

並列運転可能な電源モジュール

梅津 浩二

OKIパワーテック（以下OPTという）は、スイッチング電源のカスタム専門メーカーとして、顧客の要求仕様に合わせた電源開発を行っている。スイッチング電源の日系企業の市場規模は2,889億円（2008年）であり、その内、カスタム電源が1,993億円（69%）を占めている¹⁾。

カスタム電源は顧客からの要求仕様がさまざまであり、開発案件ごとにその都度、新規に回路設計から行う設計スタイルをとっている。特に出力数の多い高機能な電源開発には、多大な開発期間と費用がかかり、年間30機種以上のカスタム電源開発を行っているOPTとしては、効率の良い開発が求められている。

カスタム電源の設計効率UPのためには、標準電源モジュールを開発、品揃えし、それらを組み合わせるビルディングブロック方式が有効な手段である（図1）。しかし、さまざまな出力仕様に対応するためには、標準電源モジュールの種別を数多く品揃えしなければならない。設計効率をUPし、標準電源モジュールの品揃えを最小に抑えるためには、電源モジュールを並列接続し出力容量のUPを図る手法が有効である。

本稿では並列運転可能な電源モジュールを紹介する。

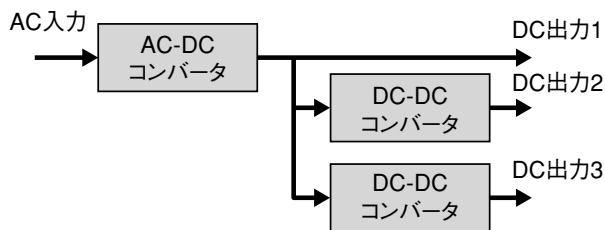


図1 ビルディングブロック電源構成例

並列運転をする上での問題点

複数の電源モジュールを並列接続する際、出力電圧を精度良く合わせないと、各電源より供給する電流にアンバランスが生じて出力電圧の高い電源から一番多く電流供給されることになり、各電源モジュールの信頼性にバラツキが出てしまう。

過電流でラッチ遮断する電源モジュールであれば、電圧設定の高い順番に電源モジュールが停止してしまい、最終的にはすべての電源モジュールが停止してしまう。また、過電流で出力垂下し自動復旧する電源モジュールでも常に過負荷状態で動作する状況も想定される。

起動においても、各電源モジュールの起動時間にバラツキがあると正常に立上げることができない。

さらに、電源モジュールの1台がアラームで動作停止していても、全体の負荷が軽ければ正常と見なされ、アラームが検出できない。

並列運転の実現手段と事例

以下に、上記の問題を解決し、OPT製AC-DCコンバータで並列運転を実現した事例を紹介する。

この電源モジュールを並列運転することで容易に出力電流UPへの対応が可能となる。

<AC-DCコンバータの電源モジュール概略仕様>

- 入力電圧 AC85~264V
- 出力電圧 DC24V
- 出力電流 定格10A（ピーク20A）
- 力率改善回路（PFC：Power Factor Correction）付き
- リモートON/OFF制御可

(1) 各電源モジュールの出力電流バランスの確保

出力電流の情報をお互いに共有してバランスを確保するためには、各電源モジュールの出力電流を検出し、出力電流を均等にするようなフィードバック回路を設ける。また、各電源のモジュール間を電流バランスの信号（CB）バスで接続する。

(2) 起動タイミングの一致制御

PFC起動時の突入電流を軽減するため、ON信号のタイミングをずらし1つずつ順番にPFCを起動する。PFCが全て正常に立ち上がったことを検出し、次にDC-DCコンバータに同時にON信号を入力し、一斉にDC-DCコン

バータを起動することで、正常に出力電圧が立ち上がるようにする。

(3) 各電源モジュールのアラーム検出と処理

1つの電源モジュールが出力過電圧や出力過電流の保護機能が働き出力停止した場合、アラーム信号(ALM)を送出することで、どの電源モジュールが停止しているか識別可能となる。また、その信号を受けて、全ての電源モジュールを停止させることも可能となる。

