

UPS運転方式の技術比較： オンライン方式と ラインインタラクティブ方式

ジェフリー サムスタッド

マイケル ホッフ

White Paper #79

APC[®]
Legendary Reliability™

要約

750VA以上5000VA以下のUPSシステムでは、ラインインタラクティブ方式とダブルコンバージョンオンライン方式という2つの基本的な運転方式が適用されています。このホワイトペーパーでは、それぞれの運転方式の利点と問題点を説明し、誤解について解説します。

はじめに

UPSを購入する際に考慮する要素の多くは、明白で容易に理解できるものです。たとえば、バッテリーのバックアップ時間、コスト、サイズ、メーカー、コンセント数、管理の容易性などがそうした要素です。一方で、理解が容易ではなく、必ずしも明白ではない要素もあります。ほとんど理解されないにもかかわらず、最も話題になる要素の1つが運転方式です。UPSの運転方式（回路設計）はさまざまな状況でUPSの動作に影響を及ぼします。

ある優れたテクノロジーがあり、ミッションクリティカルな用途にそのテクノロジーが必須であるという推奨によって運転方式を選択する場合、複雑になる可能性があります。このような推奨は、一般に、製造者が使う「優れた」運転方式であるという売り文句に基づくため、推奨情報だけに従って適切な判断を下すことは困難です。このホワイトペーパーでは、**ラインインタラクティブ方式**と**ダブルコンバージョンオンライン方式**という最も一般的な2つの運転方式の利点と問題点について客観的に説明します。

UPS容量がある程度以上大きい場合と小さい場合にはこの2つの運転方式の相対的な利点に関してはほとんど議論の余地がありません。¹5000VAを超える容量では、ラインインタラクティブ方式はサイズが大きくコストが高いため、従来は実用的ではありませんでした。750VA以下の容量では、ダブルコンバージョンオンライン方式はほとんど考慮されません。これは、ラインインタラクティブ方式を含む他の運転方式の方がより実用的なためです。

ダブルコンバージョンオンライン方式とラインインタラクティブ方式の運転方式に関する議論は、一般に750VAと5000VAという容量範囲に焦点が当てられています。これは、二つの運転方式の機能的利点と経済的な利点が明確ではなく、それぞれの設置環境によって利点も変わるためです。ラインインタラクティブ方式は、この容量範囲で最も一般的に製品化され、展開されている運転方式ですが、半導体技術と製造方法が進歩したため、ラインインタラクティブ方式に対してダブルコンバージョンオンライン方式の方が価格が高いということはなくなりました。その結果、2つの方式のどちらかを選択することは、以前よりも困難になりました。この「重複する」容量範囲で最適な運転方式を選択するには、各運転方式に関するトレードオフを理解する必要があります。

用途の理解

UPSの運転方式を決定する前に、保護する機器の要件とUPSを設置する環境について理解することが重要です。この基本的な要件に基づいてそれぞれの用途に最適なUPSの運転方式を判断することが重要です。

¹ 出力容量が非常に大きい場合（200,000VA以上）について、**ダブルコンバージョンオンライン**と**デルタコンバージョンオンライン**の優劣を中心に取り上げている論文があります。これらの2つのオンライン運転方式の比較については、APCホワイトペーパー #1『UPSの運転方式』を参照してください。

IT機器と交流（AC）電力：スイッチング電源（SMPS）

通常、電力は商用電源と非常用発電機から交流(AC)電力として供給されます。交流電圧は、プラスとマイナスの間で交互に変わり（理想的には完全な正弦波で）、1サイクルに2度、ゼロボルトを通過します。肉眼での確認は難しいですが、実際、商用電圧に接続されている電球は、1秒に100回または120回（50または60サイクルに対応）点滅しています。点滅が起きるのは電圧がゼロを通過して極性が変わるときです。

IT機器では、内部の回路では交流電力をどのように使用しているのでしょうか。また、線間電圧の極性が変わると、1秒に100回も「電源が切断」されているのでしょうか。明らかに、IT機器側で解決すべき問題がここにあります。すべての最新のIT機器においてこの問題を解決するには、スイッチング電源（**Switch-Mode Power Supply/SMPS**）を使用します。²SMPSは、まず何らかの理想的ではない要素（電圧の急上昇、電圧の変動、周波数変動など）がある交流電圧を平坦な直流(DC)に変換します。このプロセスで、**コンデンサ**と呼ばれるエネルギー貯蔵要素が充電されます。コンデンサは、交流入力と他の電源の間に設置されます。このコンデンサは、1回の交流サイクルにつき2度、交流入力によって一気に充電されます。充電は、正弦波が頂点か頂点に近づいたとき（プラスとマイナスの頂点）に実行されます。ITプロセス回路から要求されると要求の範囲でコンデンサから放電されます。コンデンサは、このような通常のパルスと変動的な電圧の急上昇を継続的に吸収するように設計されています。そのため、IT機器は、電球のように点滅することなく、変動する交流の商用電源からではなく、安定した直流電源から電力を供給されます。

