

# UPSの運転方式

ニール・ラスムセン

White Paper #1

**APC**<sup>®</sup>  
Legendary Reliability™

## 要約

市場では、UPSの運転方式とその特徴に関し、さまざまな情報が存在しています。このホワイトペーパーでは、UPSの各種運転方式のタイプと実用化について説明し、また、その利点と問題点を解説します。これらの説明を理解することで、特定のニーズに適応するUPSの運転方式の構成に関して、知識に基づいた判断が可能になります。

## はじめに

サーバーームやデータセンタ業界では、UPSの運転方式とその属性について情報の混乱が生じています。例えば、一般に、UPSには常時商用方式を採用したUPSと常時インバータ（オンライン方式）を採用したUPSという2種類のUPSの運転方式だけが存在すると考えられています。しかし、一般に使用されるこの2つの用語は、利用可能なUPSの運転方式の多くを正確に説明したものではありません。さまざまなタイプのUPS運転方式の構成について正しく認識されれば、UPSの運転方式に対する多くの誤解が解決されます。UPSの運転方式の構成は、UPS設計の基本的な性質を示します。各種ベンダが、設計や運転方式の構成は同様でも性能特性は異なるモデルを製造し続けています。

ここでは、運転方式の構成がどのように機能するかについて簡単に説明し、共通の設計アプローチについて説明します。この説明により、システムを適切に理解し比較することができるようになります。

### UPSの運転方式

各種の設計アプローチによって、さまざまな性能のUPSが製品化されています。最も一般的な設計アプローチとして、以下のようなアプローチがあります。

- 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

## 常時商用（オフライン）方式

常時商用方式を採用したUPSは、パーソナルコンピュータに使用される最も一般的なタイプです。スタンバイ方式とも言われます。図1に示すブロック図では、切り換えスイッチが、フィルタされたAC入力を主電源として選択するように設定されています（実線で示す経路）。主電源に障害が発生すると、バックアップ電源としてバッテリー/インバータに切り換えられます。電源障害が発生した場合には、切り換えスイッチがバッテリー/インバータバックアップ電源に負荷を切り換えるように動作する必要があります（点線で示す経路）。インバータは、電源障害が発生した場合にのみ起動するため「スタンバイ」という名前が付けられています。この設計の主な利点として、高効率、小型、低コストが挙げられます。このようなシステムは、適切なフィルタとサージ吸収回路を使用して、ノイズフィルタとサージ抑制に十分な機能を提供します。

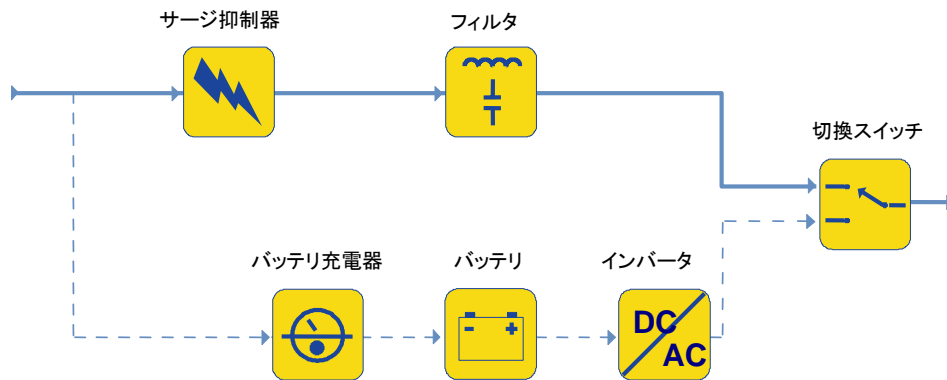


図1 常時商用（オフライン）方式

## ラインインタラクティブ方式

ラインインタラクティブ方式を採用したUPSは、図2に示すように、オフィス、Web、部門レベルのサーバに使用される最も一般的な設計です。この設計では、バッテリー/AC電源コンバータ（インバータ）が、常にUPSの出力に接続されます。入力AC電源が正常であるときに、インバータを逆に使って、バッテリーを充電します。

