

国内住宅用パワーコンディショナ “PV-Kシリーズ”

田島大介*

Photovoltaic Inverter for Domestic Residential Houses "PV-K Series"

Daisuke Tajima

要旨

国内の太陽光発電システム市場は、再生可能エネルギーの固定買取制度などに支えられ、年々拡大している。太陽光発電協会 (JPEA) の統計による2014年度の国内市場規模は、前年度比114%の9,872MWまで増加しており、今後も拡大基調が続くと期待される。

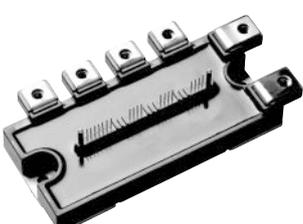
一方、太陽光発電システムの効率向上には、太陽電池モジュールだけでなく、発電した直流電力を家庭で使える交流電力に変換するパワーコンディショナの電力変換効率が重要で、三菱電機では電力変換効率の高いパワーコンディショナを商品化している。

今回、フルSiC (Silicon Carbide) -IPM^(注1)を採用することによって業界最高^(注2)の電力変換効率98.0%を実現するとともに定格出力を4.4kW^(注3)に向上した“PV-PN44KX”を始め、Siパワー半導体素子採用の5機種を含む国内住宅用太陽光発電向けパワーコンディショナ全6機種からなる“PV-Kシリーズ”を開発した。

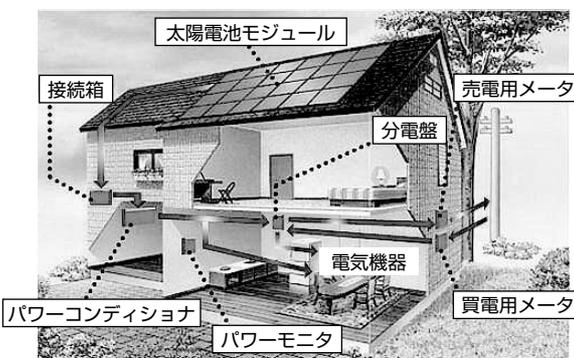
- (注1) Intelligent Power Module (駆動回路、保護回路を内蔵した高機能パワー半導体モジュール)
- (注2) 国内住宅用パワーコンディショナの電力変換効率において、2015年6月29日現在、当社調べ。
“PV-PN44KX”のJIS C 8961で規定する定格負荷効率
- (注3) 開発機種“PV-PN44KX”と従来機種“PV-PN40G”の定格出力の比較



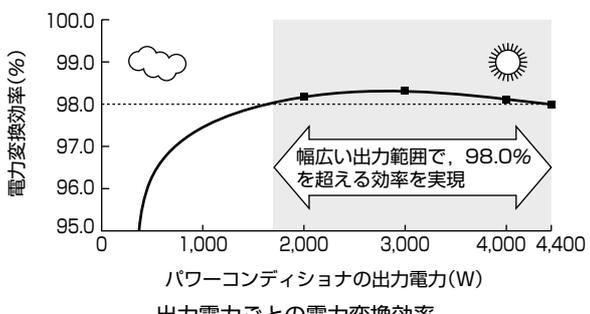
PV-PN44KX



フルSiC-IPM



太陽光発電システム



出力電力ごとの電力変換効率

幅広い出力範囲で、98.0%を超える効率を実現

太陽光発電システム向けパワーコンディショナ (国内住宅用) “PV-PN44KX”

パワーコンディショナの主用部品であるパワー半導体モジュールにフルSiC-IPMを採用することで、損失を大幅低減し、業界最高の電力変換効率98.0%を実現した。広範囲な出力電力域で定格効率を上回る高変換効率を実現しており、日射の少ない朝夕や曇りの日などでも太陽電池で発電した直流電力を効率良く交流電力へ変換することで、発電量の増加に寄与する。

1. ま え が き

国内の太陽光発電システム市場は再生可能エネルギーの固定買取制度などに支えられ、年々拡大している。太陽光発電協会の統計による2014年度の国内市場規模は、前年度比114%の9,872MWまで増加しており、今後も拡大基調が続くと期待される⁽¹⁾。

一方、太陽光発電システムの効率向上には、太陽電池モジュールだけでなく、発電した直流電力を家庭で使える交流電力に変換するパワーコンディショナの電力変換効率が重要で、当社では高電力変換効率のパワーコンディショナを商品化している。

