

一 般 論 文

メガソーラー用 パワーコンディショナの開発

Development of power conditioner for MW-class PV system

山 田 真 也*	小 林 猛*
S. Yamada	T. Kobayashi
清 滝 和 雄**	吉 田 修*
K. Kiyotaki	O. Yoshida

概 要

CO₂削減の大きな担い手である太陽光発電システムへの期待は急速に広がってきており、中でも100kWクラス以上の設置事例は今後国内外で増加する傾向にあると予想される。

本稿では当社が展開中の高効率100kWパワーコンディショナの詳細について紹介する。

Synopsis

The expectation for PV systems which can contribute to CO₂ reduction is expanding rapidly.

We believe the growth of PV system installation with the rating more than 100kW in the near future. This paper describes the high efficiency power conditioner of 100kW class in detail.

1. まえがき

近年、環境問題が懸念される中で太陽光発電システムに寄せられる期待は世界規模で急速に大きくなっている。当社ではこれまでに公共・産業施設向けの大容量のパワーコンディショナを製作・納入することで系統連系に関するノウハウを蓄積し、1998年度には10kW分散設置形パワーコンディショナ（以下 ACアレイ）を開発した。また通信技術との融合により多数台集中制御を可能とし、100kW相当のシステムとして納入した実績がある。

太陽光発電システムに対してはその導入にあたり国からの補助金や電力会社による電力買い取り制度が適用されている。特に最近ではNEDOのフィールドテスト事業用として100kWクラス以上の案件数が2002年度から2004年度までで2.8倍に増加し、中には1MW級のメガソーラー相当の案件も存在する。また太陽光発電システムの国内導入量は、2004年度以降は毎年30%の伸び率で拡大しているため、今後は100kWクラスのパワーコンディショナの必要性が更に高まると考えられる。

当社ではそのような動きに対応すべく100kWクラスのパワーコンディショナを対象とし、品質向上やコスト低

減のための部品点数の大幅な削減を実現させるべく開発を行った。なお、従来の太陽光発電システムは結晶系太陽電池の使用が主であったが、今後は薄膜系の太陽電池の適用についても期待されている。そのため前述の課題に加えて太陽電池の種類を選ばない入力電圧範囲を幅広くしたパワーコンディショナの開発が必要となる。

本稿では、展開中の100kWクラスのパワーコンディショナについて紹介する。

2. パワーコンディショナのシステム構成

パワーコンディショナのシステム構成および基本仕様を図1、表1にそれぞれ示す。当社では直流入力を高電圧化し、中間電位接地した2回路入力方式の仕様の検討によりシステム全体の効率化を図った。但しシステム全体が低圧仕様として扱えるように、次項3.で述べる高電圧制御方式を用いる。またスイッチング制御に、PWM制御方式を適用し、直流を交流に変換する上でできるだけ直流電圧を有効に利用できるようにした。なお、パワーコンディショナの外形図を図2に示す。

* 産業・電力システム事業本部
** 技術開発研究所

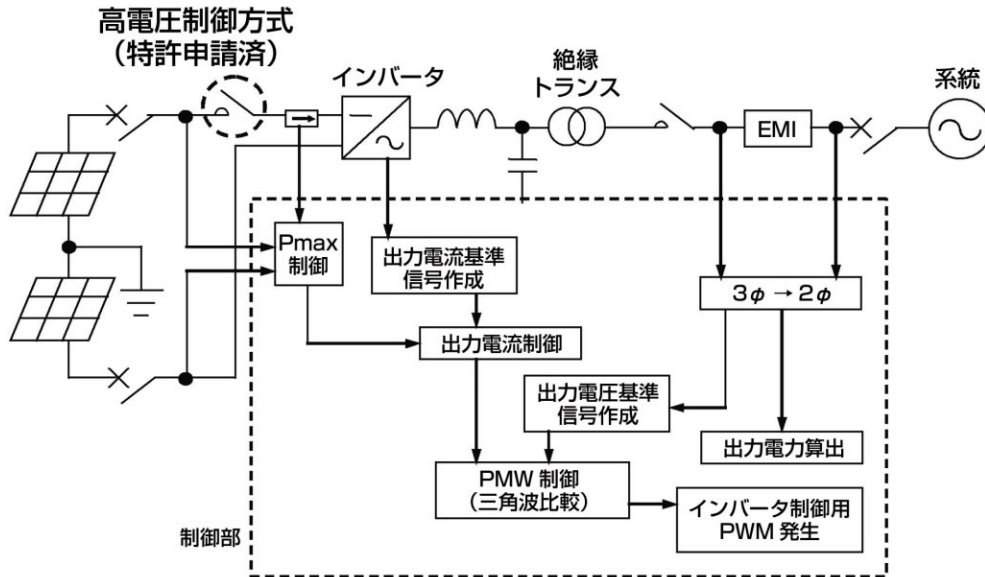


図1 パワーコンディショナシステム構成 (高効率タイプ・2回路入力方式)