入力電源に障害が発生すると、切り換えスイッチが開き、電力がバッテリーからUPS出力に流れます。インバータが、常にオンの状態で出力に接続されているため、この設計では、常時商用方式と比較すると、フィルタリングが追加され、切り換えによる電圧波形の乱れが低減されます。

さらに、ラインインタラクティブ方式には、通常、タップ切り換え変圧器が組み込まれています。これは、入力電圧の変化に合わせて変圧器のタップを調整することによって電圧制御をするものです。電圧制御は、低電圧状態の場合に重要な機能です。それ以外の場合は、UPSによってバッテリーに切り換えられ、負荷（機器）に電源を供給します。このようにバッテリーを頻繁に使用すると、バッテリーの障害発生が早まる原因になり得ます。ただし、バッテリーの障害が発生してもAC入力から出力への電力供給が可能になるようにインバータを設計できるため、単一障害点となる可能性を除去し、2つの独立した給電経路を効率的に提供します。入力電圧が高い（または低い）状態を補正する機能に加えて、高効率、小型、低コスト、および高信頼性という特長を備えているため、ラインインタラクティブUPSは、0.5～5kVAの出力領域において主要なUPS方式となっています。

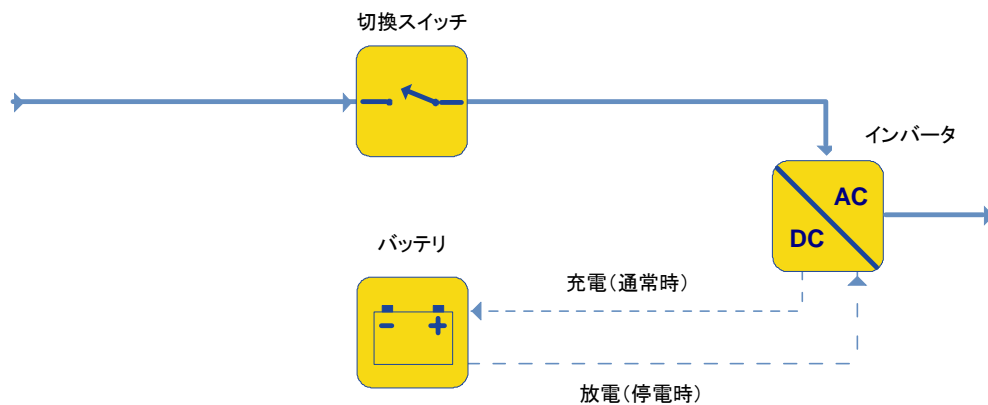


図2- ラインインタラクティブ方式

## オフライン方式鉄共振型UPS

オフライン鉄共振型UPSは、かつては、3～15kVAの出力領域において主要なUPSタイプでした。この設計では、3つの巻線（入出力接続）を持つ特殊な飽和変圧器を採用しています。主電源経路は、AC入力から、切り換えスイッチ、変圧器を経由して出力に至ります。電源障害が発生すると、切り換えスイッチが開き、バッテリーからインバータを通して電力が出力されます。

オフライン方式鉄共振型設計では、インバータはスタンバイモードにあり、入力電源に障害が発生して切り換えスイッチが開くと、インバータに通電されます。変圧器は特殊な「鉄共振」機能を備え、それによって、制限電圧の制御と出力波形の「整形」が行われます。鉄共振型変圧器によって提供されるAC電源の電圧波形の乱れから隔離する機能は、その他の利用可能なフィルタと同程度またはそれ以上の機能であるといえます。ただし、鉄共振型変圧器自体は、極度の出力電圧の歪みと電圧波形の乱れを生成し、AC接続不良よりも機能が劣るおそれがあります。オフライン方式鉄共振型は、設計上は常時商用UPSですが、鉄共振変圧器が本質的に非効率であるため、大量の熱を発生します。また、このような変圧器は、通常の絶縁変圧器と比較して大型であるため、オフライン方式鉄共振型UPSは、一般に、大型で重量があります。

