



無停電電源装置 (UPS)

常に信頼でき、高品質と高可用性を実現する電力供給

このガイドでは、マシンの可用性を途切れなく確保する方法について説明します。

診断ソフトウェアと接続機能を備えた最新式の無停電電源装置 (UPS) は、継続的な生産はもとより、マシンの可用性を常に確保できるようにします。

今日の UPS は、ハードウェアの保護と共に、高度なリモートサービスも提供します。

schneider-electric.com

Life Is On

Schneider
Electric



目次

1 はじめに	2
1.1 電力供給時の障害	2
1.2 精密負荷の要件	2
1.3 UPS の目的	2
2 UPS の概要	2
2.1 UPS の定義	2
2.2 基準と種類	3
2.3 主な電気特性	3
3 UPS のコンポーネント	3
3.1 はじめに	3
3.2 PFC 整流器	3
3.3 インバーター	4
3.4 充電器	4
3.5 バッテリー	4
3.6 静止型バイパス	4
3.7 保守用バイパス	4
4 UPS の種類	5
4.1 はじめに	5
4.2 静止型 / 回転型 UPS ソリューション	5
4.3 オフライン方式の UPS	5
4.4 ラインインタラクティブ方式の UPS	6
4.5 常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式の UPS	7
4.6 常時インバータデルタコンバージョンオンライン方式の UPS	10
4.7 結論	11
5 UPS の電力特性	12
5.1 ダブルコンバージョン方式の UPS の電力品質	12
5.2 線形負荷の電圧品質	12
5.3 非線形負荷の電圧品質	13
5.4 UPS 電力の可用性 (電気設備の可用性)	15
6 UPS の利用環境	16
6.1 概要	16
6.2 UPS の利用環境一覧表	17

1 はじめに

このセクションでは、自動化ソリューション向け無停電電源装置 (UPS) の必要性について説明します。

1.1 電力供給時の障害

公共および民間の電力事業者は、既知または未知のさまざまな障害によって品質が低下するリスクのある電力を供給しています。こうした障害は距離が関係する上に、接続された多種多様な負荷があるために避けることができません。

障害の主な原因は、次のとおりです。

配電システムそのもの：

- 気象条件
- アクシデント
- 保護装置や制御装置の切り替えなど

ユーザーの装置：

- モーター
- 次のような障害を起こす機器：
 - アーク炉
 - 溶接機
 - 電力エレクトロニクスを組み込んだシステムなど

障害とは (瞬停から大規模な停電まで)：

局所的な停電	周波数変動	電圧フリッカーなど
電圧低下	高調波障害	大規模な停電
過電圧	高周波ノイズ	

1.2 精密負荷の要件

近年の経済活動は、電力障害によって大きな影響を受けやすいデジタルテクノロジーにますます依存するようになってきました。デジタル機器 (コンピュータ、通信システム、各種計器など) は、数メガやギガヘルツの周波数で動作するマイクロプロセッサを使用しており、これは 1 秒間に数百万から数十億の演算を行っていることとなります。電力供給における数ミリ秒のわずかな時間の障害は、数千から数百万もの基本運転に影響を及ぼすことから、多くの利用環境では、危険で高コストの影響を伴う商用電源の障害リスクへの保護対策として、予備電源の供給が求められています。

工業プロセスやその制御 / 監視システム - 生産上の損失のリスク

空港や病院 - 人の安全性に対するリスク

情報通信テクノロジー - 極めて時間単価の高い処理が停止するリスク

多くの精密機器メーカーでは、自社の機器の供給にあたって (配電システムよりもはるかに厳格な) 極めて厳しい許容誤差を規定しています。一例として、コンピュータ事務機器製造業者協会 (CBEMA: Computer Business Equipment Manufacturer's Association) がコンピュータ機器に関して定めた規定があります。