表1 パワーコンディショナ基本仕様

入力方式	1回路入力	2回路入力
入力電圧範囲	DC0 ~ 600V	DC0 ~ ± 440V
入力運転電圧範囲	DC320 ~ 600V	DC ± 210 ~ 375V
変換効率	94.5%	95.0%
絶縁方式	商用周波絶縁方式	
定格出力容量	100kW	
交流出力	三相三線202V ± 10%、50/60Hz	
出力電流歪み	系統連系ガイドラインに準拠	
出力電圧上昇抑制機能	系統電圧223V以上にて出力力率0.85まで進相運転	
単独運転 検出	受動方式	電圧位相跳躍検出
	能動方式	無効電力変動方式
通信方式	RS-485	
外形寸法	W : 1,000mm × H : 2,000mm × D : 900mm	

3. 高電圧制御方式の開発

高効率化を図るにあたり、パワーコンディショナで開発した方式は図1に示す高電圧制御方式である。インバータの変換効率を高くするため、できるだけ太陽電池からの入力電圧を高くする必要があるが、太陽電池の特性上、最大電力を引き出せる電圧と運転停止時の開放電圧との差が大きいため、気象条件によりトータル電圧が低電圧区分である750Vを上回る可能性が考えられる。そのため、運転停止時は2回路入力分のうち1回路分を遮断する高電圧制御を考案し、インバータへの入力電圧が750Vを上回らないようにした。また運転中でも、トータル電圧が750Vを上回らないようにシステム内部で制御を行っている。

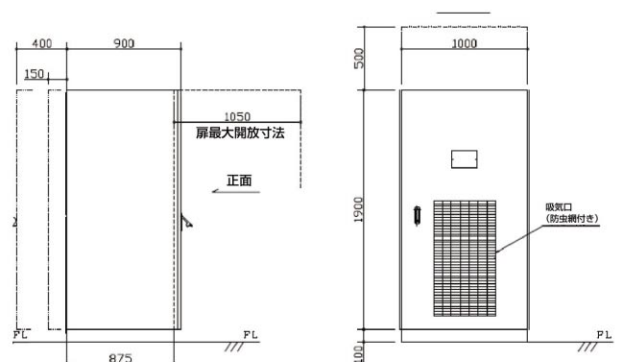
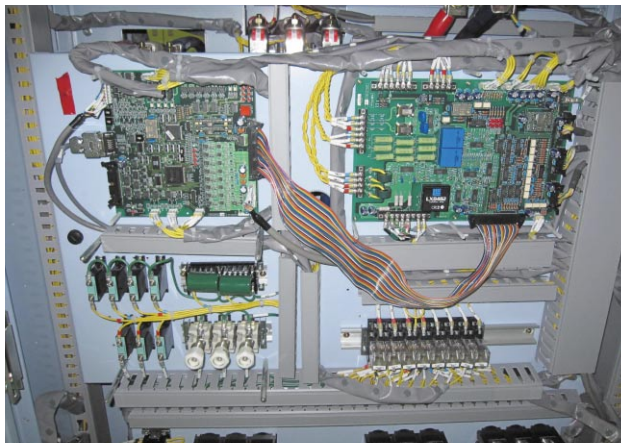


図2 パワーコンディショナ外形図

4. 実績あるコンポーネントの採用

必要コンポーネントの選定にあたり、パワーコンディショナは販売数量が他のパワエレ製品と比べても非常に多くなることが想定されるため、瞬低停電対策装置などで実績のあるコンポーネントを極力活用し、信頼性の向上に努めた。その一例（写真）を図3に示す。なお、コンポーネント共有化は開発リードタイムの短縮にも貢献した。



(a) 制御基板関係



(b) タッチパネル

図3 共有化したコンポーネントの一例

5. 構造設計の最適化

構造設計を最適化する上で、盤内部に収納する部品周辺の空気温度を規定値以下に抑制する熱設計は、機器の性能・信頼性の観点から極めて重要である。そこで、当社では製品開発プロセスの初期段階から熱流体解析技術を駆逐することで、熱設計の高精度化を図っている。以下では、本パワーコンディショナにて熱流体解析を適用した熱設計の概要について紹介する。