今回、フルSiC-IPMの採用、及びリアクトルを始め、内部損失の低減によって業界最高の電力変換効率98.0%を実現するとともに定格出力を4.4kWに向上させた“PV-PN44KX”とSiパワー半導体素子採用の5機種を含む国内住宅用太陽光発電向けパワーコンディショナ屋内外全6機種からなる“PV-Kシリーズ”を開発した。

2. PV-Kシリーズの特長

太陽光発電システムの構成例を図1に示す。太陽電池で発電した直流電力を接続箱で集電し、パワーコンディショナで直流電力を家庭で使える交流電力に変換する。太陽電池の高出力化だけでなく、パワーコンディショナの性能向上が発電量アップに大きく寄与する。

2.1 業界最高の電力変換効率98.0%を実現

パワーコンディショナの主回路構成を図2に示す。パワーコンディショナの損失の約50%を占めるパワー半導体モジュールに当社開発のフルSiC-IPMを採用することで、損失を低減した。また、損失の約20%を占めるリアクトルのコア材にフェライトを採用し、巻き線を丸線から平角線に変更することで占積率を上げ、損失を低減した(図3、図4)。透磁率の高いフェライトをリアクトルに使用する

場合、コアが飽和しないようにコア間に図5に示す上下のギャップ(A部)を大きくあける必要があり、損失が大きくなるという課題があった。そこで、新たに中央部にギャップ(B部)を設け、上下のギャップを小さくして損失低減とリアクトル小型化を実現した。

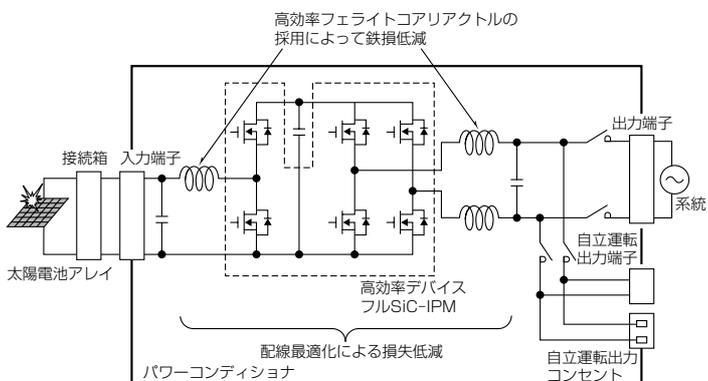


図2. パワーコンディショナの主回路構成



図3. 高効率フェライトコアリアクトル

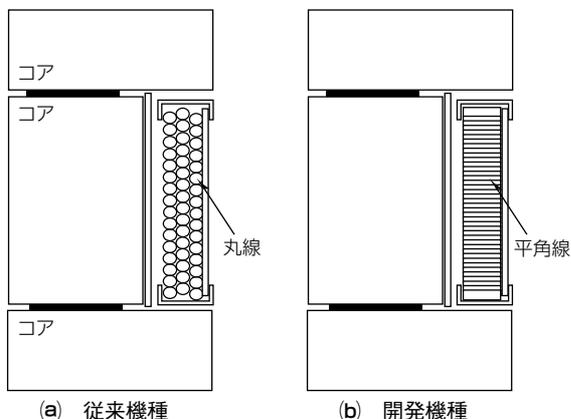


図4. リアクトルの断面(平角線によって銅損低減)