1.3 UPS の目的

こうしたニーズに対応して、無停電電源装置 (UPS: Uninterruptible Power System) は影響を受けやすい利用環境に安定した電力を供給するための設計がなされています。1970 年代に初めて発表された UPS は今日、デジタルテクノロジーの進化によって、ますますその重要性が高まっています。

2 UPS の概要

このセクションでは、無停電電源装置 (UPS: Uninterruptible Power System) について、その主な特性、種類、規制基準について説明します。

2.1 UPS の定義

UPS は、配電システムと精密な負荷機器の間に配置される電気装置です。配電システムよりもはるかに信頼性が高い電力を供給できる UPS は、品質と可用性の観点から精密な負荷機器のニーズへの対応に最適です。

精密な負荷機器の大幅な増加に伴い、「UPS」と定義されるものにはデスクトップコンピュータ向けの数百 VA のものから、データセンターや通信事業所向けの最大数メガ VA のものまで、幅広い装置が含まれています。

2.2 基準と種類

UPS には実にさまざまな種類があり、市場で販売されているすべての製品について、エンドユーザーが明確に理解することは困難であり、一部では誤解すらされているのが現状です。

そのため、国際電気標準会議 (IEC: International Electrotechnical Commission) では UPS の種類と性能レベルの測定基準を制定しており、欧州電気標準化機構 (CENELEC: European Committee for Electrotechnical Standardization) はこれらの基準を採用しています。

IEC 62040-3 とその欧州版である EN 62040-3 では、UPS の 3 種類の基準 (運転方式) とその性能レベルを次のように定義しています。

常時商用 (オフライン) 方式	常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式
ラインインタラクティブ方式	

これらの UPS の運転方式とそのサブタイプ (ダブルコンバージョン方式の UPS) は、本章の [セクション 4 UPS の種類](#) で詳しく説明します。

2.3 主な電気特性

交流 (AC) 入力電源

これらの定義は、UPS の上流の配電システムなどに関わる UPS の運転についてのものです。

基準として、次の用語を定義しています。

主電力
予備電力

主電力は、継続的に利用可能な通常の電力です。一般的には電力会社から供給されますが、ユーザー自身で発電する場合もあります。予備電力は、主電力に障害が発生した場合に主電力に置き換えることを目的としたものです。

1 台の UPS には、次のように 1 つか 2 つの入力があります。

通常交流入力 (またはメイン 1)、主電力が供給
バイパス交流入力 (またはメイン 2)、予備電力が供給 (一般的には同じ低圧主配電盤 (MLVS) から別々のケーブルを経由)

UPS 出力電圧

UPS は、次のような電圧を提供します。

高品質
高可用性

高品質については、厳密な振幅と周波数許容偏差に収まる正弦波出力で実現しており、商用電源の一切の障害の影響を受けません。

一方、高可用性については電圧を継続的に許容範囲内で供給することで実現し、これにより予備電源の設置が可能になります。通常、予備電源には必要に応じて電力の供給を代行するバッテリーが用いられます。このバッテリーが商用電源に置き換わり、利用環境が求める予備時間を確保することになります。

影響を受けやすいあらゆる利用環境の中で、商用電力がどのような状態であったとしても、UPS は電力の品質と可用性を確保するこれらの特性を基に理想的な電力供給源となります。

3 UPS のコンポーネント

このセクションでは、UPS の主要なコンポーネントについて説明しています。

3.1 はじめに

UPS は、一般的に次のような (図 1) 主要コンポーネントで構成されています。

PFC 整流器	バッテリー
インバーター	静止型バイパス
充電器	保守用バイパス

3.2 PFC 整流器

PFC 整流器は、(直流コンデンサーが接続されている) DC バスに電力を供給するために、力率 1 で商用電流を流します。これはインバーターに供給するために必要です。

3.3 インバーター

「インバーター」という言葉は、UPS を指す際に使用されることもありますが、正確には UPS の一部だけを指しています。インバーターは、高品質な電圧の正弦波出力を完全に再生します。正弦波の特徴は次のとおりです。