図4に本製品内部の部品配置図を示す。盤内の冷却は、仕切り板により盤内部の空間を正面側及び背面側の2空

間に分割し、正面及び背面に設けた各々の換気口から吸気し、盤内部で発生した熱をその空気へ伝達し、盤上部のファンから排気する所謂「強制風冷方式」を採用することで、効率よく排熱する構造としている。この中で、主要な発熱源であるインバータ、絶縁トランス、及びリアクトルについては、周囲および下流側の空気が高温となる為、インバータを冷却ファンのすぐ上流の位置に、絶縁トランス・リアクトルを背面側空間に配置すると共に整流板を適切に配置することで、それらから発生した熱が盤内に滞留せずスムーズに盤外へ排出されるように、空気の流れを制御している。

また、熱流体解析のモデル作成にあたっては、3次元CADデータの流用や、複雑な3次元構造の部品を簡易形状でモデル化する等により、工数低減を図っている。

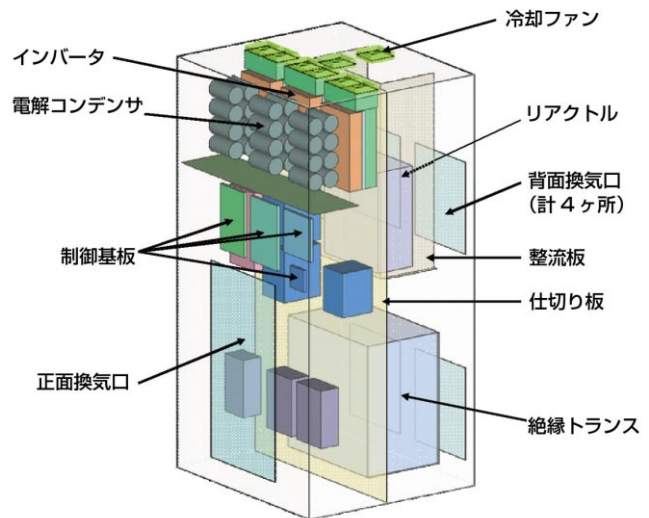


図4 盤内部の部品配置図

次に、熱流体解析により得られる情報のうち、図5にインバータ冷却ファン及び絶縁トランス冷却ファン上流側の空気流れの流線図を、図6に幅方向中央断面の温度分布を示す。正面側空間では、正面換気口から吸気された空気が制御基板等の発熱部品を冷却しながら通過し、盤上部に設置したファンから排気されている事、盤下部で発熱部品により温められた空気が盤上部の電解コンデンサへは回り込んでいない事などが良くわかる。また、背面側空間については、絶縁トランスの発熱により温められた空気が整流板の効果により、リアクトル周辺へは回り込まず、直接盤上部のファンから排気されている様子が把握できる。なお、これらの解析結果については、次項6.で述べる温度上昇検証結果と良く一致することを確認している。