さらに、電子回路には、非常に低い直流電圧（3.3V、5V、12Vなど）が必要ですが、前述のようにコンデンサを経由した電圧は400Vに達します。この場合も、SMPSは、この高電圧の直流を安定化した低電圧の直流出力に変換します。

このように電圧を下げる場合にSMPSではもう一つの重要な機能が実行されます。この機能は**電磁絶縁**と呼ばれます。電磁絶縁は、2つの目的に適合する回路の物理的な分離です。第1の目的は安全性であり、感電から保護します。第2の目的は、コモンモード（接地電位に対する）の電圧やノイズに起因する設備の破損や誤動作からの保護です。接地とコモンモードの電圧の詳細については、APC White Paper #9『Common Mode Susceptibility of Computers』とAPC White Paper #21『Neutral Wire Facts and Mythology』

（URL: <http://www.apc.com/>）を参照してください。

図1は、UPSで保護されているIT機器（この例ではサーバ）の一部を示しています。サーバの内部コンポーネントであるSMPSも示しています。

² 「スイッチング」とは、電源の内部回路の機能を指しており、ここでの議論とは無関係です。

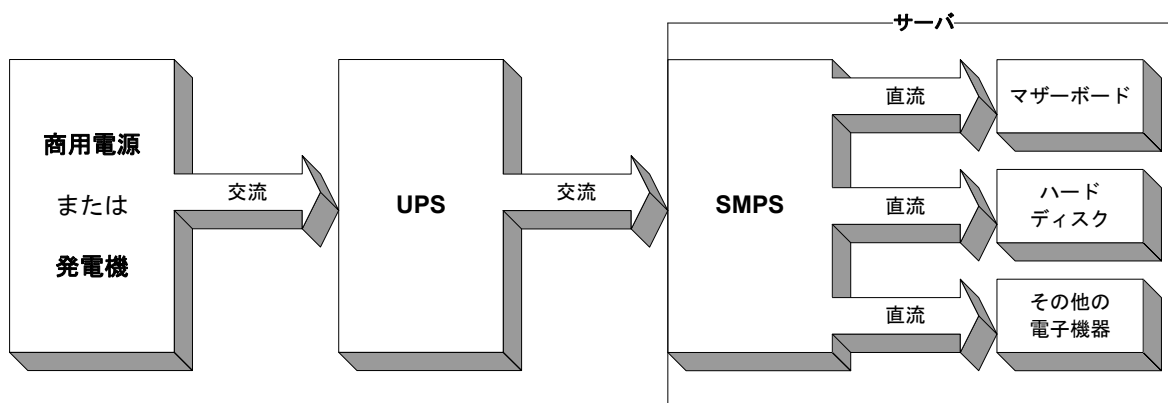
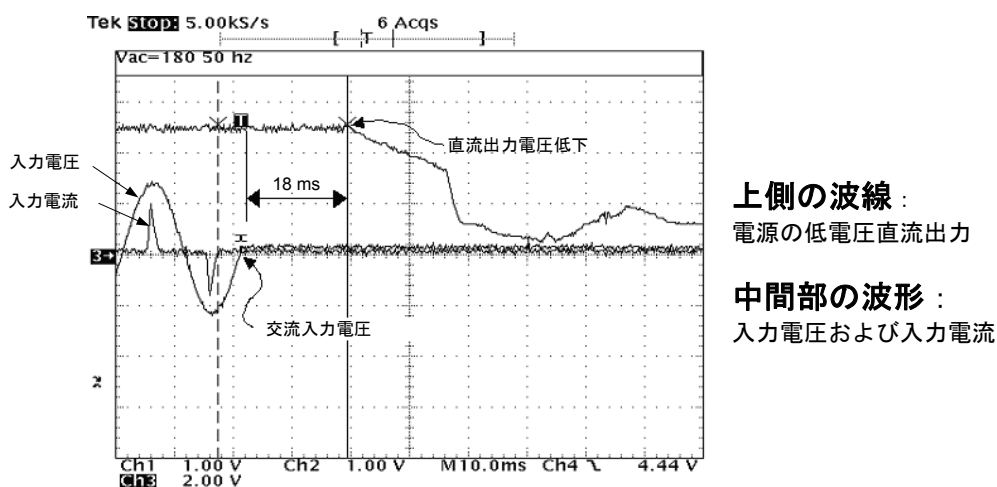


図1 - 典型的なUPSの適用例：UPSとサーバ

SMPSは、交流入力の場合に正弦波の頂点の間隔を「乗り越える」と同じ方法で、交流電圧供給の異常や短い中断も乗り越えることができます。UPSがない場合でも設備が機能するため、SMPSはIT機器のメーカーにとって重要な機能です。わずかな交流入力の異常にも耐えられないような電源に、自社製品の品質や処理能力の評判を賭けるようなIT機器メーカーが存在するとは考えられません。これは、高いグレードのネットワーク設備やコンピュータ設備の場合に特に当てはまります。そのため、このような設備の場合は高品質の電源で一般に構築されます。