あらゆる商用電源の障害 (特に瞬停) がありません。

精密電子機器の要件と互換性のある厳しい許容範囲 (例えば、振幅の許容範囲は $\pm 0.5\%$ 、周波数は $\pm 1\%$ で、一方商用電源ではそれぞれ $\pm 10\%$ と $\pm 5\%$ です。この改善度は、それぞれ 20 倍と 5 倍相当となります)。

3.4 充電器

充電器、または「チョッパー」は、次の 2 つのモードで動作します。

バックモード (通常運転)

ブーストモード (バッテリー運転)

通常運転時 (バックモード) は、バッテリーを充電します。このモードでは、充電器は直流電流を 0.1C10 に制限してバッテリーを再充電するか、バッテリーをフローティングモードのままにします。バッテリー運転時 (ブーストモード) は、バッテリーを放電します。この時充電器は、まだ負荷を供給しているインバーターに供給するために、バッテリーの電圧を直流バスレベルの電圧まで上げます。

3.5 バッテリー

バッテリーは必要に応じて商用電源に置き換わり、作業に十分なバックアップ時間 (6 分から数時間) を提供します。次の種類のバッテリーが使用されています。

制御弁式鉛蓄電池

ニッケル・カドミウム蓄電池

リチウムイオン電池

3.6 静止型バイパス

静止型バイパスは、インバーターから直接商用電源やその後方まで、負荷への電力供給を中断なく移行させることを可能にします。非中断移行は、SCR (静止型スイッチとも呼ばれる) を導入したデバイスで実現可能です。

静止型バイパスは、内部での故障の発生時や整流器 / 充電器、およびインバーターモジュールのメンテナンスの間であっても、継続的に負荷の供給が可能です。また、UPS の容量を超過した過負荷 (例えば、ショートなど) が発生した場合に、上流の利用可能な電力をすべて使用して移行することもあります。

静止型バイパスで運転している最中は、負荷は商用電源から直接供給されるため、保護されません (ダウングレードモードでの運転)。

3.7 保守用バイパス

このバイパスは、インバーターや静止型スイッチを使わずに、負荷に直接商用電源を供給するために使用しません (図 1)。保守用バイパスへの移行は、ユーザーがスイッチを使用して行います。必要なスイッチを動作させることで、保守用バイパスはメンテナンス用に静止型バイパスとインバーターを隔離する手段となると同時に、ダウングレードモードで負荷に電力供給を続けます。

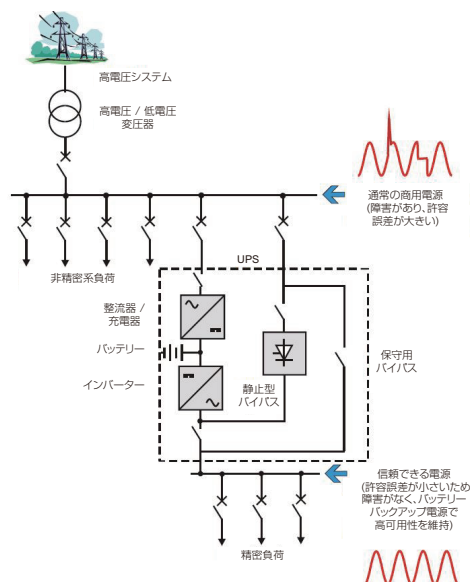


図 1 UPS ソリューション

4 UPS の種類

このセクションでは、さまざまな種類の UPS (Uninterruptible Power System) を説明しています。

4.1 はじめに

このガイドでは、次の種類の UPS を説明しています。

常時商用 (オフライン) 方式	常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式
ラインインタラクティブ方式	- ECoVersion
常時インバータデルタコンバージョンオンライン方式	- ECOモード
	- Smart Power Test (SPoT)