並列運転の構成事例を図2に示す。

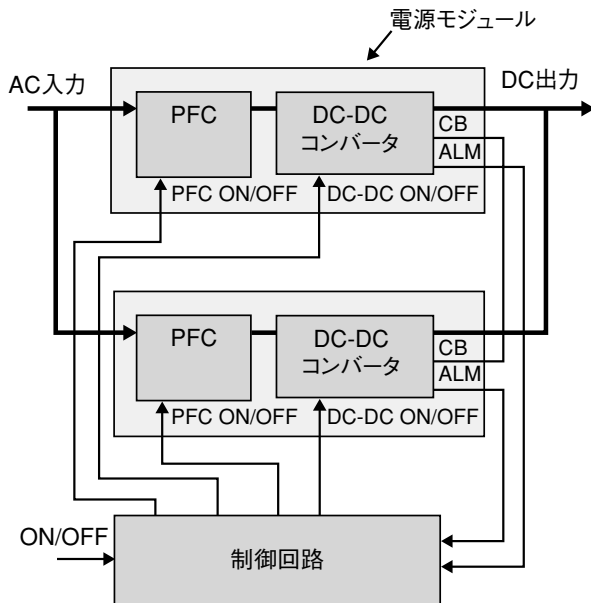


図2 並列運転の構成例

図2は2つの電源モジュールの並列接続によって、出力電流を2倍の定格20A(ピーク40A)にUPした例である。

同様の方法でN個の電源モジュールを並列接続すれば、N倍の出力電流に容量UPが可能となる。現在OPTでは、4つの電源モジュールを並列接続して、定格40A(ピーク80A)の製品化の実績がある。

また、各電源モジュールの出力にダイオードを追加して合成することで、電流バランスを確保した冗長運転も可能で、各電源モジュールの発熱の均一化により信頼性も向上する。

(4) 負荷電流に合わせた最適制御

上位側からの指令で負荷電流に合わせて、必要な数の電源モジュールのみを動作、または交互動作させる等の制御方式をとることで、高範囲な負荷領域での効率UPが実現でき、省エネルギーに貢献できる。

効果の検証

(1) 電流バランス

3つの電源モジュールを並列接続して電流バランスの効果を検証した。出力電圧24V、定格出力電流30A(ピーク60A) 定格負荷の50%~200%の領域において±3%程度の範囲で3つの電源モジュールの電流バランスが確保できている(図3)。

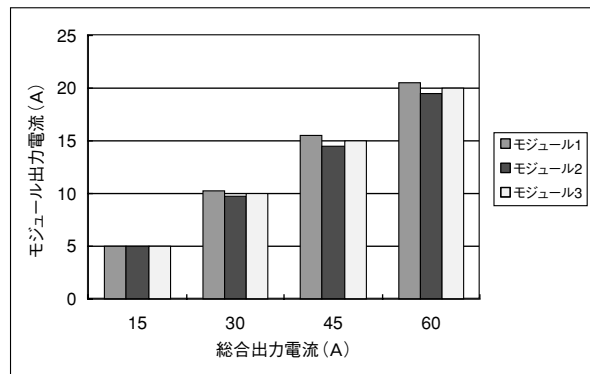


図3 並列運転時の電流

(2) 出力立ち上がり

4つの電源モジュールを並列接続した出力立ち上がりの効果を検証した。入力AC100V、出力24V40A、75,000μF容量負荷接続した構成において、段付きやリングングの発生がない、スムーズな出力立ち上がりが確保できた(図4)。

