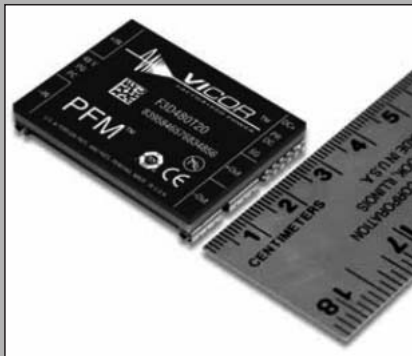


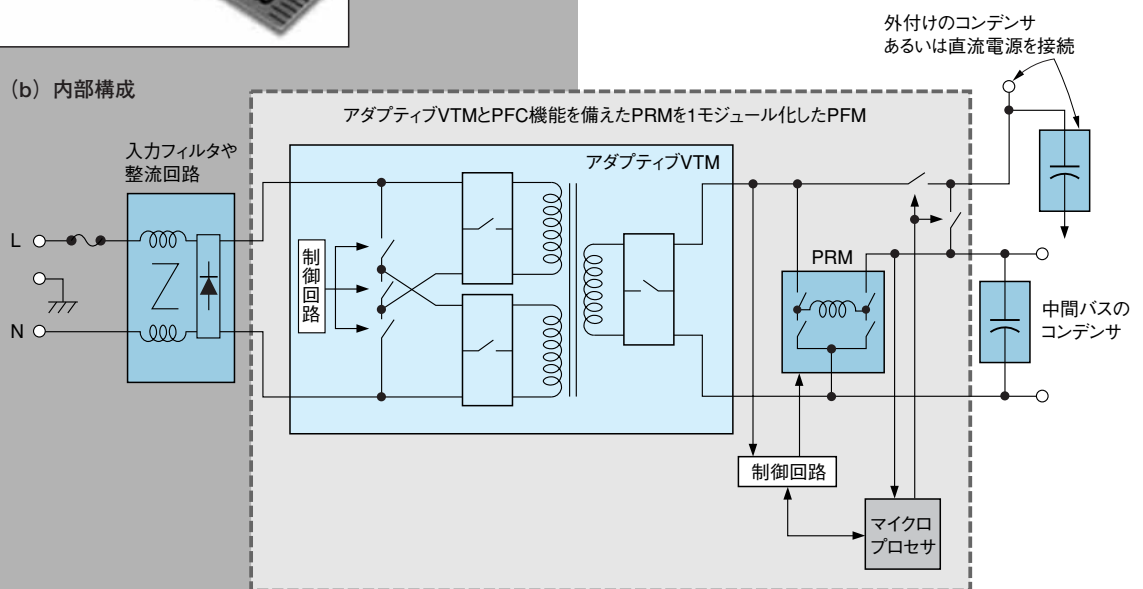
# 2.3W/cm<sup>3</sup>のAC-DCコンバータ 電源システムの一新で実現

**Andrew Hilbert**  
米Vicor Corp., Product Marketing, Sr. Director

(a) モジュールの外観



(b) 内部構成



外形寸法は43mm×32mm×6mm

電源アーキテクチャ「Factorized Power Architecture (FPA)」を適用した、AC-DCコンバータに使う電圧変換モジュール「Power Factor Module (PFM)」。外形寸法は43mm×32mm×6mmと小さい(a)。(b)はPFMの内部構成である。入力フィルタや整流回路の後段から、中間バスのコンデンサの手前までの回路構成を1モジュールにまとめている。

米Vicor Corp.は、電力密度を従来の $0.6\text{W}/\text{cm}^3$ から $2.3\text{W}/\text{cm}^3$ に大幅に高めたAC-DCコンバータを開発した。同社がDC-DCコンバータに適用してきた電源アーキテクチャ「Factorized Power Architecture (FPA)」をAC-DCコンバータにも適用することで高い電力密度を達成した。電力変換効率は82%と高い。コンセントによる電力入力から早い段階で電圧の降圧と絶縁を行うことで、効率的に電力変換する。スイッチング周波数は最大4MHzと高いことからトランスやコンデンサ、インダクタといった構成部品に小型品を使える。このため、今回のAC-DCコンバータの心臓部に当たる電力変換回路を $43\text{mm} \times 32\text{mm} \times 6\text{mm}$ の1パッケージに収められた。本稿では、FPAを使うAC-DCコンバータの構成や応用例について、同社が解説する。

(大久保 聡=本誌)

交流電源のコンセントから中間バス給電を経て負荷点までの電源システム全体の電力変換トータルの効率が82%、電力密度が $2.3\text{W}/\text{cm}^3$ に達するAC-DCコンバータを開発した(図1)。我々が提唱する電源回路の小型化と高効率化が可能な給電アーキテクチャ「Factorized Power Architecture (FPA)」をAC-DCコンバータに採用した結果であり、従来の同種のコンバータに比べて発熱は大きく減少し、電源システムの電力密度を大幅に高めることができた。より低い電圧、大きな電流、さらには高速な応答を必要とする現代の電子システムの要求を満たすことができる。

電源システムのアーキテクチャは、電源システムの電力変換効率や電力密度、応答速度、部材コストを大きく左右する。電力変換システムは、電力の蓄積や絶縁、電圧変換、電圧や電流の安定化といった基本機能から成る。従来のAC-DCコンバータでは、これらの基本機能が電力変換効率や電力密度を両立して最大化できる構成にはなっていない。このため、大きく、重く、そして非効率なものとなっていた。例えば、負荷の近傍に設ける非絶縁型コンバータは、効率的な配電と効率的な電力変換を両立することが難しい。給電アーキテクチ

