

大容量太陽光パワーコンディショナの開発

小林 猛*・松川 満

Development of Inverters for Megawatt Solar Power Systems — by Takeshi Kobayashi and Mitsuru Matsukawa —
In Japan, an increasing number of megawatt-class solar power systems have been established for industrial use since the introduction of the Feed-in Tariff system, a policy that requires electric power companies to purchase electric power generated by solar power systems at a relatively high price. In line with this, we have added new functions to our 100 kW and 250 kW solar inverters with the aim of preventing voltage fluctuations that are caused by the increased number of solar power systems. This paper describes the specifications and performance of our solar inverters and the new functions added. We also outline the 110 kW solar power system installed in our factory.

Keywords: solar system, Feed-in Tariff, solar inverter

1. 緒 言

将来の化石エネルギー枯渇によるエネルギー問題や長年の化石エネルギー使用によるCO₂の増加、地球温暖化の問題などを解決して、人類が将来に渡って繁栄し続けるためには、再生可能エネルギーの実用化と利用拡大は急務となっている。

その中の一つとして注目されているのが、太陽の光エネルギーを電気エネルギーに変える太陽光発電システムである。当社は、20年以上にわたり公共・産業施設向けを中心に10kW以上のパワーコンディショナ(以下SOLARPACK®)を開発・製品化し、多くの納入実績を重ねてきた。その経験と技術をベースに、今回メガソーラーと呼ばれる大規模太陽光発電所にも対応した国内向け100kW、250kW定格、及び海外(おもにヨーロッパ、中国)の規格、電力事情にも対応した100kW定格のSOLARPACK®を開発した。

SOLARPACK®は、コンパクト、高効率だけではなく、太陽電池特性とのマッチングを取り易くし、システム設計の自由度を拡大するため、入力電圧範囲(太陽電池運転電圧範囲)を広く設定した。また、大規模なメガソーラーシステムなどで必要となる、SVC機能、LVRT(Low Volt Ride Through)機能などシステムに優しい各種オプション機能を追加した。

また今年から我が国でも発電電力の全量買い取り制度が本格的に始まり、メガソーラー発電所が一気に普及する機運にある。

そこで本稿では、SOLARPACK®シリーズの概要、海外向けで取得したドイツの第三者認証(以下TUV認証)、中国の国家認証(以下CCC規格)及びメガソーラーシステムを構築する上でパワーコンディショナに求められる各種オプション機能について紹介する。

2. SOLARPACK®の概要

2-1 概略仕様 表1に国内向け100kW、250kW器、海外向け100kW器それぞれの主な仕様を示す。

1回路入力方式は汎用的な太陽電池の直列数に適用し、入力電圧範囲をDC0~600V、定格出力可能なMPPT範囲をDC320V~600Vとした。2回路入力方式では、太陽電池との組み合わせの自由度を高めるため、入力電圧範囲をDC0~±440V(880V相当)とし、1回路入力方式と比べ入力電圧範囲を約1.5倍、MPPT追従範囲を約1.2倍とした。

250kW器については盤幅1200mmと100kW器の約1.2倍程度に抑えることで、スケールメリットを最大限生かせるように配慮した。

海外向け100kW器については、直流入力の上限を880Vまで上げ、交流出力は一般的な低圧3相系統への連系を考慮し、400Vを標準とした。また直流電圧上限の変更に対応して太陽電池の最大電力追従電圧範囲(MPPT範囲)を450V~820Vとした。

運転効率に関しては、直流電圧の高電圧化や、交流側のリアクトル、トランスの高効率化などにより、海外向け100kW器の最高効率97%(ユーロ効率96%)を実現した。

全シリーズ共通で商用絶縁トランスを内蔵するため、連系する系統の種類(電圧、接地方法など)にかかわらず直接連系することができ、直流-交流の混触防止、系統へのノイズ流出防止などシステム全体の安全性と信頼性を向上させた。

また、1次2次を低圧/高圧とした商用絶縁トランスを別置きとし、ステップアップトランスを省略したインバータ部を複数台並列運転して高圧系統と連系することで、システム全体の発電効率アップを実現している。