オフライン方式鉄共振型UPSシステムは、切り換えスイッチを備え、インバータはスタンバイモードで動作し、AC電源障害時には切り換え機能を提供するにもかかわらず、オンライン装置として提示される場合が多く見られます。図3は、オフライン方式鉄共振型の構成を示したものです。

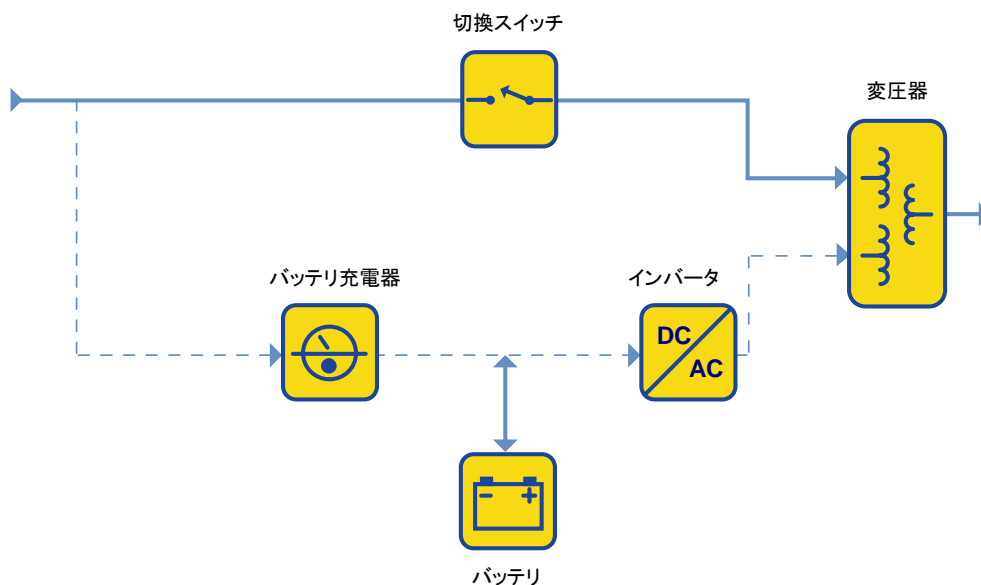


図3—オフライン方式鉄共振型

この設計の強みは、高い信頼性と優れたラインフィルタリングにあります。ただし、一部の発電機や新しい力率補正されたコンピュータと共に使用すると不安定になり、さらに低効率であるため、この設計への注目度はかなり低くなっています。

オフライン方式鉄共振方UPSシステムが、もはや一般的に使用されなくなっている主な理由は、最近のコンピュータ電源負荷が接続された場合に、不安定になる恐れがあるためです。サーバやルータは白熱電球と同様に、電力会社から正弦波電流供給を受ける「力率補正機能付」電源装置を使用しています。この平滑な電流波形は印加電圧に対して「進んだ」電流を流すコンデンサを使用して達成されます。鉄共振型UPSシステムは、誘導特製のある、すなわち電流が電圧に対して「遅れる」変圧器を利用します。これらの2つの組み合わせが、いわゆる「タンク」と呼ばれるものを形成します。タンク回路での共振または「リンク」は大電流の原因となり、接続負荷（接続機器）を危険にさらします。

## 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

これは、10kVAを超える出力領域において最も一般的なタイプのUPSです。図4に示すとおり、ダブルコンバージョンオンライン方式のブロック図は、主電源経路がAC主電源ではなくインバータである点を除いて、常時商用方式と同様です。