基準や UPS の運転方式についての詳細は、[セクション 2.2 基準と種類](#)をご覧ください。さらに、導入している UPS のインバーター機能の方式によって、UPS のソリューションは静止型と回転型に分類されます。

4.2 静止型 / 回転型 UPS ソリューション

静止型 UPS

静止型 UPS ソリューションでは、電子部品のみを使用してインバーター機能を実行します。(「静止型インバーター機能」のことです)

本ガイドで説明している UPS の型は静止型 UPS ソリューションであり、極めて多くの場所、特に高電力の利用環境で使用されています。

回転型 UPS

回転型 UPS ソリューションは、回転マシン (フライホイール) を用いてインバーター機能を実行します。(「回転型インバーター機能」のことです)

この UPS は、モーターや発電機と高度にシンプル化された静止型インバーターを組み合わせたものであり、インバーターが商用電源の障害を取り除き、出力電圧の周波数 (通常は「矩形波」形) のみを調節して、モーター / 発電機、場合によってはフライホイールを合わせたセットに調節済みの電力を供給します。

モーター / 発電機セットは出力電圧正弦波を発生させ、参考としてインバーター出力周波数を取得します。

4.3 オフライン方式の UPS

定義

UPS (Uninterruptible Power System) は、商用電源と並列に設置し、バックアップします (図 2)。バッテリーはインバーターから独立した充電器を使って充電します。

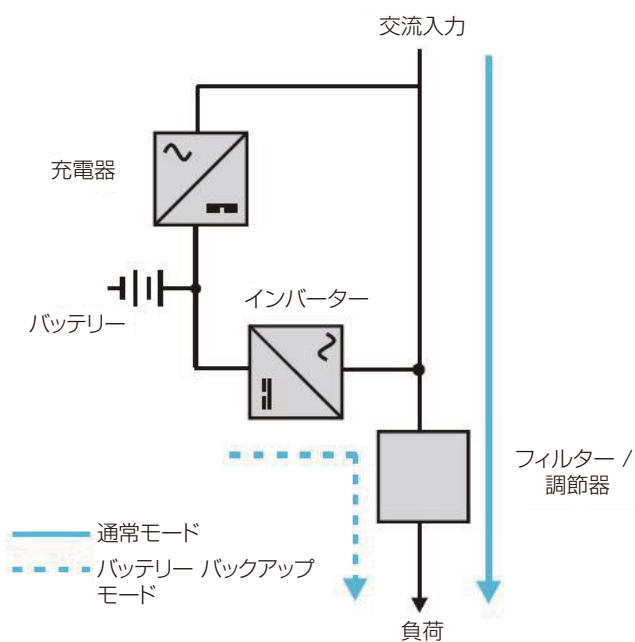


図 2
常時商用 (オフライン)
方式の UPS

動作原理

通常モード

インバーターがオフラインモードで動作します。

負荷は、所定の障害が取り除かれ、一定の電圧調整を行うフィルターを介して商用電源から電力供給を受けます。

負荷は、所定の障害が取り除かれ、一定の電圧調整を行うフィルターを介して商用電源から電力供給を受けます。さらに基準では、「例えば、鉄共振型変圧器、または自動タップ切換式変圧器など、電力調整を行うために組み込んだ付加的なデバイス」とも書いています。

バッテリー バックアップ モード

交流入力電圧が UPS の所定の許容範囲から外れている、または商用電源に障害がある場合、インバーターとバッテリーは負荷に継続的に電力供給できるように、極めてわずかな移行時間 (一般には 10 ms 以内) で介入します。

基準には時間は明記されていませんが、「負荷 (への電力供給) は、直接インバーターに移行するか、UPS スイッチ (電子的か電子機械的に) を介して行われる」と示されています。UPS は、バッテリーバックアップの時間が終了するか、商用電源からの供給が再開するまで、バッテリー電源によって継続運転されます。これで負荷 (への電力供給) の移行が交流入力 (通常モード) に戻るようになります。