表1 SOLARPACK®シリーズの主な装置仕様

装置容量		国内向け		海外向け
		100kW		100kW
入力方式		1回路入力	2回路入力	1回路入力
直流入力	定格電圧	DC400V	DC ± 300V	DC400V
	入力範囲	DC0 ~ 600V	DC0 ~ ± 440V	DC0 ~ 600V
	MPPT追従範囲	DC320 ~ 600V	DC ± 210 ~ ± 350V	DC320 ~ 600V
効率 (定格出力時)		94.5% (JISC8961)	95% (JISC8961)	95% (JISC8961)
主回路方式		自励式電圧型		
スイッチング方式		高周波PWM方式		
出力制御方式		出力電流制御形		
絶縁方式		商用周波絶縁方式		
交流出力	相数	三相3線		
	定格電圧、周波数	202V、50/60Hz	420又は440V、50/60Hz	400V、50/60Hz
	力率	0.95以上 (定格出力時0.99以上)		0.99以上
	電流歪率	総合5%以下、各次3%以下		総合3%以下
	連系運転範囲	電圧：定格値±10%以内 周波数：定格値±1%以内		電圧：定格値-15%+12.5% 周波数：定格値47~61.5Hz
連系保護		過電圧 (OVR)、不足電圧 (UVR)、周波数上昇 (OFR)、周波数低下 (UFR)、単独運転 (受動、能動)		
通信方式		RS-485		
寸法		W1000 × D900 × H1950mm	W1200 × D1200 × H1950mm	W1000 × D900 × H1950mm
質量		1100kg (商用絶縁トランス含む)	2000kg (商用絶縁トランス含む)	1100kg (商用絶縁トランス含む)
標高		1000m以下		2000m以下
設置場所		屋内		

2-2 SOLARPACK®のシステム構成 装置単体でのシステム構成を図1に、メガソーラー（10台並列）構成例を図2に、メガソーラーシステム設置例を写真1に示す。

SOLARPACK®はそれぞれの太陽電池からの直流電力を交流に変換し、系統電源と連系することで太陽電池の発電電力を電力系統側に供給する。工場、店舗、ビルなどの設備ではこの発電電力を優先的に利用できる他、電力会社との契約により発電電力の全量を電力会社に固定価格で売電することが可能となる。

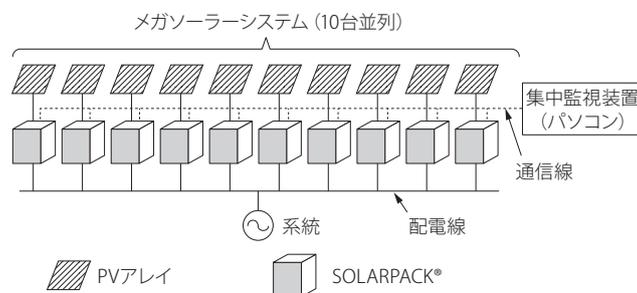


図2 メガソーラーシステム構成例

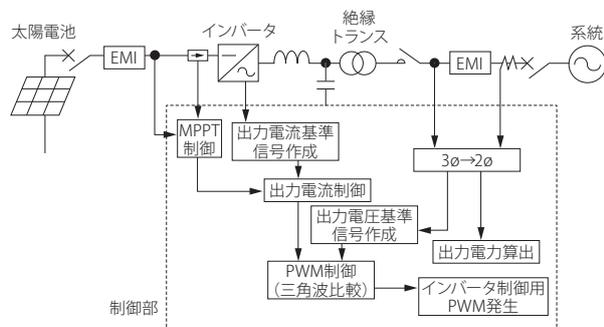


図1 装置システム構成図



写真1 メガソーラーシステム設置例

また、複数台並列接続することで、システム容量を増やし、1MWクラス以上のメガソーラーに対応することが可能である。その際の各種運転データは、各SOLARPACK®に具備しているRS485通信機能により監視装置に送られ、集中管理が可能となっている。

