高調波歪率	5%
最高効率*2	98.70%
欧州効率*3	98.50%
内部電源容量	3,000W以下
待機損失	350W以下
防じん防水保護等級	IP55
動作温度	-10～+57℃

*1 MPPT : Maximum Power Point Tracking
 *2 最高効率 : IEC 61683効率裕度表示、内部電源含まず
 *3 欧州効率 : 40℃以上温度ディレーティング50℃において90%出力

プNPC3レベルインバータ回路を採用することで、信頼性を向上させた。

4 装置仕様

本PCSの装置仕様を表1に示す。前述のとおり、入力DC1,500V、容量2.5MWに加えて、動作温度範囲は-10～+57℃（寒冷地オプションで-20～+57℃）である。内部の部品を保護するため、周囲温度40℃以上では出力を抑制するが、東南アジアの高温環境下でも運転できるように、50℃時においても定格の90%出力できるようにした。

5 装置動作

5.1 発電電力の向上

太陽電池の出力は、日射強度やモジュール温度などの条

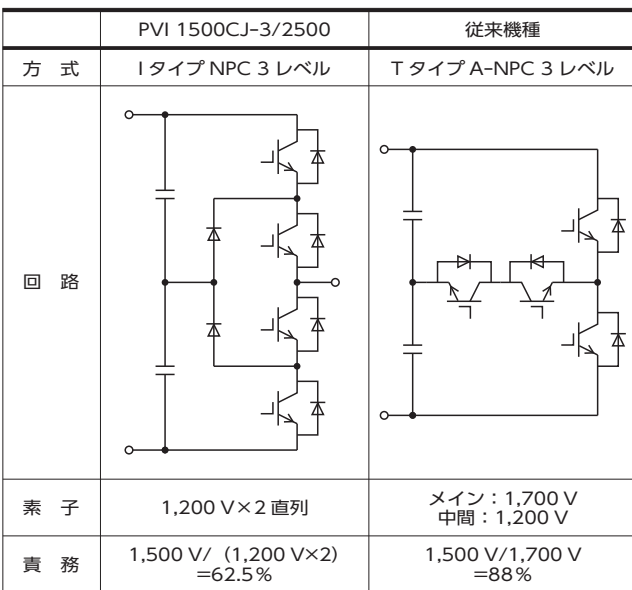


図3 インバータ回路構成

件により変動し、常に一定とはならない。そのため、発電量を上げるには、MPPT 制御の精度と PCS の変換効率を向上させる必要がある。

PCS の MPPT 制御には、太陽電池からの出力電力（電流 × 電圧）が大きくなるように、太陽電池の出力電圧を、所定の電圧変化幅で段階的に変化させる山登り法に加え、**図 4** に示すスイープモード機能を搭載している。

- (1) PCS は、運転を開始すると自動でスイープモードに移行し起動時の太陽電池の出力電圧を MPPT 動作下限値まで所定の電圧変化幅と速度で変化させる (**図 4 ①**)。
- (2) 電圧が MPPT 動作下限値まで到達すると、スイープ中に最大電力となった動作電圧に戻る (**図 4 ②**)。
- (3) その後は停止するまで山登り法により最適電圧で運転する (**図 4 ③**)。

スイープモードを搭載したことで、太陽電池の出力特性が 2 段の山になるような太陽電池構成の場合でも、最大電力点の探索が可能となり、発電量を増やすことができる。

また、装置の変換効率を改善するため、本 PCS では低負荷時において使用するインバータユニット台数を制限する台数運転制御機能を搭載している。低負荷時に使用する

インバータユニット数を減らすことで無負荷損失が低減し低負荷時における効率を改善した。台数運転制御機能の有無による効率の違いを**図 5** に示す。負荷率 20% 時において 0.6%、10% 時では 1.6% 程度効率が改善される。

5.2 屋外盤構造と機器の熱冷却

屋外環境に設置する PCS では、精密機器であるインバータユニットおよび制御部品を、屋外環境から保護することが必要である。また、PCS から発生する熱を排出する必要がある。この対応として、**図 6** に示すように盤内を気密エリアと外気エリアの二つに分けている。精密機器は気密エリアに格納し、外気環境から遮断している。制御基板などの低発熱部品は熱交換器で気密エリア内を冷却することで放熱し、IGBT などの高発熱部品ではヒートシンクだけを外気エリアに露出して外気で冷却する。