「乗り越え」能力を検証するために、一般的なコンピュータ電源装置に重負荷を接続し交流入力を停電させる実験をしました。交流入力がない状態で、どれくらいの時間、許容範囲の出力電圧を供給できるかを計測するために、電源装置の出力電圧を監視しました。結果を図2に示します。表示されている波形は、電源装置の交流入力電圧、入力電流、直流出力電圧です。



上側の波線：
電源の低電圧直流出力

中間部の波形：
入力電圧および入力電流

図2 - 電力供給の乗り越え処理

交流入力がなくなってから、重負荷を接続したコンピュータ電源装置の出力電圧が停止するまでには大幅な遅延があります。

交流入力電圧は、図2の左側では、正弦波です。入力電流は、滑らかな電圧のカーブの下で、線が急上昇しています。入力電流は、入力電圧がプラスの頂点にあるときの短いパルスと、マイナスの頂点にあるときの短いパルスとで構成されています。SMPSのコンデンサが充電されるのは、この電流パルスの間だけです。残りの時間、コンデンサから電力が放出され、プロセス回路に供給されます。³SMPSの出力の直流電圧は、図2の上部にある線です。出力電圧は、交流入力停止してから18ミリ秒（ms）間は、厳密に制御されています。APCは、異なるコンピュータや他のIT機器メーカーが製造した多様な電源をテストしましたが、同様の結果が得られました。供給の負荷が軽い場合、乗り越えることのできる時間は長くなります。これは、コンデンサからの放電量が少量ずつになるためです。

SMPS負荷に対するUPSの整合性に関する国際規格

これまで、SMPSは正弦波の交流入力電圧から電力を利用できるように、短時間の電力障害に耐える必要があることを確認しました。それでは、ここで言う「短時間」とはどのような範囲でしょうか。

図3は、国際規格であるIEC 62040-3の仕様を示したものです。仕様では、SMPS負荷が許容するUPS出力電圧障害について、大きさと継続時間の範囲が定義されています。緑の「安全ゾーン」の部分が表示するように、継続時間が長い程、過渡変動の許容範囲は小さくなります。この規格では、やや広い範囲の電圧変動（定格の+10%~-20%）が継続的に発生することを考慮に入れているので注意が必要です。つまり、UPS出力電圧は、SMPS運転に悪影響を及ぼさない程度の範囲で、一定の期間変化する可能性があります。これは、SMPSに関する同様の規格ではUPS出力について許容される範囲よりさらに広い入力異常範囲に耐えることが求められているためです⁴

³一部のSMPSでは、力率の補正（Power Factor Correction/PFC）を実行して（詳細は後述）、入力電流が正弦波になるようにします。また、同様の対応機能を実行する高電圧のコンデンサもあります。