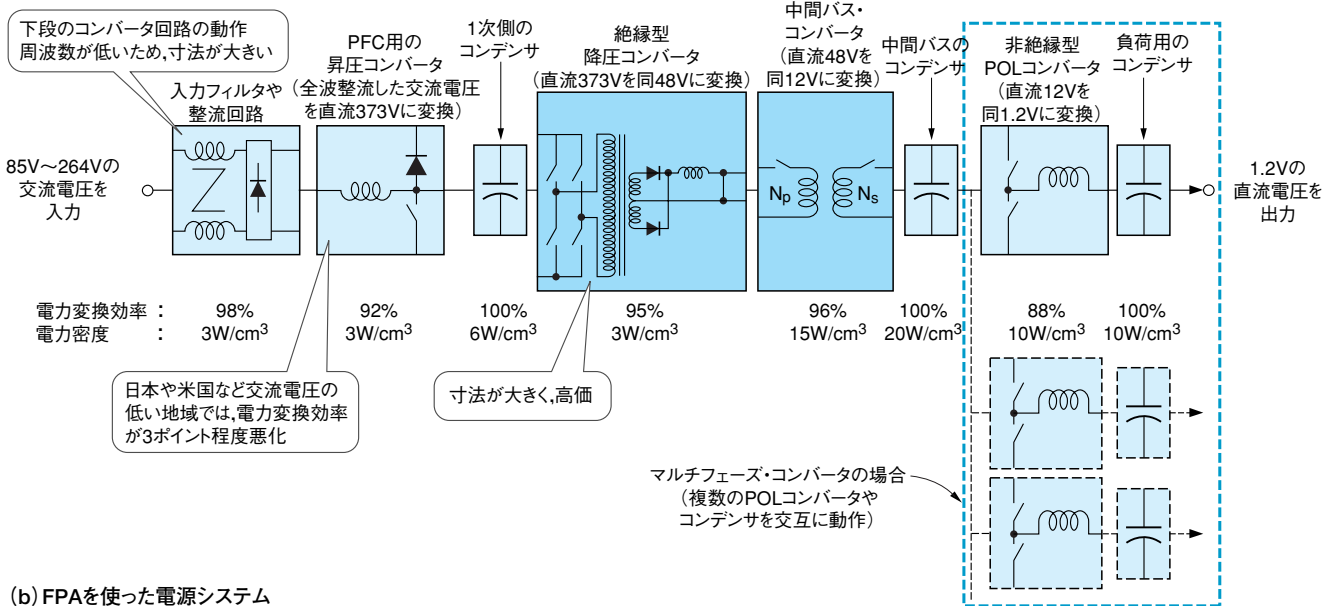
ャ全体や電力を処理する「エンジン」をいずれも改革する必要がある。給電アーキテクチャとしてFPAをAC-DCコンバータに採用すれば、交流電源のコンセントから負荷までの間に存在する非効率な部分を改善できる。

FPAを構成する回路ブロックは、小型で高密度、表面実装型のチップ型電源「V・I Chip」を使う<sup>1)</sup>。我々は2004年に、V・I Chipを発表している。具体的には、ゼロ電圧スイッチング(ZVS: zero-voltage switching)によって電力損失を抑えながら昇降圧の定電圧制御の機能を担う「PRM (pre-regulator module)」と、絶縁と電圧変換の機能を担う「VTM (voltage transformation module)」である。VTMは、負荷近傍で使うもので、ZVSとゼロ電流スイッチング(ZCS: zero-current switching)を同時に実行する「SAC (sine amplitude converter)」である。今回は、AC-DCコンバータの中核部品としてFPAを採用したV・I ChipのAC-DCコンバータ版「PFM (power factor module)」を開発した<sup>注1)</sup>。PFMは電圧変換モジュールであり、世界中の交流電圧に対応しながら、電力変換効率と電力密度をいずれも高められる。