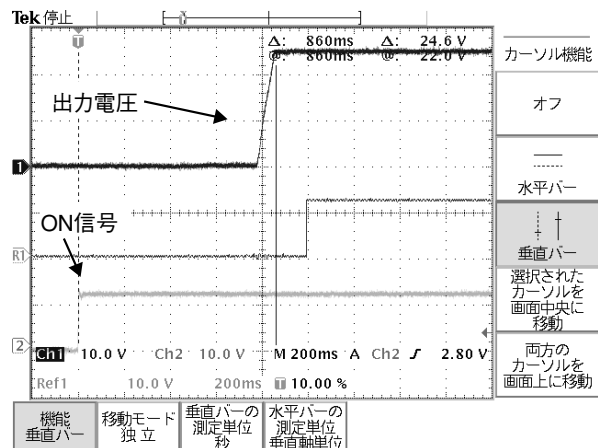


図4 出力立ち上がり波形

デジタル制御による並列運転

前章までは、アナログ制御による並列運転の実現事例

と効果の検証を述べたが、OPTではデジタル制御の電源開発にも取り組んでいる。

DSPを用いたデジタル制御は、1つのDSPをソフトウェアにより最適化することで、複数のDC-DCコンバータの電圧・電流情報を検出しながらかみ細かなスイッチング制御ができ、高効率を始めとした性能向上が実現できる。従来のアナログ制御で各DC-DCコンバータにそれぞれ搭載されているスイッチング制御部をDSP1つに置換え集約でき、また、アラーム系を含めたシーケンス制御も、DSPで処理することで回路の簡素化が図れる。したがって、高機能な電源を並列運転する場合、デジタル制御は非常に有効な手段である。

以下に、デジタル制御による並列運転を用いた製品開発事例を2つ紹介する。

(1) DC-ACインバータ

OPTでは、2007年に通信基地局向けDC-ACインバータを製品化している。そのDC-DCコンバータ部において、スイッチング制御も含めてDSPを用いたデジタル制御方式を採用した。DC-DCコンバータは4つに分割し並列運転をしており、出力負荷に応じて動作する数を最適化することで、高範囲な負荷領域で高い電力変換効率を実現、省エネルギーに貢献している(図5)。

<概略仕様>

- 定格入力電圧 DC-48V
- 定格出力容量 1KVA
- 定格出力電圧 AC100V

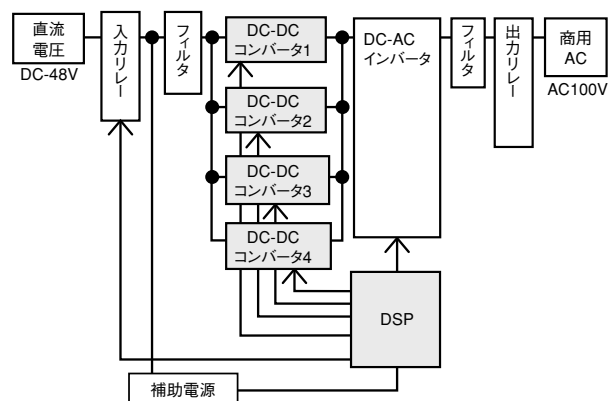


図5 DC-ACインバータブロック図

図6は、出力負荷状態(軽負荷から定格)に応じて動作するDC-DCコンバータ数を切り替えている様子を示す。

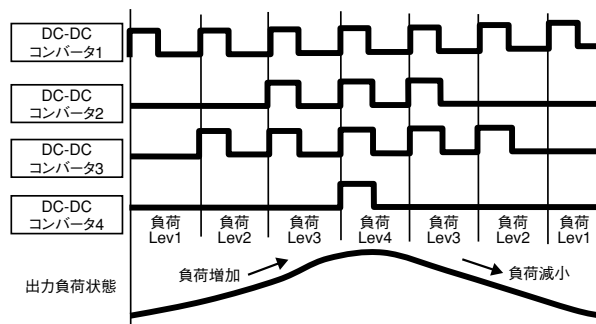


図6 出力負荷に応じた制御

負荷が一番軽い時はDC-DCコンバータ1のみ動作させ、定格負荷では4つ全部動作させている。

また、負荷レベルの切替タイミングで電圧変動が発生しないように考慮して制御している。

(2) パワーコンディショナ

太陽光発電に使用するパワーコンディショナにおいて、複数のDC-DCコンバータを並列運転する構成としている。電力出力条件に応じて動作するDC-DCコンバータの数を最適化することで、DC-ACインバータと同様に低電力から高電力までの高範囲な負荷領域で高い電力変換効率を維持している²⁾。