表2に代表的な通信データ項目例の概要を示す。

表2 通信データ項目概要

通信データ項目	
直流電圧	V
直流電流	A
直流電力	kW
交流電圧	V
交流電流	A
交流電力	kW
周波数	Hz
積算電力量	kWh
日射強度	kW/m ²
気温	℃
装置状態	運転、待機、停止
軽故障状態	—
重故障状態	—

② 構造の最適化

盤収納機器の温度上昇を規定値以下とし、電氣的・機能的に最適な機器配置とするために熱流体解析シミュレーションを行い、構造設計に反映させた。図4に解析例を示す。

各主回路機器の温度上昇を最小限に抑える冷却構造とすることで、機器寿命への影響低減だけでなく、冷却系の簡素化により、装置全体の効率向上に対しても貢献することができた。

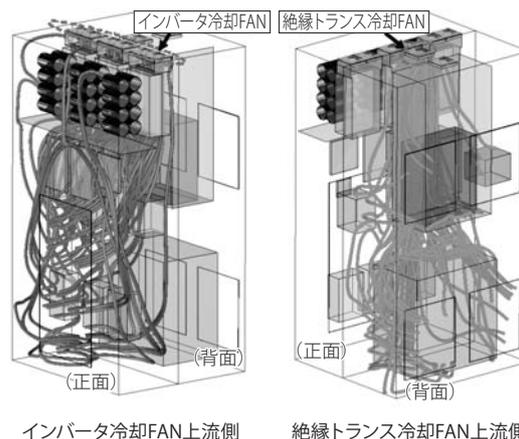


図4 盤内部の空気の流れ

2-3 SOLARPACKの運転特性

① 高効率化

主にメガソーラーで適用される250kW器の効率曲線を図3に示す

測定方法はJISC8961に準拠している。商用絶縁トランス内蔵でありながら、主回路機器とインバータ部分のスイッチング特性の最適化により、負荷率60%で効率96%以上（負荷率30%以上で効率95%以上）を達成した。

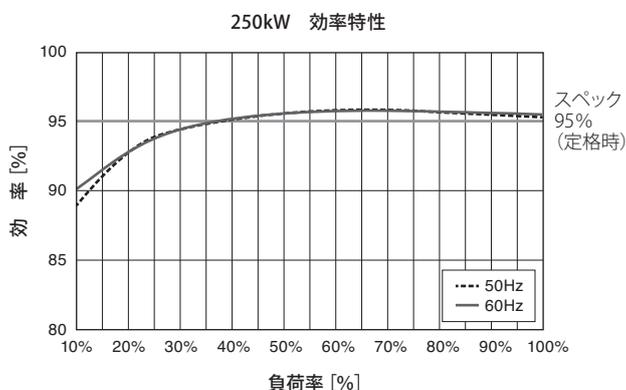


図3 250kW器効率曲線

③ 系統連系保護

系統との連系に対しては系統連系規定（JEAC 9701-2006）で系統連系保護が規定されている。メガソーラーなど複数台のパワーコンディショナが設置された場合、停電発生時の単独運転状態（発電電力と負荷消費電力が完全にバランスし、停電発生時においても電圧変動が発生せず、通常の連系保護検出要素では検出できない状態で発電が継続される状態）を確実に検出し、全ての装置を規定内の時間で停止することが必要である。そこで当社は複数台のSOLARPACK®（今回5台で実施）を使用し、単独運転の検出が確実にされるかどうかの検証を実施した。

図5に単独運転保護試験結果の波形例を示す。

単独運転の検出要素としては、受動方式と能動方式の2種類があり、それぞれの検出時間は0.5秒以内、及び0.5～1.0秒以内と規定されている。今回の様に発電電力と負荷消費電力が完全にバランスしている場合、受動方式（当社では電圧位相跳躍方式を採用）での検出は原理上不可能となり、能動方式（当社では無効電力変動方式を採用）での検出に頼ることになる。試験結果では、能動方式により0.67秒で単独運転を検出し、5台全ての装置が同時に運転を停止することが確認できた。