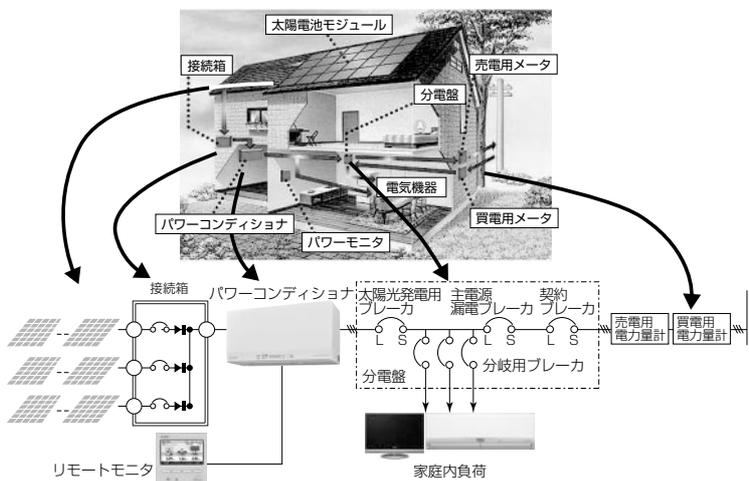


図1. 太陽光発電システムの構成例

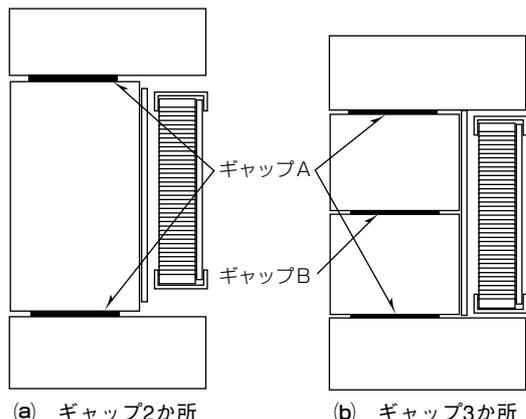


図5. リアクトルの断面(ギャップ分割によって損失低減, 小型化)

2.2 高速MPPT制御によって発電量を向上

太陽電池モジュールが生み出す直流電力の出力特性は日射によって常に変化しており、最大電力点となる電圧も変化している(図6)。パワーコンディショナでは、MPPT(Maximum Power Point Tracking: 最大電力点追従)制御によってパワーコンディショナが太陽電池モジュールの出力電圧を変化させて、その時の太陽電池モジュールの出力電力の増減を判断して太陽電池モジュールから取り出す直流電力が最大となるように制御している。従来のMPPT制御では、日射が安定したときには正確に制御が可能だが、日射が変動しているときは日射変動の影響とMPPT制御の影響が区別できずに太陽電池の最大電力点への追従速度が遅いという課題があった。今回、日射変動とMPPT制御との影響を区別するアルゴリズムを開発した。日射変動時も迷わず最大電力点の追従が可能となりMPPT効率を従来の96.7%から3.1%向上させ99.8%(注4)とした(表1)。これによって日射が変動した場合も太陽電池モジュールの最大電力点を素早く検出でき、発電量の向上に寄与する(図7)。

(注4) EN50530に基づく30%-100%ランブ日射変動時で、パワーコンディショナが太陽電池モジュールから取り出した直流電力を、その太陽電池モジュールの発電可能な直流電力で割った比率

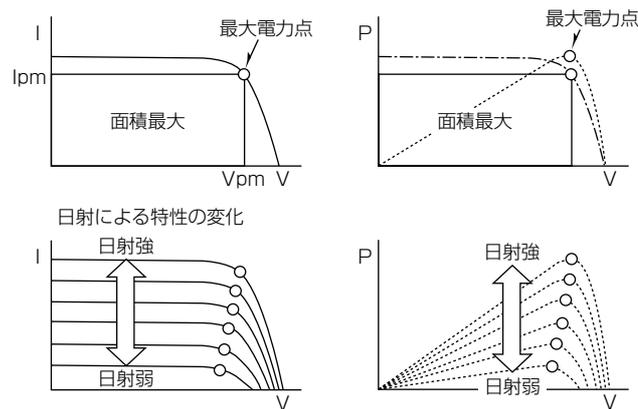


図6. 太陽電池の出力特性

表1. EN50530によるMPPT効率比較

項目		新機種 PV-PN44KX2	従来機種 PV-PN40G
静特性	定格出力時(%)	99.8	99.8
	10%-50%ランブ日射変動時(%)	99.5	95.4
動特性	30%-100%ランブ日射変動時(%)	99.8	96.7