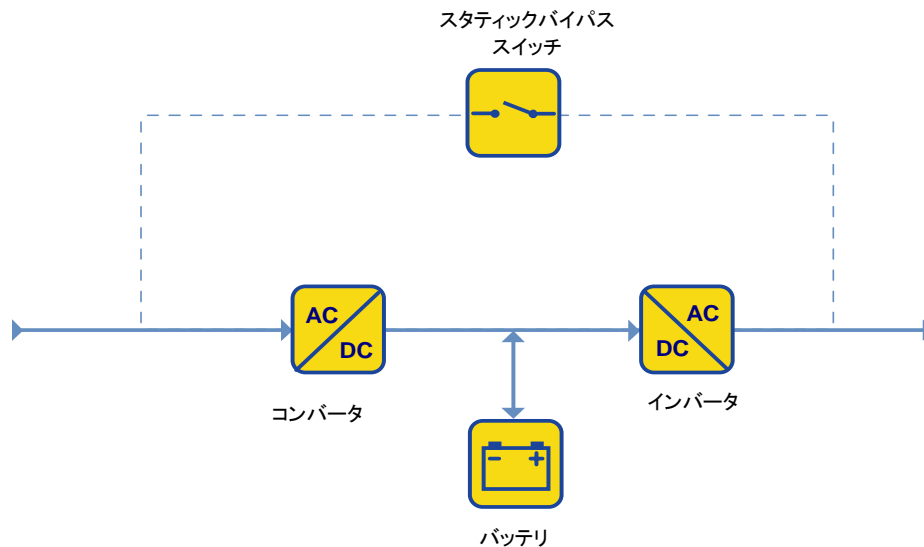


図4 - ダブルコンバージョンオンライン方式

ダブルコンバージョンオンライン方式では、入力ACによって、出力インバータに電力を提供するバックアップバッテリー電源が充電されるため、入力ACに障害が発生しても切り換えスイッチは作動しません。したがって、入力AC電源に障害がある間、オンライン動作による切り換えは行われません。

この方式では、コンバータとインバータの両方が負荷電力供給全体を変換するため、それに伴って増加する熱生成によって効率性が低下します。

このタイプのUPSは、ほぼ理想的な電力出力性能を提供します。ただし、電源コンポーネントが絶え間なく摩耗するため、他の方式と比較して故障率が高くなっています。また、電力効率の低さが原因で消費されるエネルギーが、UPSのライフサイクルコストの大部分を占めています。さらに、大容量のコンバータによって引き込まれる入力電力は、非線形である場合が多く、建物内の配線への干渉またはスタンバイ発電機における問題発生の原因になるおそれがあります。



## 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

デルタコンバージョンオンライン方式（図5）は、ダブルコンバージョンオンライン方式における問題点を排除するために導入された技術です。5kVA～1.6MWの出力領域で利用可能です。ダブルコンバージョンオンライン方式と同様に、デルタコンバージョンオンライン方式には、常に負荷電圧を供給するインバータがあります。ただし、追加のデルタインバータも、インバータ出力に電力を供給します。ACに故障または障害が発生した状況下では、この方式は、ダブルコンバージョンオンライン方式と同様の動作をします。