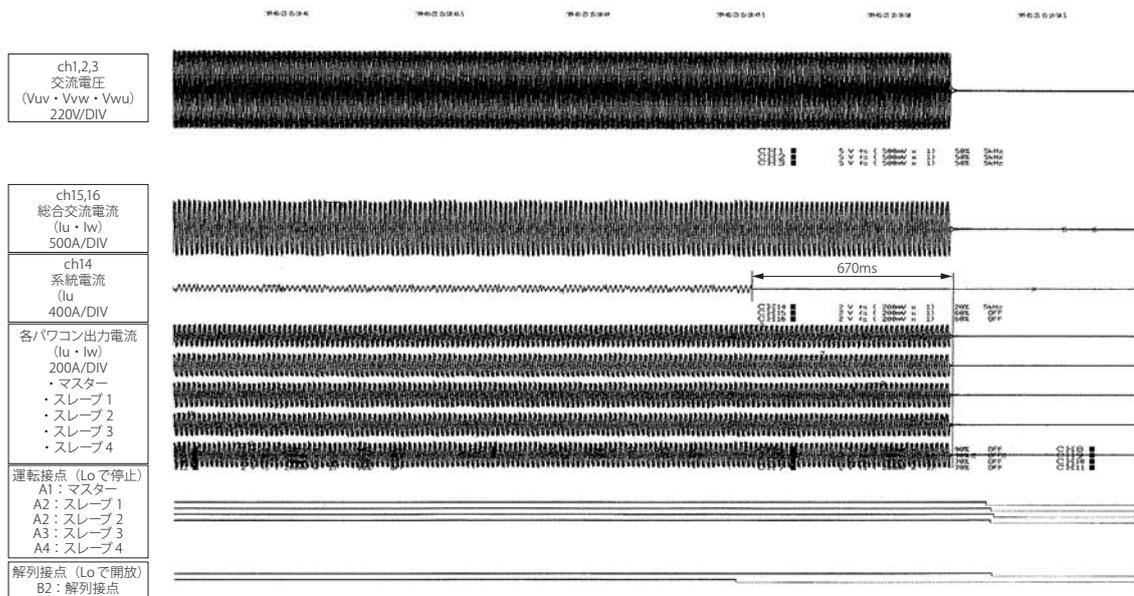


図5 5台並列運転における単独運転保護試験例

3. オプション機能について

今年7月から始まった、一定期間固定での発電量全量買取制度によって、太陽光発電システムの導入数が飛躍的に増加し、メガソーラーなどの大容量化が一気に進むと考えられる。そういった状況の中で、これまであまり重視されていなかった新機能への拡張要求が増えつつある。当社はそういったニーズにこたえるべく、下記新機能をオプションとして追加した。

① LVRT (Low Voltage Ride Through) 機能

この機能は、電力系統が事故等により短時間の電圧低下（以下瞬低）が発生した場合、あらかじめ設定した電圧低下幅及び継続時間以下であれば発電を停止せず、瞬低発生前の出力電流を維持しながら運転を継続し、電力系統への影響を最小限にする機能である。

メガソーラーなど、発電規模が大きくしかも多数設置された場合には特に SOLARPACK® の一斉脱落の影響が大きくなるため、本機能の重要性がますます高まってきている。

図6に SOLARPACK® の LVRT 仕様、図7に試験結果を示す。

系統電圧の電圧低下幅が定格電圧の80%（残電圧20%）、低下継続時間3秒以内の3LS（3相短絡）であれば運転を継続する。電圧低下の検出は定格電圧の20%以上低下した場合で、電圧低下復帰の検出は、定格電圧90%以上となっている。なお、電力系統の事故による瞬低を再現するため、当社試験設備である、大容量短絡発電機を使用し試験を実施した。図7からも分かるように、電圧低下時、低下期間、復帰時とも出力電流の変動はほとんどなく良好な結果を得られた。