長所

常時商用 (オフライン) 方式の UPS の長所は次のとおりです。

- シンプルな全体構成
- コスト削減

短所

常時商用 (オフライン) 方式の UPS の短所は次のとおりです。

負荷を上流の配電システムから実際には分離できるものではありません。

移行時間: UPS は静止型スイッチを使わずに運転しているため、負荷をインバーターに振り向けるには一定の時間を要します。この時間は、ある個別の利用環境では許容できるかもしれませんが、より高度で精密なシステム (大規模なコンピュータセンター、電話交換機など) が求める性能には適していません。

出力周波数 (単純に商用電源のもの) の規制がありません。

使用方法

実際、この構成は障害に対して許容できる保護レベルとコストの間の妥協点となるものです。上記の短所に関して、このタイプの UPS は事実上、低出力定格 (2 kVA 以下) 用にのみ使用され、周波数コンバーターとして使用することはできないということになります。

4.4 ラインインタラクティブ方式の UPS

定義

インバーターは交流入力と並列のスタンバイ配列で接続され、バッテリーを充電します (図 3)。そのため、交流入力ソースと相互運転 (可逆運転) できます。

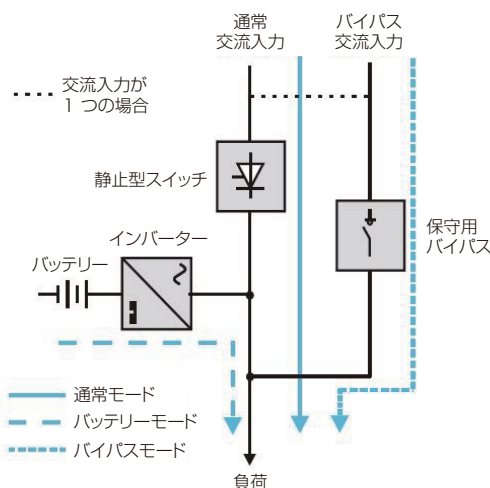


図 3
ラインインタラクティブ方式の UPS

動作原理

通常モード

負荷には、交流入力とインバーターを並列接続した状態を経て、調整された電力が供給されます。商用電源が許容範囲内である限り、インバーターは入力電圧の変動を調節します。そうでない場合（可逆運転）、バッテリーに充電します。

出力周波数は、交流入力周波数に依存します。

バッテリーバックアップモード

交流入力電圧が UPS の所定の許容範囲から外れている、または商用電源に障害がある場合、インバーターとバッテリーは負荷に継続的に電力供給できるよう介入します。

電源スイッチ（例えば、静止型スイッチなど）も交流入力を切断し、電力がインバーターから上流に逆流することを回避します。

UPS は、バッテリーバックアップの時間が終了するか、商用電源からの供給が通常になるまで、バッテリー電源によって継続運転されます。これで負荷（への電力供給）の移行が交流入力（通常モード）に戻るようになります。

バイパスモード

このタイプの UPS には、バイパスが備わっています。UPS 機能の 1 つが故障した場合、負荷には保守用バイパス経由でバイパス交流入力による電力供給に移行します。

長所

インバーターが継続して運転することがないため、同じ定格電力のダブルコンバージョン方式の UPS と比べてコストは安価になります。

短所

ラインインタラクティブ方式の UPS の短所は次のとおりです。

負荷を上流の配電システムから実際に分離できるものではありません。

- 電源電圧の変動に過敏で、インバーターに対して頻繁に要求を行います。
- 上流の入力電圧に下流の非線形負荷が影響を及ぼします。

出力周波数（単純に商用電源のもの）の規制がありません。

インバーターが交流入力と直列に設置されていないため、出力電圧の調整が正確とは言えません。基準では、交流入力とインバーターを並列接続した状態での「調節済み電力」を指しています。ただし、調節の程度は上流と下流の電圧変動感度や、インバーターの可逆運転モードによって決まります。