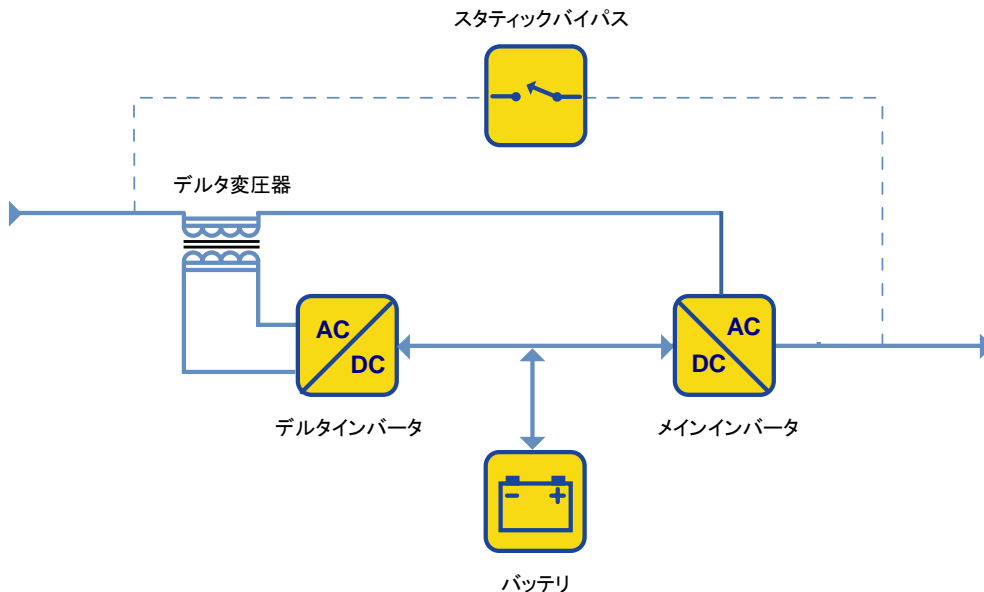


図5 - デルタコンバージョンオンライン方式

デルタコンバージョン方式の構成のエネルギー効率を理解するための簡単な方法として、図6に示すように、建物の4階から5階まで小包を配達するのに必要なエネルギーを検討することがあります。デルタコンバージョン技術は、開始点と終了点の間の差（デルタ）のみ小包を運ぶことによって、エネルギーを節約します。ダブルコンバージョンオンライン方式は、電源をバッテリーに変換して再び戻すのに対し、デルタコンバージョン方式は、電源のコンポーネントを入力から出力まで移動します。

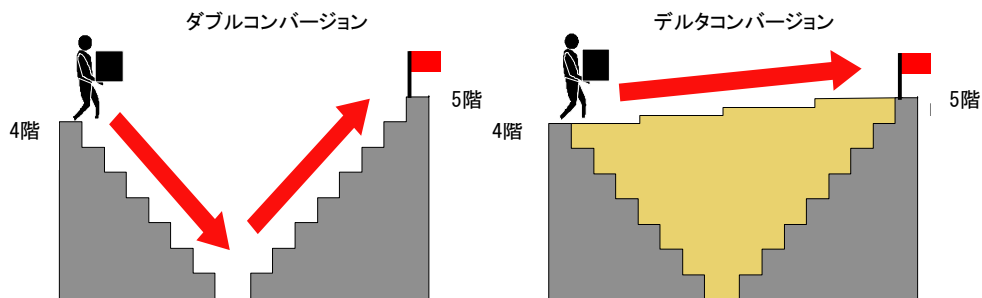


図6 - ダブルコンバージョン対デルタコンバージョン

デルタコンバージョンオンライン方式では、デルタインバータが2つの目的で動作します。

1つは、入力電力特性を制御することです。このアクティブなフロントエンドは、正弦波の形で電源供給を受け、電源系統に流出する高波長を最小化します。これにより、電力会社と発電機システムの最適な互換性が確保され、配電システムにおける加熱とシステム摩耗を減らします。

デルタインバータのもう1つの機能は、バッテリーシステムの充電を調整するために入力電流を制御することです。デルタコンバージョンオンライン方式は、ダブルコンバージョンオンライン方式と同じ出力特性を提供します。ただし、入力特性は多くの場合異なります。デルタコンバージョンオンライン方式は、従来の対処方法に伴うフィルタバンクの非効率な使用を行わずに、アクティブに制御され、力率補正された入力電流を提供します。最も重要な利点として、エネルギー損失の大幅な削減が挙げられます。入力電力制御により、UPSはすべての発電機に適合することが可能になるため、配線や発電機を必要以上に大きくする必要性が軽減されます。デルタコンバージョンオンライン技術は、今現在、特許によって保護されている唯一の中核となるUPS技術です。したがって、広範なUPS供給者から入手できるわけではありません。