本稿は、まずは交流電源のコンセントか

注1) PFMに使用する部品を、PRMやVTMで使用する部品と比べると、電力素子(MOSFET)の耐圧などが異なる。詳細については現時点では公表していない。

(a) 一般的な電源システム



(b) FPAを使った電源システム

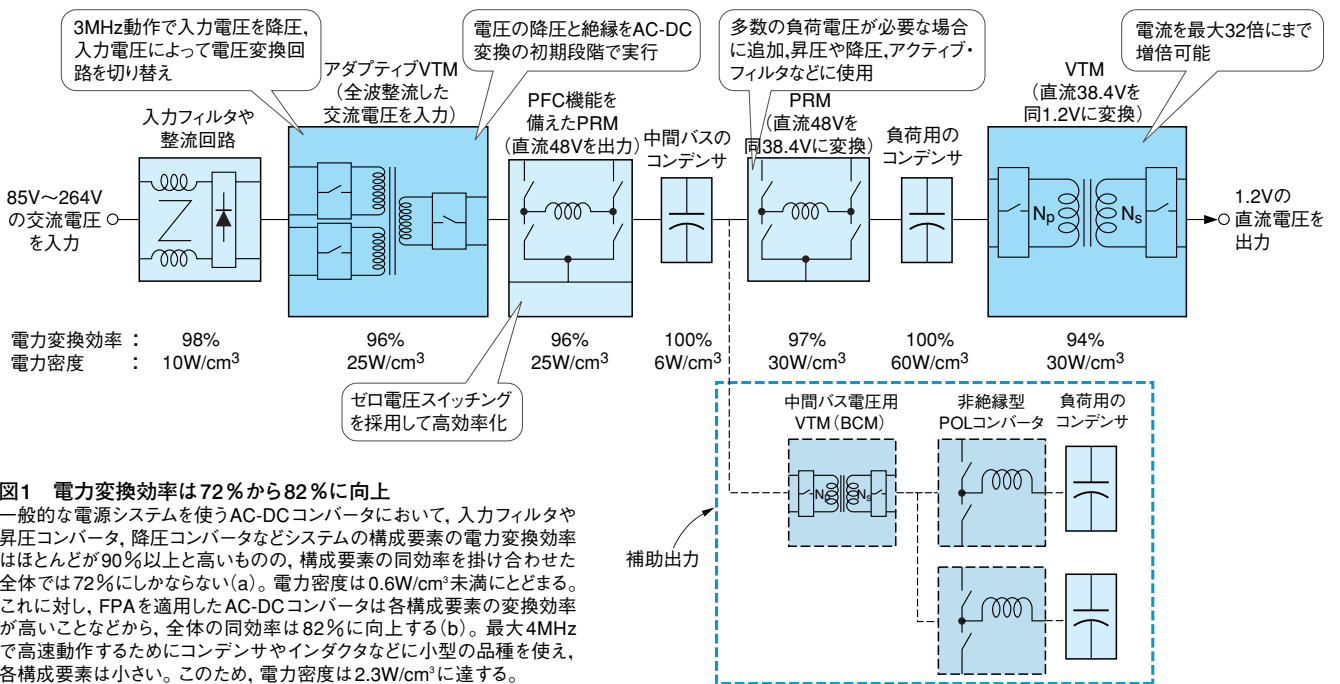


図1 電力変換効率は72%から82%に向上  
一般的な電源システムを使うAC-DCコンバータにおいて、入力フィルタや昇圧コンバータ、降圧コンバータなどシステムの構成要素の電力変換効率はほとんどが90%以上と高いものの、構成要素の同効率を掛け合わせた全体では72%にしかならない(a)。電力密度は0.6W/cm<sup>3</sup>未満にとどまる。これに対し、FPAを適用したAC-DCコンバータは各構成要素の変換効率が高いことなどから、全体の同効率は82%に向上する(b)。最大4MHzで高速動作するためにコンデンサやインダクタなどに小型の品種を使い、各構成要素は小さい。このため、電力密度は2.3W/cm<sup>3</sup>に達する。

ら負荷に至る従来の電源システムの構成要素を説明し、従来のシステムでは電力変換効率と電力密度に限界があることを示す。次に、FPAを採用してパフォーマンスを高めた今回の電源システムを説明し、従来のシステムと比較する。続いて、FPAを採

用したAC-DCコンバータの主要な回路ブロックのPFMについて、PFMの構成要素である2つの機能「アダプティブVTM」と「PRM (post regulator module)」を詳細に説明する。最後に、PFMを使ったAC-DCコンバータや、従来に比べて電力密度を10

倍に高めたACアダプタの実現方法を紹介する。

## 電力密度は0.6W/cm<sup>3</sup>

電源システム全体の電力変換効率と電力密度は、電子機器の小型化や低消費電力化の障壁になることが多いにもかかわらず、従来の電源システムは電力変換効率が通常72%よりも小さく、電力密度も0.6W/cm<sup>3</sup>未満にすぎない。これまでの電源システムの機能ブロックについて、負荷からスタートしてコンセントに戻る順番で考察し、課題を確認する(図1(a))。

まず、従来の電源システムは、負荷の近傍に大容量のコンデンサを設けている。このコンデンサは大量の電力を蓄積するものであるが、容量を大きくすると実装面積が大きくなる。また、寿命は有限で、部材コストも高い。さらに、負荷に供給する電圧が一般的に+1V程度まで低くなる状況では非効率である。負荷から離れた位置で、より高い電圧の下で電力を蓄積する方が、電力変換効率や電力密度を高められる。

大容量のコンデンサの前段に設けるのが、非絶縁型のPOLコンバータ(niPOL: non-isolated point of load)<sup>†</sup>である。このコンバータで1次側の電圧を降圧して低い出力電圧を負荷のある2次側に供給する場合、ハイサイドのスイッチ素子の導通期間は短くなる一方で、ローサイドのスイッチ素子は出力電圧の何倍もの電圧にさらされている<sup>注2)</sup>。電圧の降圧は、インダクタによって入力電圧を平均化して降圧することで実行しているが、インダクタを使うために帯域幅と過渡応答は制限を受ける。小さなインダクタンスの部品を使い帯域幅を改善させる手法としては、複数の降圧コ

ンバータを用いて交互に動作させるマルチフェーズ・コンバータがある。ただし、この方法は回路構成が複雑になり、電源システムのコストが上がる。

非絶縁型のPOLコンバータが抱える課題を要約すると、次の3点となる。第1に、降圧コンバータが使うインダクタによって入力電圧を平均化して降圧してしまうと、狭いデューティ・サイクルと高いピーク電圧のために、効率よくスイッチングすることができない。第2に、負荷への応答がインダクタのインピーダンス成分によって制限を受ける。第3に、応答速度は降圧コンバータをマルチフェーズ化することで高めることができるが、電源システムが複雑になってしまい、コストも増大してしまう。結果的に、降圧コンバータは、低電圧で大電流、そして高速応答を必要とするマイクロプロセッサへの電力供給を考えると、数々の困難を克服していかなばならなくなる。

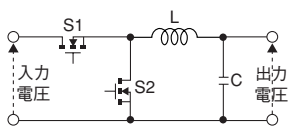
## 中間バスにも問題あり

非絶縁型のPOLコンバータの前段に配置する中間バスのコンデンサにも課題がある。低い入力電圧から動作する降圧レギュレータは、ソース・インピーダンスを低くし、かつ安定性を備えるために入力側に大容量のコンデンサが必要になる。残念ながら、この大容量コンデンサのキャパシタンスは、直列に挿入されたインダクタのインピーダンスのため、負荷用のバイパス・コンデンサとしての用途には使えない。

中間バス・コンバータは、電圧に対する矛盾する要求に直面する。つまり、非絶縁型のPOLコンバータに供給する中間バス電圧は、POLコンバータが妥当なデューティ・サイクルで動作するために十分に低くする

†非絶縁型のPOLコンバータ=負荷近傍に配置し、負荷が要求する電源電圧を生成するDC-DCコンバータのうち、トランスなどを内蔵しない低価格で小型の品種のこと。

注2) 通常非絶縁型降圧レギュレータは、下図のように2つのスイッチング素子で構成する。図中上側(S1)のハイサイド・スイッチは、入力電圧をパルス状にして出力LCフィルタに送り出す。図中中央(S2)のローサイド・スイッチは、ハイサイド・スイッチがオフの間に、出力インダクタに蓄えられたエネルギーを出力へ放電する役割を担う。ハイサイド・スイッチのデューティ比は「出力電圧÷入力電圧」に比例する。入力電圧が出力電圧に比べて非常に高いと、ハイサイド・スイッチがオンになる期間は非常に短くなる。オン時間が短くなると、一般的にスイッチの伝送効率が悪化する。また、ハイサイド・スイッチがオンの間は、入力電圧がローサイド・スイッチの両端に印加されるので、ローサイド・スイッチには入力電圧に応じた高い耐圧の素子が必要になる。すなわち、入力電圧が高くなると、ローサイド・スイッチにはオン抵抗の高い部品を使用することになり、損失が増える。