⁴関連するSMPS規格として、SMPSで許容する必要がある異常の範囲が定義されているのは、「ITI/CBEMA curve」とIEC 61000-4-11です。

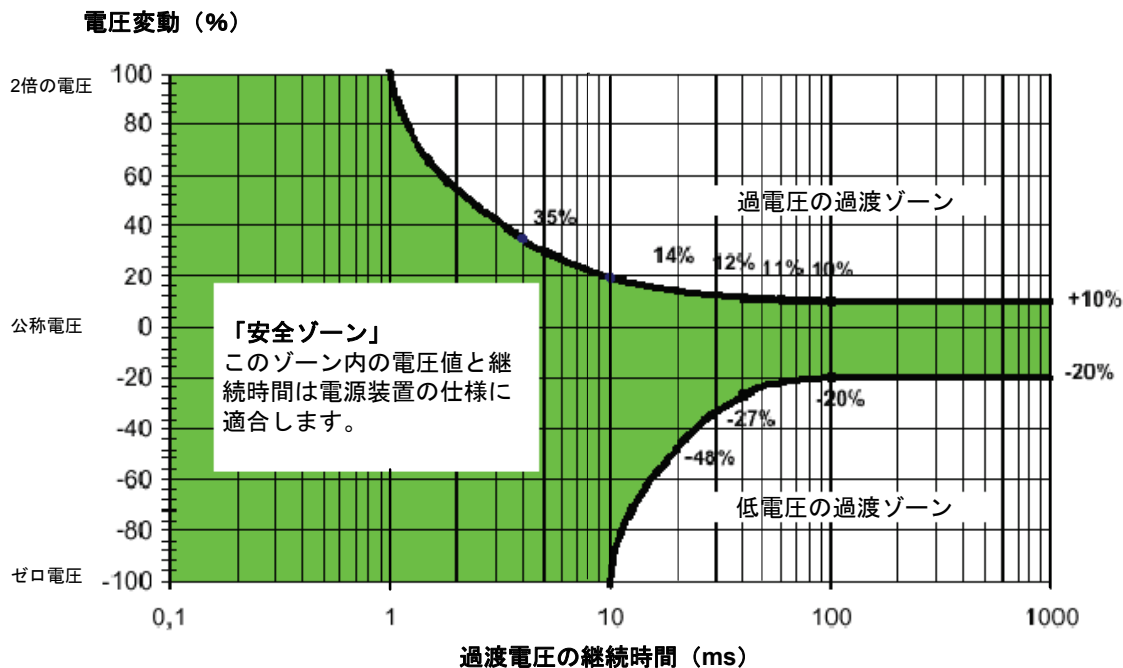


図3 – IEC規格62040-3より：SMPS負荷との適合性に関し
交流電圧に許容される変動の規模と継続期間

SMPSが接続されているUPS出力には、大きさと継続期間が緑の「安全ゾーン」
範囲内の電圧障害（「過渡現象」）が発生しても許容されますが、
このゾーンを逸脱する変動は許容されません。

図3で、交流公称出力電圧120 VにおけるUPSの適合性要件について説明します。

- 最大1 msまでの継続期間の場合、UPS出力電圧は240 Vまで高くなってもよい。
- 最大10 msまでの継続期間の場合、UPS出力電圧は、ゼロになってもよい。
- 最大100 msまでの継続期間の場合、許容される変動（上昇または下降）幅は少なくなります。許容可能な継続期間は、障害の程度によって変わります。
- 100 msを超える継続期間の場合（継続的な運用を含みます）、UPS出力電圧は、96 V～132 Vの値でなければなりません。

新興市場国の一部の例外を除き、世界のほとんどの地域で電力は比較的安定しています。日常的には、電圧の変動が見られる場合があります（最大で公称電圧の±5%）。これは図3で示された許容範囲内の電圧変動です。SMPSは、このような特性をもつ交流電源からの電力を利用できるため、一般的な商用電圧から電力を取り出すことができます。

まとめるとSMPSには次の利点があります。

- 出力電圧を低下させずに広い変動範囲の入力電圧と周波数を許容しています。
- 交流入力と直流出力の間、電磁絶縁が組み込まれています。上流のコモンモード（ニュートラルと接地電位との間）を絶縁する必要はありません。
- サービスの期間や信頼性を低下させることなく、入力電圧の変動をある程度受け入れることができます。
- 短時間の電力中断を許容する、設計的に考慮された「乗り越え」時間があります。

誤解と事実

誤解：ネットワークスイッチでロックアップやパケット損失を防ぐ場合など、ミッションクリティカルな設備の場合、UPS切替時間をゼロにする必要があります。

事実：実際、SMPSは、すべてのミッションクリティカルな機器に使用されている電源です。国際規格に準拠するには、10ms以上の「乗り越え」時間が必要です。このような乗り越えるための時間維持できない電気設備は、一般的に設計が低レベルで、ほとんど見られません。可能性があるのは、コンピュータやIT機器以外の特殊な機器の場合です。

UPS運転方式の理解

APCホワイトペーパー #1『UPSの運転方式』では、以下の現在、主に使用されている5つのUPSの運転方式に関する特性について説明しています。

- 常時商用（オフライン）方式
- ラインインタラクティブ方式
- オフライン方式スタンバイ鉄共振型
- 常時インバータ（オンライン）方式①ダブルコンバージョンオンライン方式
- 常時インバータ（オンライン）方式②デルタコンバージョンオンライン方式

750VAから5000VAという容量範囲では、現在IT用途で販売されているすべてのUPSは、ラインインタラクティブ方式またはダブルコンバージョンオンライン方式です。この容量範囲では、一般に、その他の運転方式は使用されません。その理由については、このホワイトペーパーでは割愛します。

ラインインタラクティブ方式のUPS

ラインインタラクティブ方式のUPSには、商用電源からの交流電力に条件と制限があり、一般に、インバータは1つしか使用しません。図4では、IEC規格62040-3の運転方式の標準的な例を示しています。