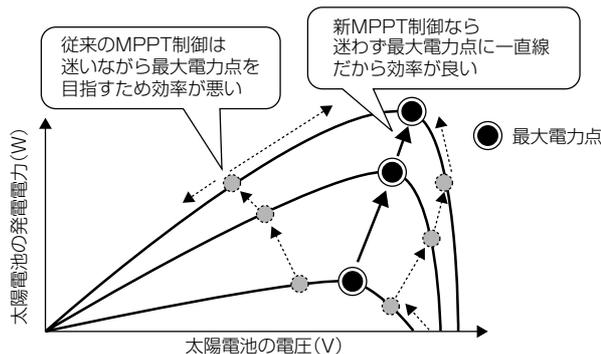


図7. MPPT制御動作イメージ

2.3 自立2出力化による停電時の使用電力量向上

停電時には、太陽光発電システムは自動で運転を停止するが、パワーコンディショナ本体にある運転切換えスイッチを“自立”に切り換えることで発電した電力を家庭内で使用可能となる。震災以降、停電時の電源確保として蓄電池やPV(Photovoltaic)の自立運転への注目が高まり新築時に非常用コンセントを搭載する住宅が増加し、非常用コンセントに出力可能なパワーコンディショナの需要が拡大してきた。今回、従来の本体コンセントに加え、増設コンセント用出力端子を標準装備した(図8)。従来は太陽電池がどれだけ発電しても、自立運転時に使用できる電力は1.5kVAであったが、2つの出力回路を搭載することで、コンセントと出力端子の合計が2.0~2.7kVA(注5)まで使用可能となった(表2)。これによって、停電時でもより多くの家電製品を使用することができる。また、あらかじめ停電時に使用したい家電製品の近くなどに、出力端子から配線工事をする事で非常用コンセントを増設できる。

(注5) コンセントと出力端子それぞれの最大電力は1.5kVA(100V/15A)までで、使用できる最大電力は機種によって異なる。

2.4 温度保護開始温度の向上

当社のパワーコンディショナは、安全性向上のため電気電子部品や端子台を板金で密閉する構造としている。一方、製品内部温度が上昇すると電気電子部品の信頼性に影響を与えるため、パワーコンディショナの出力を制御することで内部温度上昇を防ぐ保護機能を搭載している。この温度保護機能のしきい値が低いと日射が十分でも発電電力が減少する可能性があるため、密閉かつ回路部の温度上昇を防ぐ構造の両立が課題となっていた。この課題を解決するため、高効率化によって電力変換時に発生する熱を低減し、また、特に発熱の大きいリアクトルを個別に板金で密閉して回路部から分離した風路に配置することで回路部の温度上昇を抑え、従来と設置面積同等のまま自然冷却(ファンレス)で温度保護開始温度35℃(注6)を実現した(図9, 図10)。

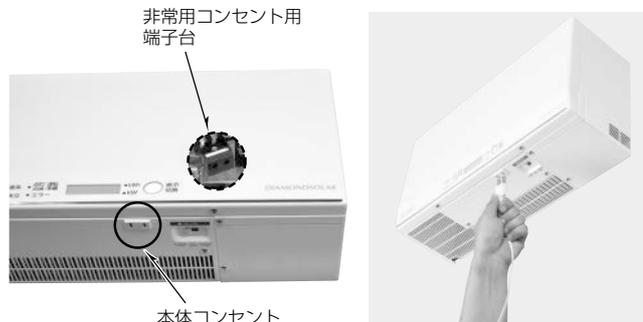


図8. 自立運転用コンセントと出力端子

表2. 機種別自立運転出力

形名	PV-PN30K	PV-PN40K	PV-PN44KX	PV-PN55K
定格出力(kW)(連系)	3.0	4.0	4.4	5.5
定格出力(kVA)(自立: 2回路合計)	2.0		2.2	2.7

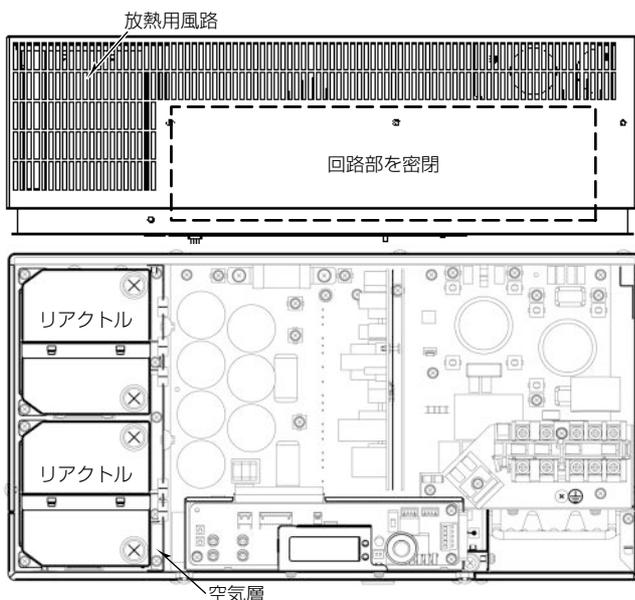


図9. 内部レイアウト構造



図10. リアクトル密閉構造

これによって、発電機会を損なわずに信頼性の高いシステムを構築できる。また、耐湿性が向上し、設置ニーズの高い脱衣所や洗面所への設置^(注7)を可能とした。その結果、分電盤近傍に設置しやすく配線長を短くできるため、省施工化、配線ロスの削減が可能となった。