必要がある。その一方で、扱いやすい給電電流で効率的に配電するには、逆に中間バス電圧を十分に高くしなければならない。負荷が低電圧かつ大電流で駆動する傾向にあるので、この矛盾はさらに大きくなり、性能を抑えることになる。

中間バス・コンバータの前段に設ける絶縁型降圧コンバータは、電圧の降圧と安全な絶縁を実現するために形状は大きく、そして高価である。動作周波数も制限される。FETに高耐圧が要求され、オン抵抗が低いFETを使えないからである。このため、動作周波数を高めるとスイッチング時の電力損失が大きくなる。動作周波数を高める手法で絶縁型降圧コンバータの構成部品を小型化するのは難しく、電力密度は一般的に3W/cm<sup>3</sup>付近にとどまる。

1次側で電力の蓄積と停電保持に使うコンデンサは、耐圧400V以上が要求され、安全規格上の沿面距離確保など実装面で安全に対する十分なマージンを確保することが必要となる。このため、電源システムの外観構造の自由度は低下してしまう。さらに、1次側のコンデンサに加わる電圧は、コンセントから絶縁せずに電圧が入力するため、安全超低電圧 (SELV: safety extra low voltage) ではない。

力率改善制御 (PFC: power factor correction) を実行する昇圧コンバータでも、電力損失が発生する。とりわけ日本や米国のように交流電圧が低い国々では、交流電圧が高い国々に比べてPFC用の昇圧コンバータの電力変換効率は3ポイントも落ちてしまう。昇圧コンバータの動作周波数は、高耐圧FETの出力容量や整流ダイオードの逆方向回復時間、さらにはSiCの接合容量といった構成部品の電気特性で制限さ

れ、高めることが難しい。このため構成部品は大きくなり、電力密度は約3 W/cm<sup>3</sup>が限界である。

コンセントから交流電力が最初に入力するフィルタについても形状が大きいという課題がある。下流のコンバータ回路は動作周波数が低く、入力フィルタを大きくしなければならないからだ。入力フィルタにおける電力密度は約3W/cm<sup>3</sup>程度である。下流のコンバータ回路はEMIを発生しやすいハード・スイッチングを使っていることもあり、EMIを抑えるために必要なフィルタの寸法が大きくなる。結果的に、部材コストがかさむ。

## 電源システムを一新

次に、FPAを採用した電源システムを見てみよう<sup>注3)</sup>。ここでは、コンセントから負荷に至る順番で、電源システムを構成する機能ブロックを説明する(図1 (b))。FPAによるAC-DCコンバータ回路は、コンセントからの電力入力から早い段階で電圧の降圧と絶縁を実行することが特徴である。これにより、効率的に電力変換できる。コンバータ回路は最大4MHzと高速動作し、効率的な電圧変換によって電力損失を抑えたことなどから、電力変換効率や電力密度が大幅に向上している。

入力フィルタは、後段の回路ブロックが動作周波数1.5MHz~3MHzでスイッチングするために、トランスやコンデンサ、インダクタといった構成部品に小型品を使い、その結果、電力密度が高くなる。回路ブロックはソフト・スイッチングを採用してEMI発生を抑えており、入力フィルタはさらに小さくできる。結果的に、10W/cm<sup>3</sup>程度にまで引き上げられた。

注3) 今回のFPAを使うAC-DCコンバータに採用するさまざまな要素技術、具体的にはカスケード回路構成、VTM、アダプティブVTM、PRM、SAC、ZVS、そしてFPアダプタはすべて、米Vicor Corp.が知的所有権を保有する登録および審議中の米国特許や諸外国の特許で保護されている。

入力フィルタと整流回路の後段には、動作周波数3MHzで動作するアダプティブVTMを配置する。アダプティブVTMは、電圧変換比(入力電圧と出力電圧の比、Kファクタと表す)に従い、入力整流回路で整流した電圧を降圧する。同時に、交流電圧の大きさ(230Vあるいは115V)によってKを変えられ、異なる交流電圧に適應する。数MHz動作するSACを採用したトランスを使い、電力損失を抑えながら電圧を降圧するとともに安全のための絶縁を実行する。

アダプティブVTMの次段に設けるのが、PFC機能を備えたPRMである。アダプティブVTMで安定化されない電圧を、ZVSを使った昇降圧エンジンによって安定化する。

このPRMは電力損失が少なく、さらに高い周波数で動作していることから、電力密度は $25\text{W}/\text{cm}^3$ と高い。PRMの動作はマイクロプロセッサで制御する。アダプティブVTMの入力にまでさかのぼって入力電流を整形し、力率を改善する。