さらに、アジアの市場では低コストであることが要求される。従来であれば、インバータユニットを 4 台使用すると、ユニット 1 台当たりの容量を増加させて 3 台とした。これにより、装置体積および設置面積の拡大を抑えた。ユニットからの発熱が増えたので、**図 7** に示すように風速シミュレーションを行い、冷却風路の改善やファンの風量を増やして対応した。

本 PCS は、同一容量当たりの設置面積においては、業界最小クラスである。

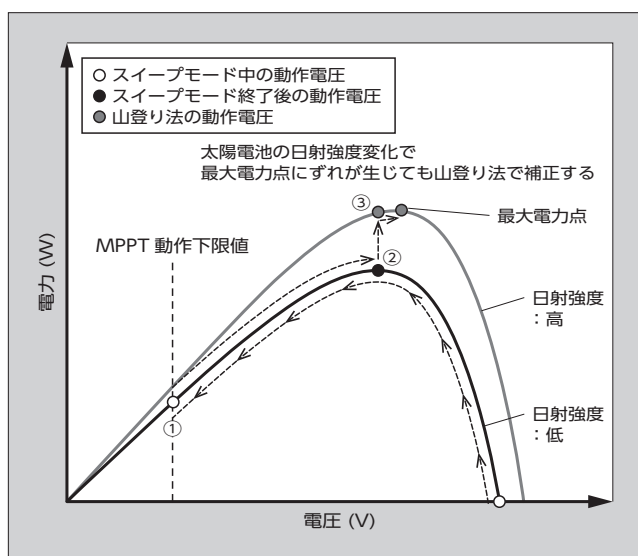


図 4 スweepモード機能

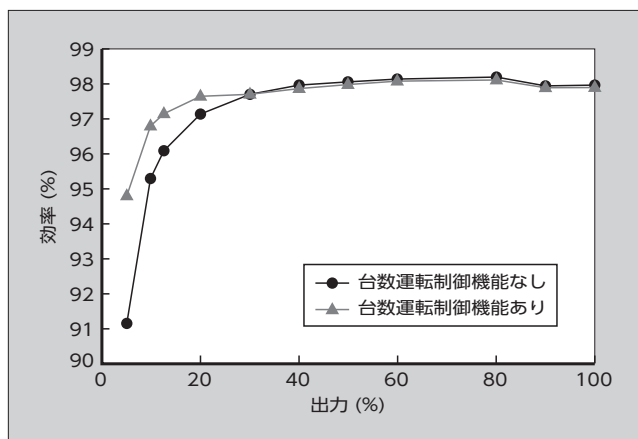


図 5 PCS 効率カーブ

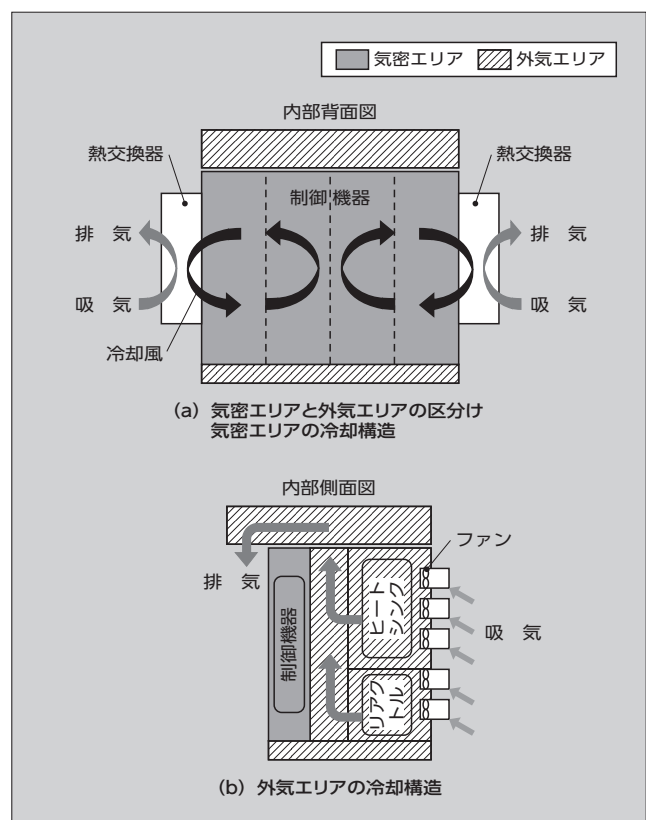


図 6 PCS の冷却構造

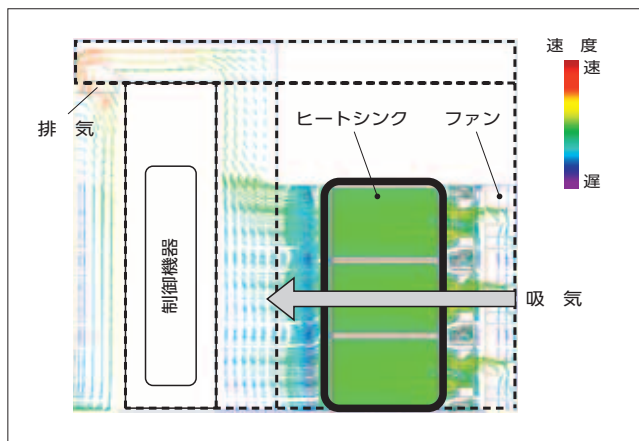


図7 風速シミュレーション結果

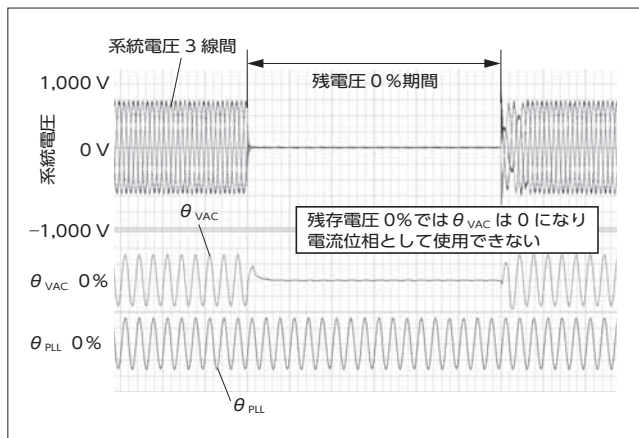


図8 電圧低下時の電流位相 θ 比較

5.3 系統補償 (DVS : Dynamic Voltage Support) 機能

PCS は、系統で三相短絡や二相短絡の事故が発生した場合でも、規格や規程で定められた運転継続が要求される。例えば、フィリピンの系統連系規程 Philippine Grid Code では、三相短絡時に系統補償を行う DVS 機能が要求され、PCS は系統に残る電圧（残存電圧）に応じて、電流を電力系統に出力する必要がある。