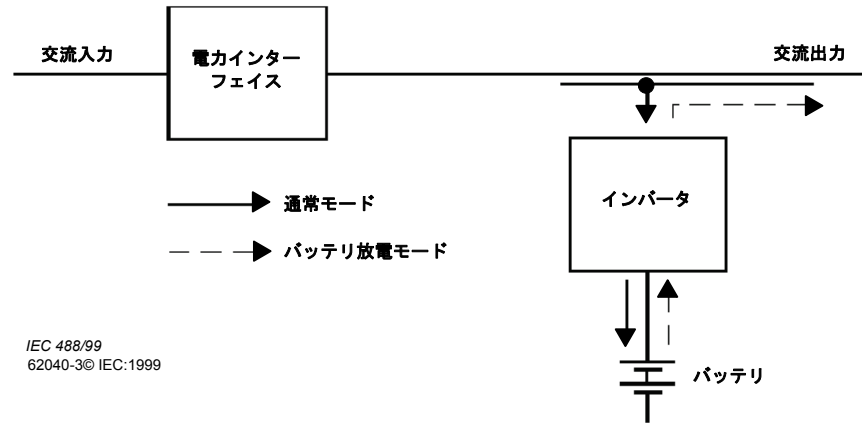


図4 – ラインインタラクティブ方式のUPSの運転方式（IEC 62040-3より）
電力インターフェイスと1つのインバータを示すブロック図

交流入力が存在する場合、図4の「電力インターフェイス」ブロックによって交流電力がフィルタされ、電圧の急上昇が抑えられ、前述の仕様内で正常に運転できる電圧に制限されます。多くの場合、この処理は受動的フィルタ部品とタップ切換変圧器とで実行されます。主要電力変換装置（「インバータ」ブロック）で、入力交流電力の一部について方向が変わります。これによって、交流ライン電圧が存在する間は、バッテリーが完全充電された状態を保ちます。この場合、一般にUPSの定格電力の10%未満の容量が必要です。これは、このモードでの運転中は内部の回路部品はほとんど温度上昇しません。たとえば、3000ワットのラインインタラクティブ方式のUPSの場合、充電中にはインバータはわずか300ワット（定格電力の10分の1）以下で運転されます。フル負荷で運用するサイズの回路部品は、一般に、交流入力が停電していない場合（ほとんどの期間の一般的な運転条件）、UPS内部の温度は外気温よりやや高い程度です。交流のライン電圧が、電力インターフェイスの入力範囲外になった場合、インバータはバッテリーの電力で交流出力を供給します。電力インターフェイスの入力電圧範囲は一般に固定され、通常は定格の-30%から+15%です。たとえば、120Vの定格出力電圧であるラインインタラクティブ方式のUPSの場合、入力が84Vから138Vの間で変動しても、出力は107Vと127Vの間に保たれます。

ラインインタラクティブ方式のUPSの運用については重要で細かな事項があります。それは、負荷に提供される電圧をフィルタリングし、制御しますが、負荷によって描かれる電流の波形は変化しないということです。したがって、負荷に力率の補正（Power Factor Correction/PFC）を含むSMPSが含まれる場合、⁵ライン

⁵ 力率の補正（Power Factor Correction/PFC）が指定された機器の場合、パルスではなく滑らかな正弦波で、交流入力から電流を取り出します。非PFC出力の図については、図2を参照してください。

インタラクティブ方式のUPSで、力率の補正を変形したり干渉したりすることはできません。負荷のSMPSに力率の補正がなく、頂点で電流を取り出す場合（図2参照）も、ラインインタラクティブ方式のUPSでこの波形が「補正」されることはありません。

理論上は、回路部品数が少なく、インバータ（図4）が低い温度で運用されていれば、寿命は延び、信頼性も高くなります。ただし実際には、信頼性は他の要因によって通常決まります。詳細は、後述の「**信頼性に関する注意事項**」を参照してください。

ラインインタラクティブ方式のUPSは、低コストで寿命が長いので、世界中の数百万台のIT機器で利用されてきました。

注意事項（ラインインタラクティブ方式）：

交流ライン電圧が安定せず、大きく上下し、変動率が高い発展途上国や他のインフラが整っていない地域では、ラインインタラクティブ方式のUPSは、1日に1、2度以上の頻度でバッテリー運転に切り換わる可能性があります。これは、ラインインタラクティブ方式には、バッテリー供給に切り換えないと、大きな電圧変動や歪みが負荷に影響を与えてしまうという機能上の制限があるためです。ラインインタラクティブ方式のUPSでは、バッテリー電力を利用できる限り、IECの制限（図3）の範囲に収まる出力電圧を提供します。ただし、バッテリーの使用頻度が多いと充電容量が減るため、停電が長引くと利用できるバックアップ時間は短くなります。また、バッテリーが完全には放電されない場合でも、使用頻度が高いとバッテリーの取り換え頻度は高くなる可能性があります。

ラインインタラクティブ方式の運転方式の利点：

- 低い電力消費（運用コストの低さ） - 許容範囲の交流入力電圧があれば電力変換が実行されるため、より効率的です。
- 理論上、信頼性が高い - 回路部品数が少なく、運転温度が低い（後述の「**信頼性に関する注意事項**」を参照してください）。
- 設備にかかる熱負荷が低い - UPSから発生する熱が少なくなります。

注意事項：

ラインインタラクティブ方式のUPSは、以下の環境で適切でない可能性があります。

- 交流電力が安定しない、または大きく上下する場合。バッテリー電力の使用頻度が高すぎて、仕様の範囲にUPS出力を抑えることができないためです。
- 力率の補正（PFC）が必須です。負荷設備にはこの機能はありません。