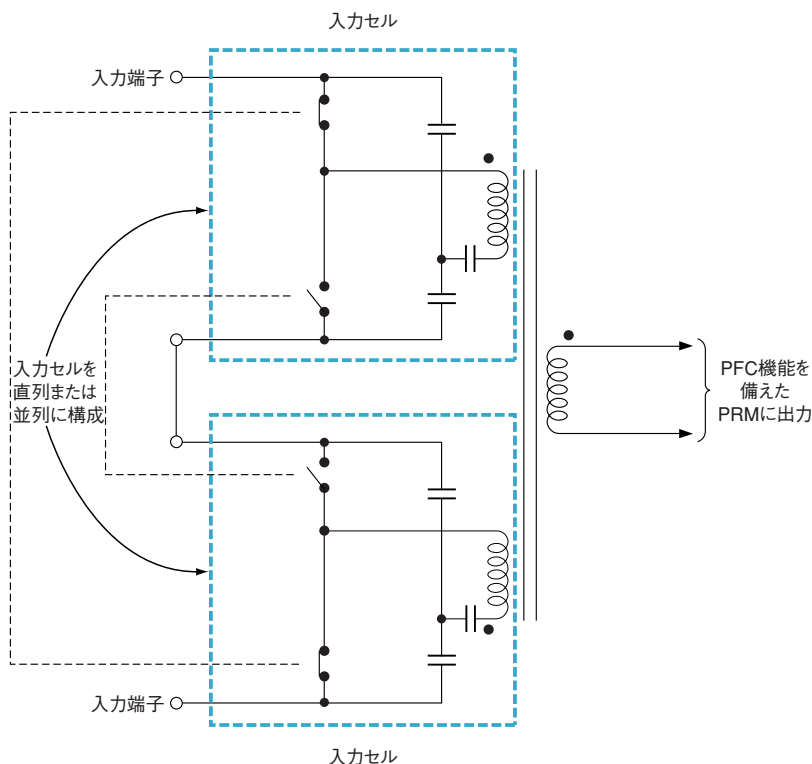
## 中間バスの電力密度も向上

PRMの後段に設置する中間バスのコンデンサには、外観構造の自由度の高さを持ちながら、電力を高密度に蓄積できる。コンデンサに入力する電圧は、例えば48Vといった絶縁された安全な電圧(SELV)であるため、安全面からの実装上の制約はほとんどなくコンデンサを使える。2次電池やスーパー・キャパシタ、あるいはその他の高密度電力蓄積媒体によって、 $6\text{W}/\text{cm}^3$ と高い電力密度も得られる。

多数の負荷回路に給電するような大きな電源システムでは、電源システムの規模を効率よく拡張しやすくするために、Pre-Regulator Moduleを中間バスのコンデンサの後段に設けることも可能である。Pre-Regulator Moduleでは、電圧の昇圧や降圧、もしくは動的なフィルタリングの処理を実行する。その際の電力変換効率は98%と高い。

Pre-Regulator Moduleの次段として、下流のVTMとの間に負荷用のバイパス・コンデンサを配置することができる。このコンデンサは、あくまでも過渡的な負荷変動を補うために電力を蓄えるものである。例えば+1Vと低い負荷電圧に比べ、+48Vといった高い電圧が加わる部分に設置するので、効率的に電力を蓄積できる。

負荷用のコンデンサと負荷の間に設置するのがVTMである。最大32倍にまで負



**図2 SACの内部構成**  
 アダプティブVTM回路で使う「SAC(sine amplitude converter)」の内部構成。2つの入力セルを直列構成にしたカスケード接続した例を示している。入力電圧が180V~264Vと高い場合に、入力セルを直列構成で接続する。同90V~132Vの場合には、入力セルを並列構成で接続する。入力電圧によって入力セルの接続を切り替えることにより、入力電圧ごとに異なる電圧変換比(入力電圧と出力電圧の比)を使って同じ値の出力電圧を得る。

荷へ出力する電流を増倍する。VTMは雑音信号の発生が極めて少なく、さらに絶縁もしている。VTMは大きな直列インダクタンスを持たないため、最大1MHzの動作周波数まで双方向に動作するので、VTMと負荷の間に大容量のコンデンサを設ける必要がない<sup>注4)</sup>。

FPAを使う電源システムでは、補助出力を中間バスから取り出すことも可能だ。この場合、BCM (bus converter module) を介して非絶縁のPOLコンバータが出力する。補助出力からは、電力システム全体のごく一部の電力しか消費しないので、POLコンバータの入力電圧は低く設定できる。このため、扱いやすい配電用Cuパターンを利用しながら、降圧レギュレータのデューティ・サイクルを改善することが可能である。

## アダプティブVTMとPRMがカギ

今回の電源システムの主要機能であるアダプティブVTMとPFC機能付きPRMの詳細を説明する。まずアダプティブVTMは、高周波で高電圧の電力を処理するために最適化したカスケード接続の入力回路を応用したものである(図2)。入力電圧によってカスケード接続を切り替え、世界の多くの国々で使う200Vクラスの交流電圧に対しては、電圧範囲を効果的に半分分割する。交流電圧が100Vもしくは120Vを使用する国々では、交流電圧を分割しない。こうすることで交流電圧が低い地域において、電力変換効率が悪化するといった従来の問題は解消する。

カスケード接続した回路は入力電圧を分割するために、2つの入力セルが直列につながった構造を1次側に設ける。それらのセルが互いに対称的な位相で動作するこ

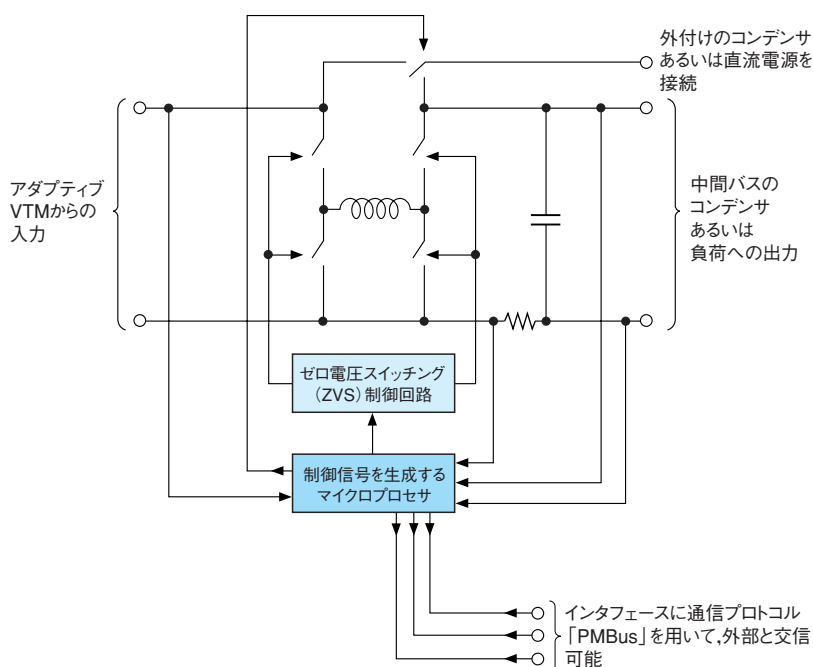


図3 PFC内蔵のPRM

アダプティブVTMの後段に配置し、力率改善制御すると同時に電圧を所望の値に変換する「PRM (post regulator module)」の内部構成。ゼロ電圧スイッチングを採用することで、スイッチング時の電力損失を抑えた。PRMへの入力電圧や出力電圧、出力電流はマイクロプロセッサで常にモニターし、高調波電流が発生しないように電流を整形したり、出力電圧を所定の範囲内に維持するための制御信号を生成したりする。マイクロプロセッサは「PMBus」を通じて外部と交信可能である。

