

デジタル制御による 太陽光発電用パワーコンディショナの開発

龍 忠

近年、省エネ化を進める上でパワーエレクトロニクスが注目を集めている。パワーエレクトロニクスとはFET等の半導体により電力を制御する技術であり、特に交流を出力するインバータは高効率化、大容量化が非常に進んでおり、冷蔵庫、エアコンなどの家電製品から、ハイブリッドカーまであらゆる製品の省エネ化に貢献している。

OKI情報システムズ（以下OISという）ではパワーエレクトロニクスの開発に携わっており、昨今はOKIパワーテック（以下OPTという）と共同でデジタル制御を応用した太陽光発電用パワーコンディショナの開発に取り組んでいる。太陽光発電用パワーコンディショナとは太陽電池モジュールからの直流電力を交流電力に変換する装置であり、太陽光発電システムの効率化（省エネ）を進める上で非常に重要な役割を持つ。

本稿ではデジタル制御電源の現状、太陽光発電用パワーコンディショナの機能、要素技術について説明し、開発状況、そして今後の取り組みについて述べる。

デジタル制御電源の現状

現状アナログコントローラを使った電源が主に使われている。しかし、近年マイコン、DSP*1)等を使ったデジタル制御電源の研究開発が行われている。デジタル制御電源では電圧制御、電流制御、リモート通信コントロールでシステム全体をマイコン、DSPにて管理する。これらの管理された情報により状況に応じた制御を行うことでシステム全体の効率化を図ることができる。

OISはOPTと共同で世の中に先駆けて2004年よりTEXAS INSTRUMENTS製のDSPを使用したデジタル制御電源評価ボードとしてDCDCコンバータ電源を製品化した。写真1にDCDCコンバータ電源の外観を示す。デジタル制御電源を試行したいお客様に提供し、好評を頂いている。

2007年には通信基地局向けのDCACインバータ電源の製品化を行った。写真2にDCACインバータ電源の外観を示す。これは負荷適応制御により軽負荷から高負荷まで

*1) DSPは、Digital Signal Processorの略称です。 *2) PVは、Photovoltaicの略称です。



写真1 DCDCコンバータ電源



写真2 DCACインバータ電源

高い変換効率を維持している。負荷適応制御の詳細については以降の項にて説明する。

2008年よりグリーンエネルギー向けの製品としてOPTと共同で太陽光発電用パワーコンディショナの開発に取り組んでいる。

これら製品のハードウェア開発は電源の開発実績を豊富に持つOPTが担当し、ソフトウェア開発はデジタル制御の経験を豊富に持つOISが担当している。

太陽光発電用パワーコンディショナ

太陽光発電用パワーコンディショナ（以下PV*2)パワコンという）は放射照度や温度に依存した電力が出力される太陽電池モジュール（以下PVモジュールという）からの直流電力を交流電力に変換する機能を持つ。通常のDCACインバータ電源では負荷で必要な電力を出力するように制御するが、PVパワコンではPVモジュールからの

供給電力を効率的に出力するように制御する必要がある。

PVパワコンの構成として系統連系システムと自立運転システムがある。系統連系システムとはPVパワコンの出力を商用ACの系統に接続する構成を持ち、消費されなかった余剰電力を系統に供給し、電力会社に買い取ってもらうことも可能である。一方、系統に接続しない構成を自立運転システムといい、停電時にも動作させることができる特徴を持つ。今回は系統連系システムと自立運転システムのハイブリッドシステムの開発を行っている。図1にハイブリッドシステムの構成を示す。

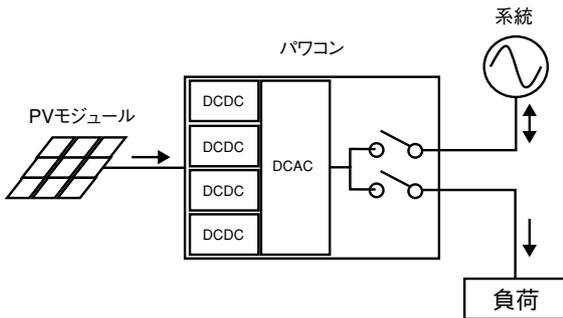


図1 ハイブリッドシステムの構成

PVパワコン制御の要素技術

PVパワコンを制御するうえで主に「最大電力追従制御」「系統連系制御」「系統連系保護機能」が必要となる。以下に各要素技術を説明する。

① 最大電力追従制御

PVモジュールの出力電力/電圧特性を図2に示す。PVモジュールは一定の環境条件下において最大の電力量を出力することができる最適動作点を持ち、この最適動作点は放射照度や温度により変動する。このPVモジュール