誤解と事実

誤解：ラインインタラクティブ方式のUPSは電力を安定化しません。ノイズや急上昇がある場合もそのまま出力するために電源装置に影響を与えます。

事実：高品質のラインインタラクティブ方式のユニットには、急上昇やノイズを抑える強力な機能が組み込まれ、出力を許容範囲に保ちます。そのため、負荷の信頼性には影響が出ません。

ダブルコンバージョンオンライン方式のUPS

名前が示すように、**ダブルコンバージョンオンライン方式**のUPSでは電力が2回変換されます。まず、交流入力に電力の急上昇、変動、他の障害が発生した場合、直流に変換されます。これは、前述したIT機器のSMPSの動作によく似ています。また、SMPSと同様に、ダブルコンバージョンオンライン方式のUPSでは、コンデンサを使用して、この直流電圧を安定化して交流入力からエネルギーを取り込んで保存します。第2に、直流はUPSで厳密に制御された交流電圧に変換されます。この交流出力は、交流入力とは異なる周波数に変換することが可能です。これは、ラインインタラクティブ方式のUPSの場合には不可能です。交流入力がある場合に、負荷設備に提供されるすべての電力は、このダブルコンバージョンのプロセスを経由して供給されます。

交流入力が仕様範囲から外れると、UPSは電力をバッテリーから取り出すため、UPS出力には影響が及びません。ダブルコンバージョンオンライン方式の設計では、多くの場合、交流入力とバッテリー間で発生するUPS内部での切り換えに数ミリ秒かかります。繰り返しますが、このような切り換え時間中に、貯蔵したエネルギーをインバータへエネルギーに供給するのは、「直流リンク」(図5参照)のコンデンサです。そのため、「直流リンク」に流れる電力の中断頻度が高くても、UPS出力電圧には影響が及ばず、途切れることはありません。

現在の設計では、ほとんどの場合、他にもバッテリー充電回路が追加されるため、ダブルコンバージョンオンライン方式のUPSには、通常3つ以上の電力変換があります。図5に、IEC規格62040-3に基づいてこの運転方式を示します。

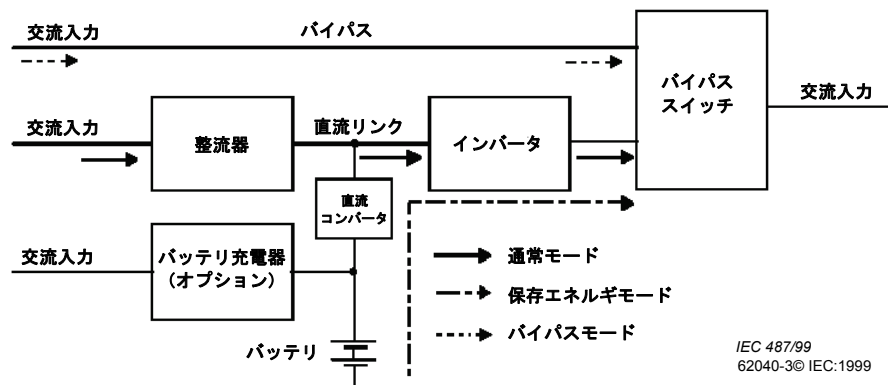


図5- ダブルコンバージョンオンライン方式のUPSの運転方式 (IEC 62040-3より)
4つの変換装置ブロックを示すブロック図

交流から直流への電力変換を実行する他に、整流器セクションも力率の補正 (PFC) を提供しています。つまり、整流器セクションは、交流ラインからパルスではなく滑らかな正弦の電流を取り込んでいます (非PFC入力電流については図2を参照してください)。PFCは、入力電流の波形を「補正」するため、高調波が減少するなど、入力電流は小さくなります。UPSによって強化されているIT機器で、パルス (非PFC) 方式で

電流を入力する場合でも、同じことが起こります。力率の補正と中性線に流れる高調波の詳細については、APC White Paper #26 『Hazards of Harmonics and Neutral Overloads』 (URL: <http://www.apc.com/>) を参照してください。

フル負荷で運用する場合、ダブルコンバージョンオンライン方式の交流入力電圧の許容範囲は、ラインインタラクティブ方式の場合と同様です。ただし、ラインインタラクティブ方式とは異なり、ダブルコンバージョンオンライン方式では、UPSがフル負荷でなければ、大幅に低い入力電圧で運用できます。つまり、一般的な120Vのダブルコンバージョン方式のUPSの場合、入力電圧が定格の50% (60V) と低い場合でも、非常に軽い負荷ならば交流電力からの入力でも運転できるということを意味します。これは、オンライン方式の運転方式に関する興味深い特徴ですが、(デモ目的以外では)それほど有益ではありません。なぜなら、この規模で障害が長引くことは非常にまれであり、また実際の負荷条件は変動するためです。