とによってコモン・モード雑音をキャンセルし、フィルタリングの問題を軽減する。アダプティブVTM内のスイッチ素子を切り替えることによって入力セルの接続を直列あるいは並列に切り替え、Kファクタを適切に選択する。

例えば、交流電圧230VのコンセントにAC-DCコンバータを接続した場合には、アダプティブVTMは入力セルが直列につながるように、MOSFETによるスイッチ素子で切り替える。交流電圧110Vでは、今度は入力セルが並列になるようにスイッチ素子を切り替える。

アダプティブVTMが出力してPRMに入力する電圧変化の範囲を1.5対1に狭めている<sup>注5)</sup>。このため、PRMは効果的に電圧を安定化できるようになった。安定化の制

注4) VTMは、入力端子側と出力端子側のいずれから見ても、電気回路としては等価で対称になっている。直列のインダクタも持たない。このため、VTMの入力端子と出力端子への接続を交換する、つまり出力端子に電源電圧を印加して、入力端子に負荷を接続したときに、出力端子側から入力端子側へ電力を変換できる。VTMは、動作周波数1MHzまでは、このような双方向の使い方が可能である。

注5) 世界中の交流電源のコンセントにつないで使えるAC-DCコンバータにおいて、アダプティブVTMはPRMの入力段に印加する電圧変化の範囲を3対1から1.5対1に減らした条件で使う。広い電圧範囲全体が印加された場合に比べると、電圧範囲を減らすことで使用する電力素子(MOSFET)を最適化できる。

注6) PRMの動作モードの中に、入力端子から内部のパワー・インダクタを介して出力端子へ出力電流をスルーに流すモードがある。PRMの入力電圧と出力電圧が近いほど電力変換効率が高くなる理由は、入力と出力が同じ条件ではこの入力端子から出力端子へ、スルーに負荷電流を流す期間を長く取れるためである。この期間中、基本的にスイッチング損失は最小なので、電力変換効率は高くなる。

御には、マイクロプロセサによるデジタル制御アルゴリズムを使う(図3)。

PRMの電力回路は高い電力変換効率で、入力電圧を降圧あるいは昇圧する。従来の昇降圧コンバータ回路与異なり、入力電圧が出力電圧に近いほど電力変換効率は高くなるという特徴を備えていることがか

ら、入力電圧範囲を狭めると入力電圧と出力電圧を近づけられ、高い電力変換効率を得られる<sup>注6)</sup>。さらに、安全で狭い範囲の入力電圧をPRMに入力すると、ZVSの昇降圧エンジンが有効に働く。

## 43mm × 32mm × 6mmに集約

我々は、FPAによるAC-DCコンバータを形成しやすくするため、アダプティブVTMとPFC機能付きPRMをV・I Chipとして1パッケージ化したPFMも開発した。外形寸法はわずか43mm × 32mm × 6mmで、表面実装型である。PFMは、スイッチ素子のネットワークを伴うアダプティブVTMと、PFC制御用のマイクロプロセサを備えたPRMを組み合わせて、1つの回路ブロックに統合して1つのパッケージに収めている。従来の力率改善の回路構成とは対照的に、入力電流の整形と電力の蓄積は絶縁した2次側で実行する。

PFMに収めたアダプティブVTMには、交流電圧を整流した電圧を入力する。入力電圧に応じたKファクタを使って入力電圧を降圧し、絶縁した脈流電圧を生成する。スイッチング損失を除去したほぼ理想的な高周波コンバータといえる。入力電圧が低電圧モード(交流電圧90V ~ 132V)では入力セルを並列に接続し、高電圧モード(同180V ~ 264V)では入力セルを直列に接続する。

アダプティブVTMの出力は、直接PRMに入力する。アダプティブVTMで変換および絶縁されたPRMの入力電圧だけではなく出力電圧、出力電流をPFM内に設けたマイクロプロセサで常時監視している。このマイクロプロセサは、高調波電流を減少させるようにモジュール内の入力電流を

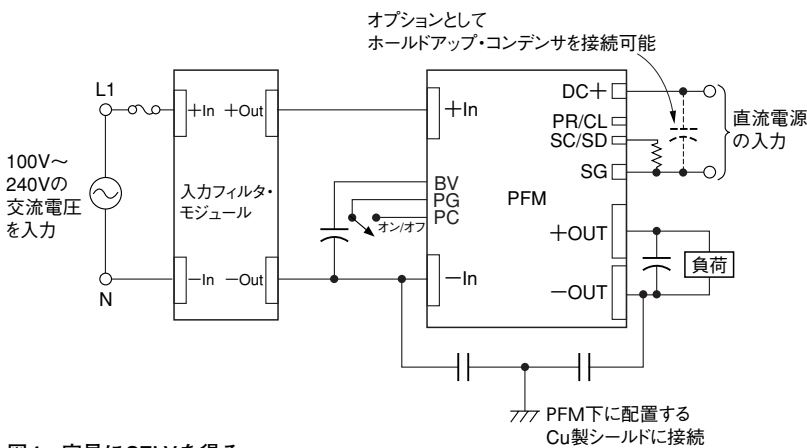


図4 容易にSELVを得る

PFMを使った簡便なAC-DCコンバータの構成例。入力フィルタや整流回路、コンデンサなどを外付けするだけで、100V~240Vの交流電圧を12V、19V、24V、48Vに変換した出力として得られる。出力電圧は、安全超低電圧(SELV: safety extra low voltage)である。