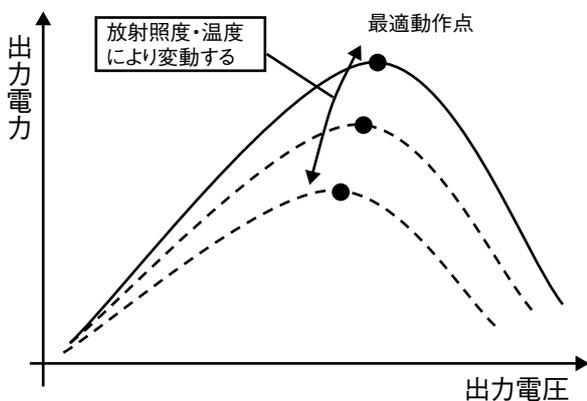


図2 PVモジュールの出力電力/電圧特性

*3)MPPTは、Maximum Power Point Trackingの略称です。

からPVパワコンへの電力を常に最適動作点にて制御することを最大電力追従制御（MPPT*3）という。

PVシステムではDCDCコンバータ部、DCACインバータ部の電力変換効率だけではなく、システム全体の発電効率が重要となるため、この最大電力追従制御が非常に重要な役割を持つ。

② 系統連系制御

通常DCACインバータ電源では出力電圧が交流となるように制御するが、系統連系したPVパワコンでは出力電圧と系統電圧の位相・振幅を一致させる制御と併せて、PVモジュールからの入力電力を系統へ効率的に供給する制御が必要となる。このときインバータ出力部のリアクタによる電圧降下および位相遅延を考慮して制御しなければならない。

③ 系統連系保護

系統連系する装置は、電圧・電流・周波数などに異常が発生した時に速やかに停止し、系統側を保護することが「電気設備の技術基準の解釈」¹⁾にて義務付けられており、PVパワコンでも系統を保護する機能を持たなければならない。整定値、整定時間といった規定は各電力会社で異なっており、系統連系する前に電力会社との協議が必須となっている。

上記にて述べた電圧・電流・周波数による保護機能だけではなく、PVパワコンでは単独運転検知機能が必要となる。単独運転とは停電などにて系統電圧が停止しているにも関わらずPVパワコンから電力を出力する状態を示し、系統保守点検者の安全を確保するために系統連系する装置は単独運転を検知する機能が必要となっている。

開発中のPVパワコンの特徴

開発中のPVパワコンでは前項にて説明したPVパワコン制御の基本機能を向上させると共に、次に示す3つの特徴を持たせている。

- 絶縁方式を採用
- 発電効率の向上
- ネットワーク対応

① 絶縁方式を採用

通常、系統連系する装置は漏洩電流（地絡電流）を漏電遮断機などにて保護するが、非絶縁のPVシステムではPVモジュールと系統が絶縁されていないためPVモ

ジュールに直流成分の重畳した漏洩電流が発生する可能性がある。このため地絡検知機能および系統との接合部を交流トランスにて絶縁する必要がある。

絶縁方式には、交流トランスが必要となり、体積が大きくなる欠点がある。開発中のPVパワコンでは複数の小型トランスを制御することにより非絶縁方式と同等の体積を実現している。これは従来の絶縁型PVパワコンの2/3以下の体積である。

② 発電効率の向上

通常、電源の電力変換効率は定格電力出力時の値を示しており、低電力出力時の電力変換効率は定格電力出力時より低下する。開発中のPVパワコンでは複数のDCDCコンバータ回路を搭載し、電力出力条件に応じて動作するDCDCコンバータ回路の数を変更することで、低電力から高電力まであらゆる電力出力条件に対して高い電力変換効率を維持している。負荷適応制御の概念を図3に示す。

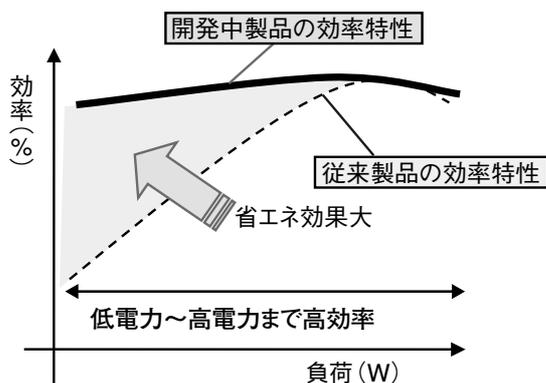


図3 負荷適応制御の概念

開発中のPVパワコンでは筐体の構造からも発電効率の向上を図っている。PVパワコンでは内部温度が上昇するとデバイスの破壊・劣化を防ぐため出力量を制限する機能が働く。放射照度の高い時間帯には高い電力を発電できるのだが、周囲温度の上昇に伴い内部温度が上昇してしまうことで、PVパワコンからの出力電力を抑える機能が働き、結果として発電効率が低下してしまう。そこで今回は事前に写真3に示す熱解析シミュレーションを使って温度上昇を最小限にする構造となるように筐体設計をしている。これにより最大電力量にて供給可能な時間を拡大し、発電効率を向上している。