デルタコンバージョンオンライン方式は、定常状態の間、ダブルコンバージョンオンライン方式と比較して大幅に効率よく、UPSが負荷に電力を供給できるようにします。

## UPSの運転方式の違いについての概要

次の表は、各種UPSの運転方式の違いについて一部の特性を一覧したものです。UPSのいくつかの属性（効率など）は、選択するUPSの運転方式の違いによって決定されます。設計と製造品質は、信頼性のような特性に大きな影響を及ぼすため、効率などの設計属性に加えて、これらの要素の評価も必要です。

	実用的な出力領域(kVA)	電圧精度	VAあたりのコスト	効率	インバータの常時稼働
常時商用方式	0 - 0.5	低	低	非常に高い	していない
ラインインタラクティブ方式	0.5 - 5	設計に依存	中	非常に高い	設計に依存
オフライン方式鉄共振型	3 - 15	高	高	低-中	していない
ダブルコンバージョンオンライン方式	5 - 5000	高	中	低-中	している
デルタコンバージョンオンライン方式	5 - 5000	高	中	高	している

## 業界におけるUPSタイプ

現在のUPS業界の製品は、長期にわたり、ここで説明した設計の多くを組み込むように発展してきました。それぞれのUPSタイプは、各種用途に対してある程度の適性を示す属性を備えています。下の表に示すように、APCの製品群はこの多様性を反映しています。

	製品	利点	使用上の制限	主な用途
常時商用方式	APC ES 500/725 APC CS 350/500 ※Tripp-Lite Internet Office	低コスト、高効率、コンパクト	電圧低下時にバッテリーを使用、2kVA超では非実用的	小型PC向けに広く使われている
ラインインタラクティブ方式	APC Smart-UPS ※Powerware 5125	高信頼性、高効率、良好な電圧状態	5kVA超では非実用的	ラックまたは分散サーバでの使用や電力環境が厳しい場合に適している
オフライン方式鉄共振型	※BEST Ferrups	優れた電圧状態、高信頼性	負荷および発電機との組み合わせによっては不安定	低い効率性と不安定問題により用途が限定される
ダブルコンバージョンオンライン方式	APC Symmetra APC Smart-UPS RT ※Powerware 9170	優れた電圧状態、並列化が容易	5kVA未満では高価	大型のN+1 冗長方式に採用されている
デルタコンバージョンオンライン方式	APC Silcon	優れた電圧状態、高効率	5kVA未満では非実用的	高効率性により、けるエネルギーのライフサイクルコストを大幅に削減できるので、大型設備に適している

※米国市場で販売されている他社製品

## 結論

UPSは、そのタイプに応じてさまざまな用途に適合するもので、1つのUPSタイプがすべての用途に理想的となることはありません。このホワイトペーパーの目的は、現在の市場における各種UPS運転方式の利点と問題点を対比することにあります。

UPSの各種運転方式には大きな相違がありますが、この相違は、それぞれの目的に対して理論的かつ実用的な効果を発揮します。しかし、多くの場合には、設計実装上の基本的品質と製造品質によって、ユーザの使用環境で実現される最終的な性能が左右されます。

## 著者について

ニール・ラスムセンはAmerican Power Conversion社の創設者であり、CTO(最高技術責任者)です。重要なネットワークのための電力、冷却、ラックインフラに世界最大のR&D予算を注ぎ込こんでおり、彼はマサチューセッツ、ミズーリ、ロードアイランド、デンマーク、台湾、アイルランドにある製品開発センタの運営を担当しています。現在、モジュール化された拡張性のあるデータセンタソリューションの開発を指揮しています。

1981年にAPCを設立するまでは、MIT(マサチューセッツ工科大学)で電子電気工学を専攻し、学士号と修士号を取得しました。卒業論文は、トカマク核融合炉に対する200メガワットの電力供給に関する分析をテーマにしました。1979~1981年までは、MITのリンカーン研究所でフライホイールエネルギー貯蔵システムと太陽光発電システムの研究に携わりました。