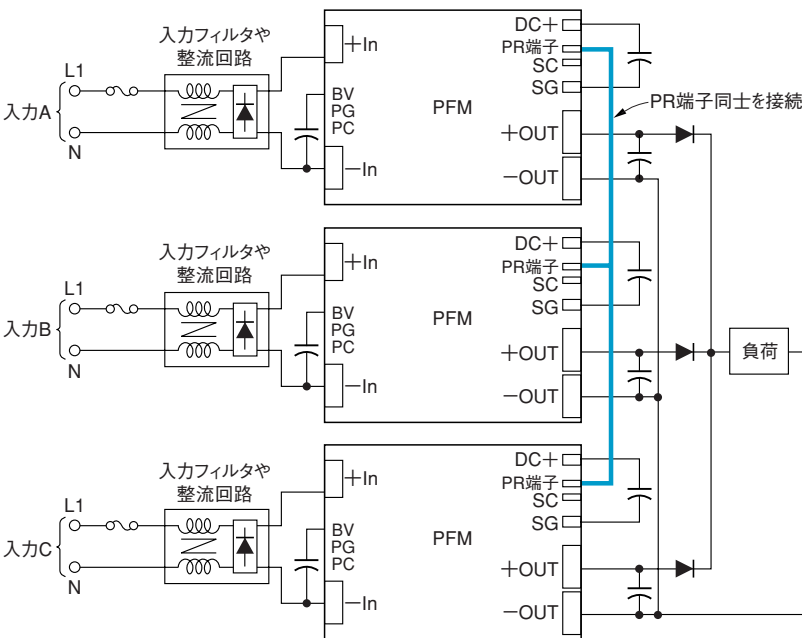


図5 PFMは並列接続可能

3相2線から給電する場合のPFMを使うAC-DCコンバータの構成。PFMにあるPR端子をPFM同士で接続すれば、複数のPFMを並列動作させて、負荷に対して分担して電力を供給できる。

整形するのに加えて、出力電圧を制御範囲内に維持するための制御信号を生成する。そして、この制御信号は、スイッチ制御回路に供給する。スイッチ制御回路はすべての動作条件でゼロ電圧スイッチングを実行するために、適切なスイッチングのタイミングを与える機能を備えたASICである。なお、PRMには電力蓄積用のコンデンサを接続するラインを設けている。ユーザーが停電保持機能を要求する場合に、所望の容量のコンデンサをこのラインに接続することになる。

PFCの制御機能に加え、マイクロプロセッサはほかにもさまざまな作業を担う。停電の場合にはPRMの入力が補助入力源に切り替えられるように、入力源の状況も監視している。動作時間の20msだけ電力を供給するのであれば、バックアップ用の入力源に簡単なコンデンサを使える。長期の給電が必要であれば、バックアップ用の電池を接続することになる。停電保持用コンデンサは、通常の動作状態において出力リップルを減少するために、出力コンデンサと並列に接続され、必要なときに接続を切り替えられる。なお、マイクロプロセッサは、PFM外からデジタル制御が可能だけでなく、給電に関するさまざまな情報をリアルタイムに提供できる機能も備える。外部からの制御や情報交信のために「PMBus」インターフェースを設ける。

### PFMの並列接続も可能

PFMを使うと、さまざまなAC-DCコンバータを構成可能である。例えば、コンセントだけから電力を入力し、負荷に出力するといった一般的な電源システムを組む場合、12V、19V、24V、および48Vの直流電圧を

絶縁したSELVとして出力する。PFM以外に必要な部品といえば、小さな入力フィルタ、ブリッジ整流器、および停電保持や電力蓄積用のコンデンサとわずかである(図4)。

PFMを並列動作させることも可能になる(図5)。PFMが備える通信ポート「PR端子」をPFM間で接続し、負荷に対する出力を分担する。入出力間の電気的な絶縁は、給電が単相あるいは3相かどうかにかかわらず、PFMを並列に接続できる。

コンセントからの電圧を、さまざまな給電アーキテクチャを使って負荷に供給するAC-DCコンバータも組める(図6)。PFMはPRMとVTMを直接ドライブできるだけでなく、従来の非絶縁型POLコンバータに給電するためにBCMへも電力を供給できるからである。

### ACアダプタを簡素に

PFMを使うと、ACアダプタもかなり小型化する。今日のノート・パソコン向けのACアダプタは、出力90Wクラスの場合に

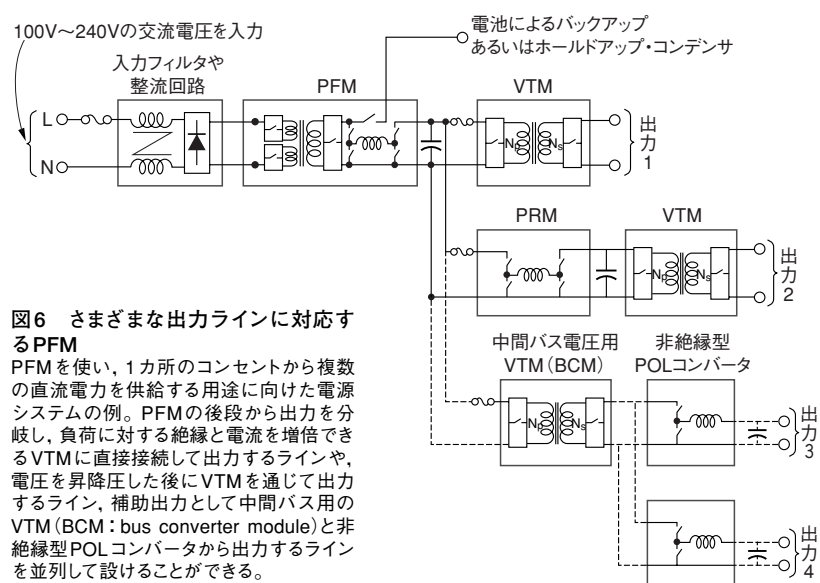


図6 さまざまな出力ラインに対応するPFM  
PFMを使い、1カ所のコンセントから複数の直流電力を供給する用途に向けた電源システムの例。PFMの後段から出力を分岐し、負荷に対する絶縁と電流を増倍できるVTMに直接接続して出力するラインや、電圧を昇降圧した後にVTMを通じて出力するライン、補助出力として中間バス用のVTM(BCM: bus converter module)と非絶縁型POLコンバータから出力するラインを並列して設けることができる。