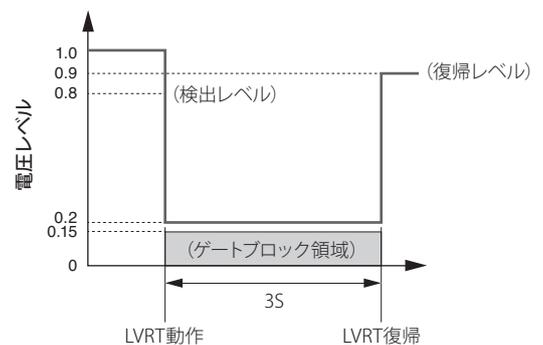


図6 LVRT仕様

系統事故様相:3LS 残電圧50% 継続時間2秒
出力電力:250kW

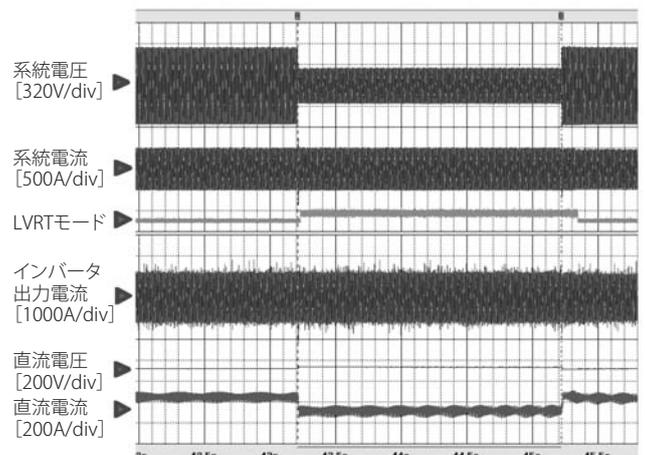


図7 LVRT機能試験



写真2 自社工場設置「100kW + 10kW」太陽光発電設備

② SVC 機能

この機能は、発電電力に応じ、一定の割合で遅れ無効電力を発生させ、系統電圧の上昇変動を抑制する制御である。

メガソーラーなど大規模分散電源の発電量の変動により、系統電圧の変動幅が規定以上に大きくなるのを防ぐことが可能である。このため、SOLARPACK®の無効電力を以下の実績ある方法で制御している。

$$Q \text{ (kVar)} = \alpha \times P \text{ (kW)}$$

(α : 系統側インピーダンスにより決定される定数)

参 考 文 献

- (1) 「系統連系規程 Grid-interconnection Code JEAC 9701-2006」、財団法人日本電気協会、系統連系専門部会 (2006年)
- (2) 「太陽光発電用パワーコンディショナの効率測定方法」、日本工業規格、JISC8961 (2008年)
- (3) 山田真也、小林猛 他、「メガソーラー用パワーコンディショナの開発」、日新電機技報 Vol.54 (通巻132号)、p.47-52 (2009年)
- (4) 小林猛、長瀬只雄、「100kWパワーコンディショナの海外認証取得」、日新電機技報 Vol.56 No.2 (通巻137号)、p.43-48 (2011年)
- (5) 松川満、「大容量パワーコンディショナの複数台連系について」、電気設備学会学会誌4月号、p.284-288 (2011年)

執 筆 者

小林 猛* : 日新電機(株) 新エネルギー事業部 主任



松川 満 : 日新電機(株) 新エネルギー事業部 主幹
技術士 (電気・電子部門)

*主執筆者

4. フィールド実証試験設備の構築

当社では上記機能も含めた長期検証を行う目的で、110kWの太陽光発電システムを自社工場内に設置した。

写真2に設備の様子を示す。

この設備により、新機能や新規部品に対して、従来の工場試験に加え、太陽電池と組み合わせた長期検証が可能となった。また、数種類の太陽電池との組み合わせを行うこと、太陽電池の特性変化の確認も可能であり、システム提供メーカーとして各種データの蓄積を行っている。

5. 結 言

今回メガソーラーに対応した100kW及び250kWのパワーコンディショナについて、概略仕様、基本性能、オプション機能について紹介を行った。

今後も高効率化による発電電力への貢献、系統電圧変動の抑制による系統の安定化、各種通信機能の充実によるシステム全体の監視機能の強化など、ユーザーサイドに立った、最適なシステム構築に貢献できる製品開発を行っていく所存である。