オンライン方式のUPSは、一般にどのような電力容量でもラインインタラクティブ方式のUPSよりも小型です。コンポーネント数が多くても(通常、3倍程度)、コンポーネントは小さいサイズです。これは2200VAを超える大電力ユニットの場合に特に当てはまります。また、バックアップ時間延長用バッテリーを持つラインインタラクティブ方式のUPSと比較すると常に当てはまります。

オンライン方式の運転方式では、通常、バイパス回路を持ち、過負荷が長引いた場合、またはダブルコンバージョン方式の回路のいずれかに問題が発生した場合に使用されます。バイパス運転とインバータ運転の切り換えでは、数ミリ秒間、出力が低下する場合があります。これは、ラインインタラクティブ方式のUPSでバッテリーに切り換わる場合と似ています。そのため多くのオンライン方式のユニットでは、UPS出力のこのような障害に耐えるためにSMPSに依存しています。ラインインタラクティブ方式ユニットと同様に、UPS出力の中断が図3に示した仕様の範囲内であれば、問題にはなりません。

注意事項 (ダブルコンバージョンオンライン方式) :

オンラインの電力変換段階では、前述のように、厳密に制御された出力電圧を提供するために継続的に実行されていますが、出力定格最大まで負荷がかかる可能性があります。ただし、この増大した処理能力に関連してコストがかかります。

複数の電力段階のために、一般的なダブルコンバージョンオンライン方式のUPSには、一般的なラインインタラクティブ方式のUPSよりも多くのコンポーネントが含まれます。このようなコンポーネントでは、負荷に供給する電力がすべて継続的に通過しているため、交流入力が存在する場合、温度はラインインタラクティブ方式のUPSのコンポーネントよりも通常高くなります。理論上、定常的な運用で温度が高い場合、UPSのコンポーネントの信頼性は低くなります。ただし、実際には、信頼性は他の要因によって決まることがよくあります。詳細は、後述の「[信頼性に関する注意事項](#)」を参照してください。

誤解と事実

誤解 : オンライン方式のUPSの方が、コモンモード (CM) のノイズに対して保護できます。

事実 : 電磁絶縁を使用して、オンライン方式とラインインタラクティブ方式の運転方式の両方で設計することは可能ですが、いずれも通常受動部品を使用してCM電圧を下げています。オンライン方式とラインインタラクティブ方式のいずれの運転方式も、この点で根本的な利点はありません。SMPSには、電磁絶縁がすでに含まれているため外部の絶縁は不要です。

詳細は、APC White Paper #9と#21を参照してください (URL: <http://www.apc.com/>) 。

他に注意する要因は、ダブルコンバージョンオンライン方式のUPSを運用する場合、余分なエネルギーが必要になるということです。ダブルコンバージョンオンライン方式のUPSは、85%から92%の効率（設計によって変化）で継続的に運転されます。ラインインタラクティブ方式のUPSの場合は、96%から98%です。たとえば、変換効率が90%の1000WのUPSがフル負荷で運転する場合、電力を継続的に100W消費します。つまり、1年に約100ドルの電力費用が（平均で）余分に必要になることができます。ユーティリティコストとは別に、この100Wの熱を室内から除去する必要があります。そのため、さらに冷却コストがかかります。このコストは、冷却システムの効率によって大幅に変わります。それほど高コストではないと考えられがちですが、企業に多数のUPSがある場合の損失合計や、1つのUPSの寿命期間中に消費されるエネルギー量を考慮すると、UPS所有の総コストで重要な要因になります。対照的に、同様の負荷のラインインタラクティブ方式のUPSでは、エネルギーのコストが3分の1未満しか発生しません。

ダブルコンバージョンオンライン方式の利点：

- 入力電圧が大きく歪んでいたり、大きく変動していたりする場合でも、バッテリー運転に切り換わる回数は少ない
- 負荷の種類にかかわらず、力率の補正（PFC）が供給されます
- コンパクトで軽量（特に容量が大きい場合）
- 出力周波数を制限し、さらに周波数を50Hzから60Hz（逆も可能です）に「変換」することができます。

交流出力電圧を厳密に制御することが、オンライン方式の運転方式の利点かどうかは議論の分かれるところです。ただし、SMPSでは厳密に制御した交流は不要です。前述のように、SMPS自体に電圧の制御機能があるためです。

注意事項：

- ダブルコンバージョンオンライン方式には、使用中の温度が高いコンポーネントが多数含まれます。他の条件が同じでも、ラインインタラクティブ方式に含まれる同様のパーツよりも、寿命が短くなります。
- ダブルコンバージョンオンライン方式では、ラインインタラクティブ方式よりも多くの電力を消費します。これは、交流入力が存在する場合、入力から出力へ電力を変換したり、逆変換したりする処理が継続的に行われるためです。
- ダブルコンバージョンオンライン方式ではIT設置室内に多くの熱が放出されます。この熱は効率的に除去して、他のシステムやUPS自体のバッテリーの寿命が短くならないようにする必要があります。