電力密度は $0.3\text{W}/\text{cm}^3$ と小さい。このACアダプタに含むPFCの昇圧コンバータや絶縁型降圧コンバータなどをPFMに置き換えれば、電力密度はおおよそ5倍の約 $1.4\text{W}/\text{cm}^3$ に改善する。さらに、ACアダプタの電力変換効率は大きく向上し、ACアダプタ内の電力損失を $4.5\text{W}$ 未満に収めることが可能である。

PFMを使わずにアダプティブVTMとPFC機能付きPRMを別々の筐体に収めることで、ACアダプタをさらに小型化する

手法もある。我々はこの手法が、ACアダプタのアーキテクチャとして最も魅力があると考えている(図7)。我々が「Factorized Power Adapter」(FPアダプタ)と呼ぶこのアーキテクチャは、全世界のコンセントからの給電にも対応する。

FPアダプタは、アダプティブVTMと入力フィルタ、そして整流器を1パッケージに収める。PFC機能付きPRMやコンデンサ、および電池などやバッテリー・チャージャはモバイル機器内に配置する。こうすることで、FPアダプタの電力密度は $3.0\text{W}/\text{cm}^3$ に達し、通常のACアダプタに比べて実に10倍に増加する。FPアダプタでの電力損失は一般的なACアダプタよりも $4\text{W}$ 低くなり、 $3.8\text{W}$ に抑えることができる。寸法も小さい。厚さはちょうど $10\text{mm}$ であり、従来の約 $1/3$ にすぎない。

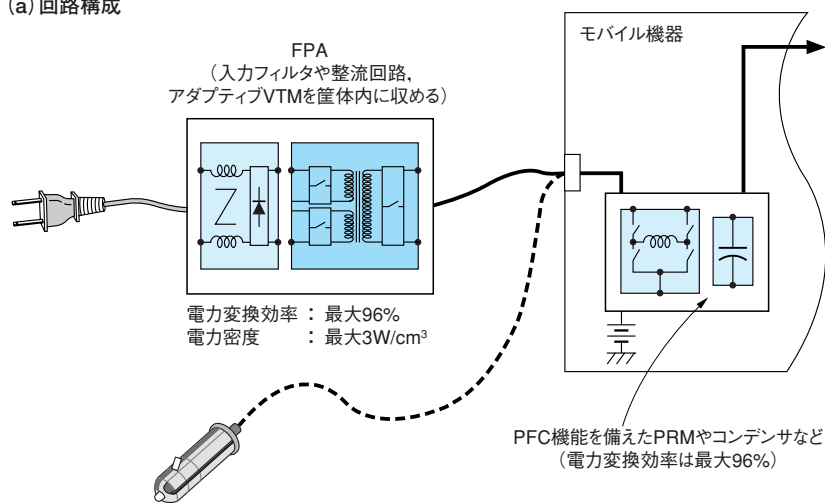
モバイル機器が備える電力の入力端子は、FPアダプタの出力や直流電圧のいずれかに接続して使う。モバイル機器内部に備えたPRMは、FPアダプタが供給するまだ安定化していない脈流電圧のほか、自動車の電源コネクタから供給される電圧変動の大きい直流電圧も取り扱うことが可能で、モバイル機器が必要とする適切な電圧に降圧あるいは昇圧する。

FPアダプタは、互換性があればさまざまなモバイル機器と接続して使える。ノートパソコンだけでなく、携帯電話機やDVDプレーヤ、PDA、MP3プレーヤといった多くの機器に対し、同じFPアダプタで給電することも現実的である。

#### 参考文献

- 1) Vinciarelli, P.ほか、「小型化と高効率化を両立する新しい電源アーキテクチャを開発」、『日経エレクトロニクス』, 2004年8月30日号, no.881, pp.123-131.

(a) 回路構成



(b) 出力90WのACアダプタの比較

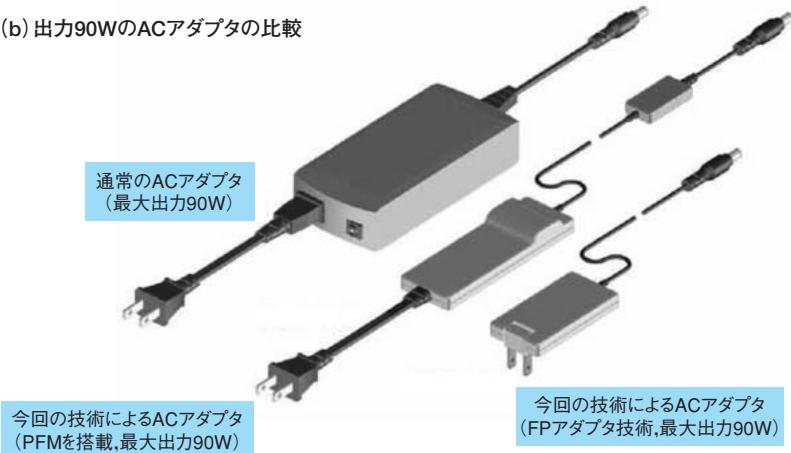


図7 FPアダプタ・モジュールの構成

電源アーキテクチャFPAをモバイル機器のACアダプタに適用すると、ACアダプタ内に入力フィルタや整流回路、アダプティブVTMだけを設け、後段はモバイル機器内に収めるといった使い方が可能である(a)。出力90WのACアダプタの場合、電力密度は $3\text{W}/\text{cm}^3$ と高く、厚さ $10\text{mm}$ のACアダプタを得られる(b)。この場合のACアダプタを「Factorized Power Adapter」(FPアダプタ)と呼ぶ。