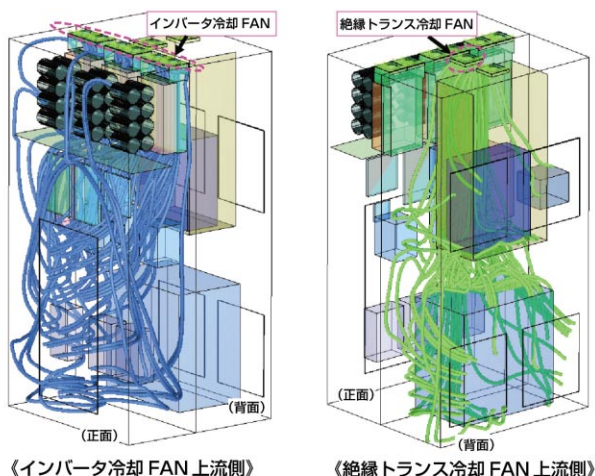


図5 盤内部の空気流れ

確認できたため、熱分布の傾向は解析結果と同様であることが云える。

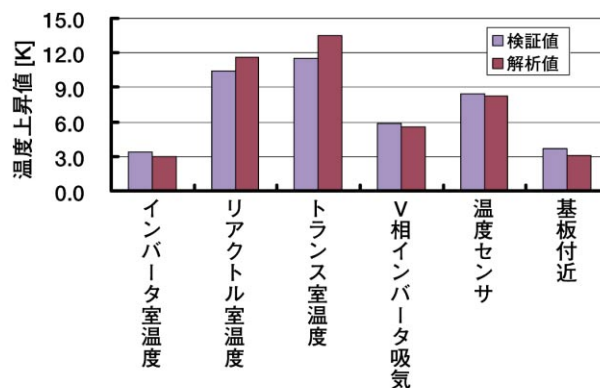


図7 温度上昇の検証結果と解析結果の比較

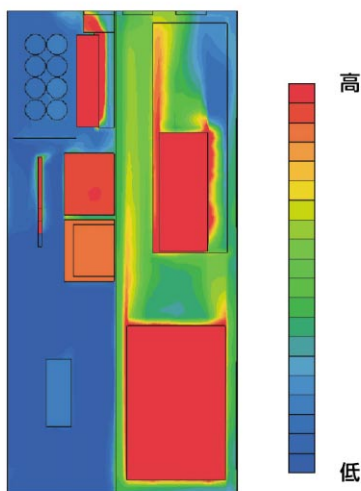


図6 幅方向中央断面の温度分布

6.2 変換効率

2回路入力方式のパワーコンディショナにおける変換効率特性を図8に示す。本検証結果より、定格の20%以上の出力で変換効率が90%を超え、定格の60%以上の出力で目標としていた95%以上になることが確認できた。本パワーコンディショナの効率（絶縁トランス含む）は国内トップクラスであることから、今後の主力製品として大いに期待される。

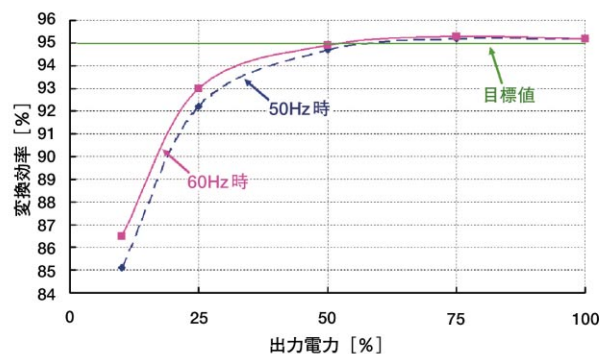


図8 変換効率測定結果（高効率タイプ・2回路入力方式）

このように、設計段階で詳細な盤内部の空気流れと温度分布を把握しながら高精度な熱設計を実施することで、コンポーネント配置などの構造最適化に取り組んでいる。

6. 連系運転特性

6.1 温度上昇特性

試作器により、各部温度計測値が飽和状態に達するまで、定格運転状態で保持させた時の検証結果と5.で述べた解析結果の温度上昇比較を図7に示す。同図より、検証結果と解析結果はほぼ一致していることが

7. 系統連系保護対応

パワーコンディショナの出力制御では、商用電源システムの安全性を確保するための機能として系統連系保護機能が必要になり、中でも単独運転検出は商用電源システムが停電となった時に安全性を確保するための重要な系統保護機能となっている。