図7に並列運転の最適制御により改善された効率特性を示す。

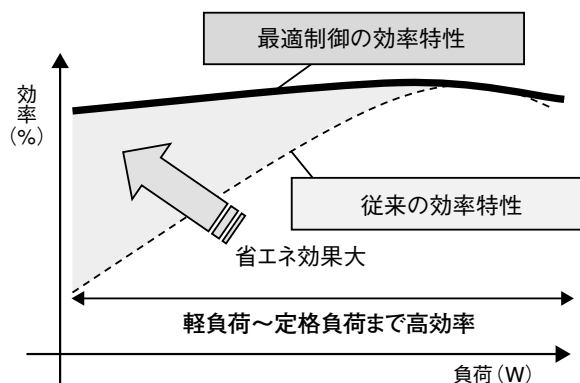


図7 最適制御の効率特性

今後の展開について

並列運転可能な電源モジュール(AC-DCコンバータ)を用いて、今まで10機種程度の開発を行っているが、電源モジュールを使用しない場合に対し、開発期間は1/2程度に短縮できており、電源設計の効率UPが図られた。

しかし、出力電流UPには電源モジュールを並列接続することで対応可能であるものの、サイズ・価格面での制約条件より並列接続では対応できず、新規にAC-DCコンバータを開発するケースも多い。電源モジュールの並列接続による開発を進めていく上で、電源モジュールの小型化・低価格化は重要な要素となっている。また、環境問題を背景とし省エネルギーへの要求は年々高まり、電源の変換効率UPも重要なテーマである。今後は、小型・高効率・低価格を目標に特徴のある電源モジュールの開発を進め、製品として広く展開できるようにし、更なるカスタム電源の設計効率UPへ結び付けていきたい。

また、今後は、パワー回路ブロック（PFC、絶縁DC-DCコンバータ、非絶縁DC-DCコンバータ）のモジュール化を行い、DSPを用いたデジタル制御によりそれらを一括コントロールする高付加価値電源の開発にも取り組んでいきたい（図8）。◆◆

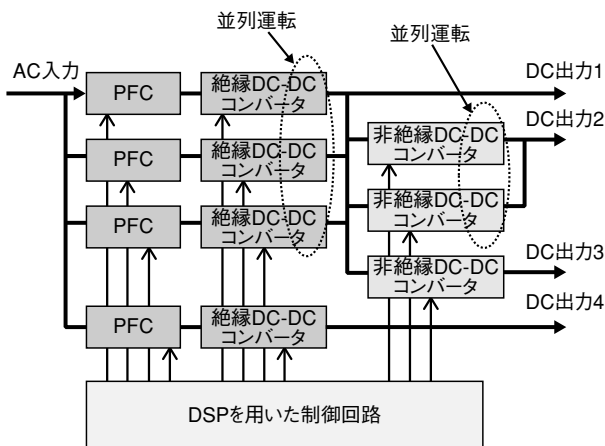


図8 今後の電源構成例

参考文献

- 1) 株式会社EMJ（電子マーケティング情報）：スイッチング電源／直流安定化電源 調査報告書 2010年度版，2009年12月1日
- 2) 龍 忠：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，沖テクニカルレビュー214号，Vol.76 No1，pp.40-43，2009年4月

筆者紹介

梅津浩二：Koji Umetsu. 沖パワーテック株式会社 技術一部