(注6) 製品周囲温度、システム設置条件によって異なる。

(注7) 浴室ドアの真上等、製品に直接湯気が当たる場所への設置は除く。

3. ブロックビルド設計

屋内外全6機種を開発するに当たり、短期間で効率的な開発を行うため、機能をパーツ化してそれを組み合わせて製品を構成するブロックビルド設計を指向し、ハードウェア・ソフトウェアの共通化を図った。高効率機種では、フルSiC-IPMを採用し、一方で、標準機種では低コスト化実現のためパワー半導体にディスクリート素子の採用を計画していたため、レイアウトの共通化が困難であった。IPMを使用する場合は基板の中央に配置し、ディスクリート素子を使用する場合は工作性を考慮して基板端面に配置するレイアウトが一般的である(図11)。そこで、小型ヒートシンクへディスクリート素子を組み付けてアセンブリ化することで、IPMを使用した時と同様の回路部品レイアウトを実現した(図12)。これによって、周辺回路や放熱設計、EMC(Electromagnetic Compatibility)設計を共通化したブロックビルド設計を可能とし、開発期間を短縮した(表3)。

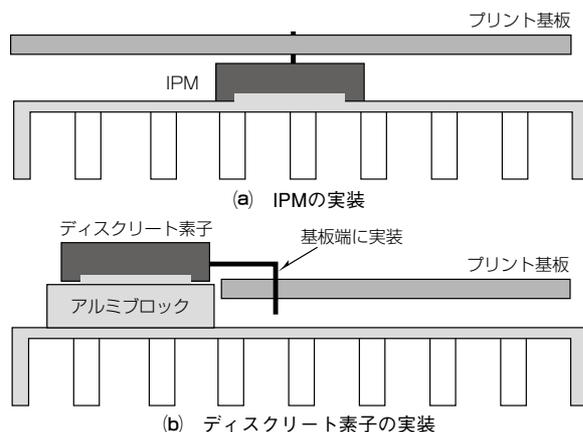


図11. IPMとディスクリート素子の実装の違い

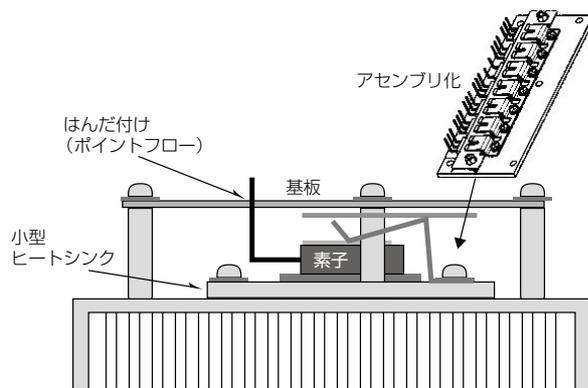


図12. ディスクリート素子のアセンブリ化実装

表3. ブロックビルド設計

	開発機種	筐体	パワー基板	リアクトル	制御基板 電源基板 表示基板	ソフトウェア
屋内	3.0kW	A	A	A	各1枚 (共通)	共通
	4.0kW		B	B		
	4.4kW	B	C	C		
屋外	4.0kW	C	A	A		
	5.5kW		C	C		

4. むすび

当社では、住宅用太陽光発電システム“ダイヤモンドソーラー”の特長である“生涯発電力”の更なる強化を図るため、キーパーツであるパワーコンディショナの性能向上を図ってきた。2015年1月に発売したパワーコンディショナPV-PN44KXでは電力変換効率を98.0%に向上させ、7年連続業界最高^(注8)とした。

今後とも更なる性能向上に努め、環境貢献に資する所存である。

(注8) 2015年6月29日現在、当社調べ

参考文献

- (1) 一般財団法人太陽光発電協会：日本における太陽電池出荷統計－2014年度第4四半期及び2014年度－
<http://www.jpca.gr.jp/pdf/statistics/h264g.pdf>