誤認と事実

誤認：電圧の制限を厳密にするほどIT機器の処理能力と信頼性が向上します。

事実：どのSMPSでも、交流入力電圧（急上昇や変動がある場合）を安定した直流に変換します。この直流は、すべてのIT負荷向けに、クリーンで安定した直流出力を作成するために使用されます。関連範囲に含まれる入力ライン条件は、SMPS出力の品質やIT機器の処理能力に、まったく影響を及ぼしません。そうでなければ、SMPSはこれほど広く利用されていません。

信頼性に関する注意

どちらの運転方式でも、理論上、設計によって運転の寿命や信頼性が変化します。ラインインタラクティブ方式の場合、少ないコンポーネント数と主要電力変換部の温度が低いことによって、運転寿命が長くなり、信頼性が向上する傾向にあります。ダブルコンバージョンオンライン方式の場合、定常的な高温での運用によって、寿命が短くなり、信頼性が低下する傾向があります。

ただし、実際には、信頼性は運転方式にかかわらず、設計者によるUPSの設計方法と構築方法、また使用されるコンポーネントの品質とで一般に変わります。品質はベンダによって変わるため、高品質のダブルコンバージョンオンライン方式設計や低品質のラインインタラクティブ方式設計、またはその逆もあり得ます。

比較のまとめ

以下の表に、ラインインタラクティブ方式ダブルコンバージョンオンライン方式のUPSテクノロジーについて、重要な利点と問題点をまとめました。

表1-ラインインタラクティブ方式とダブルコンバージョンオンライン方式の
運転方式の比較

運転方式	信頼性	総所有費用	入力	出力	サイズ/重さ
ラインインタラクティブ	<p>+</p> <p>パーツ数が少ない</p> <p>運転温度が低い</p>	<p>+</p> <p>初期費用が小さい（パーツ数が少ない）</p> <p>運転費用が少ない（消費電力が低い）</p>	<p>-</p> <p>PFCなし</p> <p>過度に電圧が変動すると、バッテリーの使用頻度が高くなる</p>	<p>+ / -</p> <p>出力周波数が設定可能な範囲内で変化</p>	<p>-</p> <p>一般に大きく、重い</p>
ダブルコンバージョンオンライン	<p>-</p> <p>パーツ数が多い</p> <p>運転温度が高い</p>	<p>-</p> <p>初期費用が大きい（パーツ数が多い）</p> <p>運転費用が多い（消費電力と冷却）</p>	<p>+</p> <p>PFCあり</p> <p>バッテリーなしでも、過度の電圧変動を許容</p>	<p>+</p> <p>出力は設定可能な周波数に固定</p>	<p>+</p> <p>一般に小さく軽い（特に大容量の場合）</p>

結論

750VAから5000VAの容量範囲では、いずれの種類UPSでも、電力障害からIT機器を適切に保護できます。そのため使用する運転方式を判断する場合は主に用途固有の要件に基づきます。

初期コスト、運用経費、放熱、信頼性は、どのような用途でも重要な注意事項なので、ラインインタラクティブ方式が一般的な選択であると考えられます。実際、ラインインタラクティブ方式は、通常のIT環境で効率かつ高信頼性の主力製品になりました。

ただし、状況によっては、ダブルコンバージョンオンライン方式を選択する方が良い場合もあります。特に、交流電力が高く変動し、過度の電圧変動があるような地域では、ダブルコンバージョンオンライン方式のUPSの方が、バッテリーへの切り換え頻度が低くなるため、適切な出力が維持されます。バッテリー使用が少ないと、停電が長引いた場合でも、バッテリー容量が保持されるため、バッテリーの寿命が長くなります。さらに、バッテリーの取り換えコストが低減するために、ラインインタラクティブ方式のUPSの初期コストと運用コストの利点を相殺する可能性があります。一般的な状況ではありませんが、力率の補正（PFC）、物理的に小さなサイズ、または周波数の変換が必要な場合も、ダブルコンバージョンオンライン方式のUPSが求められることがあります。ある種の医療機器や医療施設などがそれにあたります。

著者について

ジェフリー サムスタッドは、American Power ConversionのSmart-UPS RT製品ラインのチーフエンジニアです。電気工学の学士号を保持し、14年間にわたりUPS設計チームのリーダーや各種のUPSアーキテクチャを担当しました。

マイケル ホッフはNortheastern Universityの電気工学、電力系統の修士号を保持し、APCのNew Technology Researchグループのリーダーとして勤務しています。APCに在籍中の16年間、UPSおよびUPSアーキテクチャを開発し、米国やその他の国で製品開発プロジェクト、チーム、グループで管理者としての役割を果たしています。