PCS の電流制御は、系統電圧から演算した電流位相 θ_{VAC} を用いている。しかし、図8に示すように系統電圧が0%のときは、電流位相 θ_{VAC} の演算ができないため電流を流せない。そこで、PLL（位相同期回路）により電圧低下前の電流位相 θ_{PLL} を演算し、電流制御に使用する位相 θ を位相 θ_{PLL} に切り替える。

制御検証機（23 kVA）で残存電圧0%時の動作検証をした結果、電圧低下に応じた電流を出力し規格試験に適合した。このように、制御改良により系統電圧が0%でも電流を出力できる。

6 あとがき

メガソーラー向け DC1,500V 用 PCS 「PVI1500CJ-3/2500」について述べた。世界的にエネルギー需要は高まっており、中でも太陽電池をはじめとする再生可能エネルギーへの期待は今後さらに高まっていくことが予想される。今後、市場が拡大する東南アジア市場への普及を進めることで、地球温暖化対策に貢献する所存である。

参考文献

- (1) IHS Markit. PV Inverter Market Tracker-Q4 2018.
- (2) 藤井幹介ほか. メガソーラー向け屋外設置型高効率PCS「PVI1000」. 富士時報. 2012, vol.85, no.3, p.245-249.



久世 直樹

パワーコンディショナ、無停電電源装置の開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム エネルギー事業本部開発統括部電源機器開発部主任。



森嶋 洋介

パワーコンディショナ、無停電電源装置の開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム エネルギー事業本部開発統括部電源機器開発部主任。





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。