③ ネットワーク対応

PVシステムは人の居ないところに設置されることがあ

*4) Ethernetは、米国XEROX社の登録商標です。

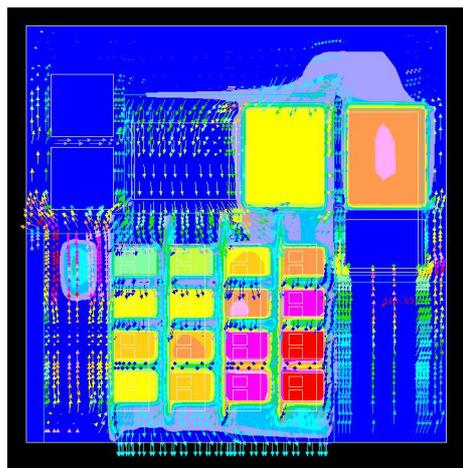


写真3 熱解析シミュレーション

り、このようなPVシステムの保守を効率的に行うためにはインターネットへの接続が必要となる。そのため従来のPVパワコンでは、インターネット接続可能なPCなどを別途用意することが一般的である。

しかし開発中のPVパワコンではEthernet*4)を搭載することで、単体でのインターネット接続が可能となっている。また複数のEthernetを搭載しているため、PVパワコン同士の接続が可能となり、容易に並列同期運転が実現できる。

また、PVパワコンがお互い情報を交換し、協調しあうことで発電効率をさらに向上することが可能となる。図4にネットワーク構成を示す。

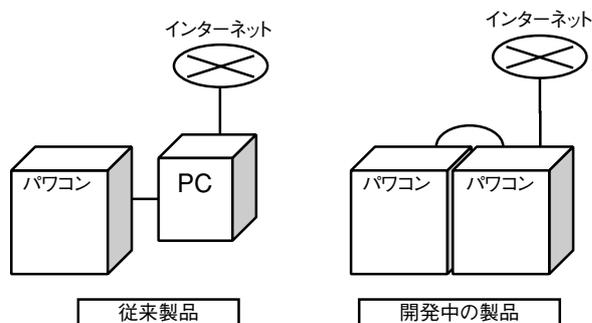


図4 ネットワーク構成

今後の展開について

デジタル制御電源は既存のアナログ制御電源に対してシステム全体のインテリジェント化が求められる市場でよりメリットを発揮できると考え、DCACインバータ電源やPVパワコンの開発に取り組んできた。今回PVパワ

コンにて参入するグリーンエネルギー市場は今後も成長が期待できるため、さらにパワーコンのシリーズを拡大していく予定である。図5に開発ロードマップを示す。

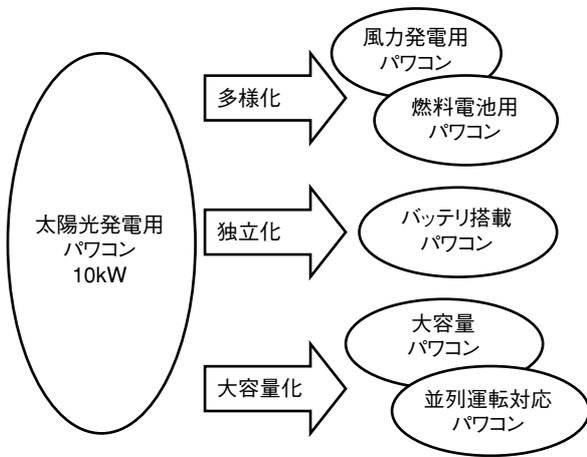


図5 開発ロードマップ

今回商用向けに10kWのパワーコンディショナを開発したが、これを数十kWといったさらなる大容量化、また太陽光発電だけではなく他のグリーンエネルギーとして期待されている風力発電や燃料電池をつかった発電への応用も考えられる。さらに災害時に安定した電力を供給するため、図6に示すPVモジュール側にバッテリーを搭載した完全独立型システムへの応用も考えられる。

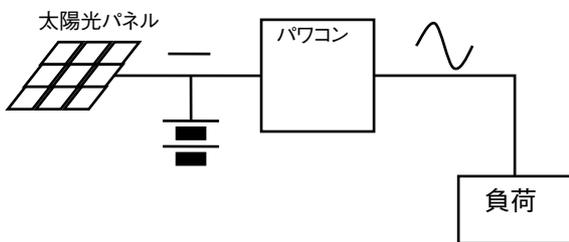


図6 完全独立型システム

また現在OPTが注力し開発しているアモルファス圧粉コアとデジタル制御を組み合わせることで、さらなる効率の向上が望めると考えている。これをPVパワコンだけではなくDCDCコンバータ電源、DCACインバータ電源などあらゆる電源に応用し、環境問題に積極的に取り組んでいきたい。◆◆

参考文献

1) 経済産業省原子力安全保安院（編集）：「解説 電気設備の技術基準」第13版，文一総合出版，2008年4月発行

筆者紹介

龍 忠：Tadashi Ryu. 株式会社沖情報システムズ EM開発第三部 開発第二チーム