本機能については今回5台のパワーコンディショナを用い、単独運転検出能動方式の動作確認試験を行った。

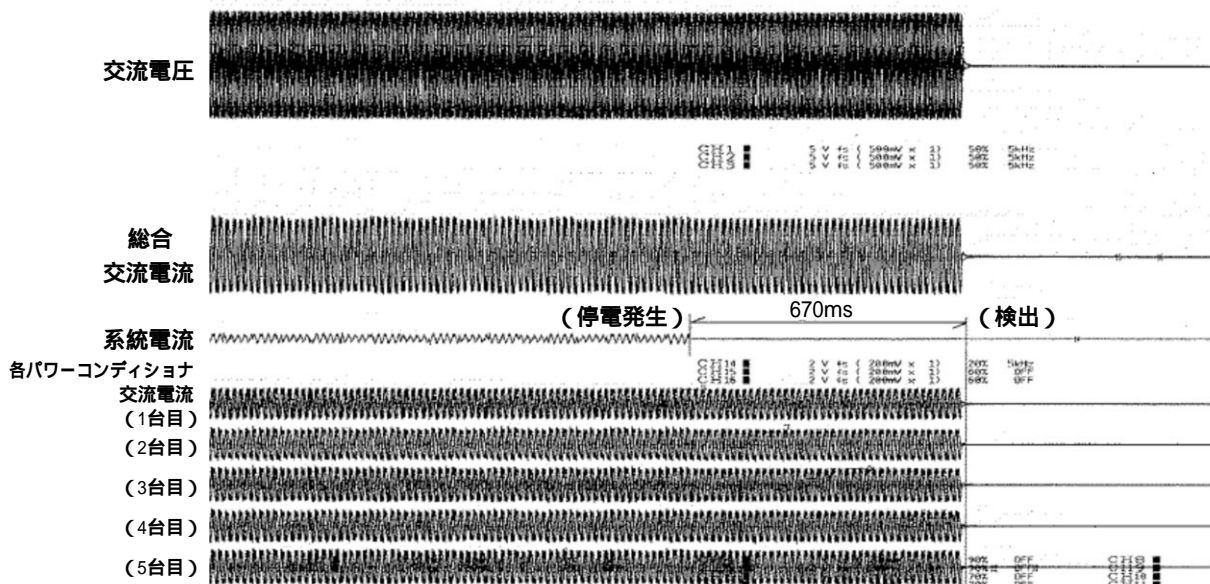


図9 単独運転検出（能動方式）試験結果（パワーコンディショナ5台並列、逆潮流 P=Q=0）

全てのパワーコンディショナの無効電力変動は同期して発生し、停電発生時は複数台全て停止し、機能を実現している。その試験結果を図9に示す。

構築可能となった。なお図10、11は1MW（10並列）で構築した時のシステムであるが、最大で1.5MW（15並列）まで対応可能である。

8. メガソーラーシステムへの適用

本開発製品の今後の展開として、複数台を並列設置して大容量化を図ったメガソーラーへの適用が挙げられる。メガソーラーとして対応させた時のイメージおよびシステム構成を図10、11に示す。各パワーコンディショナでは電圧、電流、電力、装置状態などの情報を通信により、パソコンなどで集中監視が行えるようにした。本方式の採用により、各パワーコンディショナの状態、発電状況等を集中監視できるようになったため、大容量かつ高密度連系に対応した形でメガソーラーシステムが



図10 メガソーラー対応イメージ（1MW）

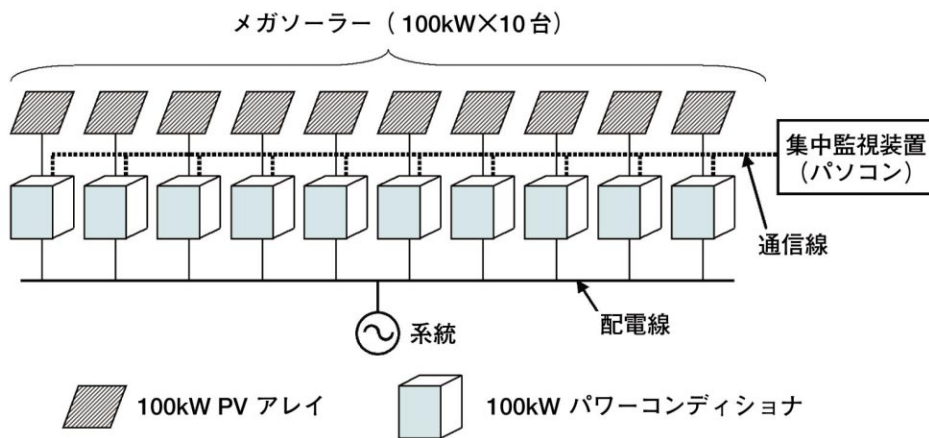


図11 パワーコンディショナによるメガソーラーシステム（1MW）

9. 今後の開発方針

本稿では、メガソーラーにも対応できる当社の100kW級太陽光発電用パワーコンディショナについてその特徴などを紹介した。今後の開発方針としては下記が挙げられる。

更なる価格の低減
大容量化を含めたシリーズ化
海外向けのCEマークの取得

今後とも今まで以上にお客様のご期待にお応えし、かつ地球環境への負荷低減の一助となるべく、太陽光発電システムの普及に積極的に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 松川、下村ほか：「分散設置方式太陽光発電システム（ACアレイシステム）」日新電機技報 Vol.44, No.3 (1999)

執筆者紹介



山田真也 Shinya Yamada
産業・電力システム事業本部
システム機器事業部
パワエレ部 パワエレ設計グループ



小林 猛 Takeshi Kobayashi
産業・電力システム事業本部
システム機器事業部
パワエレ部 パワエレ設計グループ主任



清滝和雄 Kazuo Kiyotaki
技術開発研究所
解析技術センター
CAEグループ主任



吉田 修 Osamu Yoshida
産業・電力システム事業本部
システム機器事業部
パワエレ部 パワエレ設計グループ長