効率は以下の要素に依存します。

- 負荷の種類：非線形負荷では、引き込まれた電流には基本波から変化した高調波が含まれています。高調波電流は、電圧を調節する可逆運転インバーターから供給され、効率は確実に低下します。
- 負荷率：バッテリーの充電に必要な電力は、負荷率が下がれば、徐々に大きくなります。

静止型バイパスがないため、単一障害点が存在します。つまり、故障が発生すると UPS はシャットダウンします。

使用方法

この形態は周波数の調節ができないため、中～高電力の精密負荷の調節にはあまり向いていません。そのため、低定格電力向け以外で使用されることはほとんどありません。

4.5 常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式の UPS

定義

インバーターは、交流入力や利用環境と直列に接続します（図 3）。負荷への電力供給は、インバーターを経由して継続的に行われます。

このタイプの UPS は、次のように異なるモードで運転します。

- ダブルコンバージョン
- ECOversion
- ECO モード
- Smart Power Test (SPoT)

定義 (つづき)

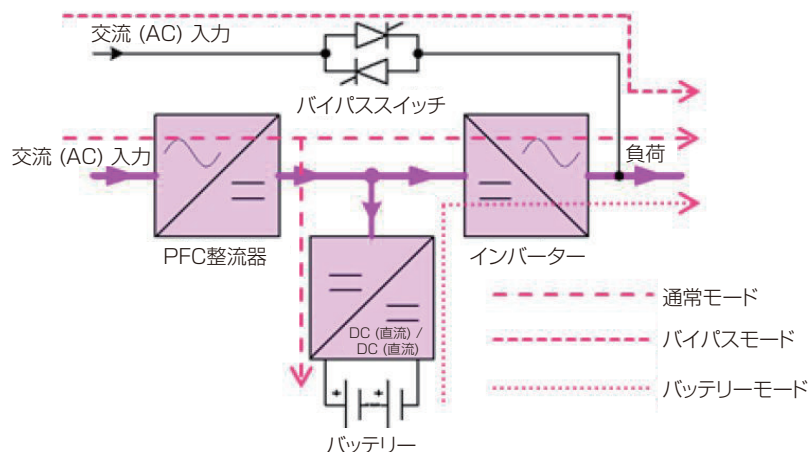


図 4
ダブルコンバージョン方式の UPS、通常モード

動作原理:ダブルコンバージョン

通常モード

通常モードでの運転時、負荷に供給されるすべての電力は整流器 / 充電器、およびインバーターを経由します。名前が示すとおり、変換を 2 回 (AC-DC-AC) 行い、電圧は継続して再生し、調節されます。

バッテリーバックアップモード

交流入力電圧が UPS の所定の許容範囲から外れている、または商用電源に障害がある場合、インバーターとバッテリーは負荷に継続的に電力供給できるように介入します。UPS は、バッテリーバックアップの時間が終了するか、商用電源からの供給が通常になるまで、バッテリー電源によって継続運転されます。これで負荷 (への電力供給) の移行が交流入力 (通常モード) に戻るようになります。

バイパスモード

このタイプの UPS には、静止型バイパス (静止型スイッチと呼ばれることもあります) が備わっており、インバーターから直接商用電源とその後方まで、負荷への電力供給を中断なく移行させることを可能にします。

静止型バイパスを使った負荷への電力供給の移行は、次のいずれかのイベントが発生した場合に行われません。

- UPS の故障時
- 過負荷
- 負荷の電流が過渡状態 (突入電流または故障電流)
- バッテリーバックアップ時間が終了した時

バイパスモード (つづき)

静止型バイパスが使用できるのは、入力周波数と出力周波数が同じであることが前提です。つまり、周波数コンバーターとしては使用できません。電圧レベルが同じでない場合、バイパス変圧器が必要になります。UPS はインバーターからバイパスラインまで、電力供給を中断せずに移行できるようにバイパス交流入力と同期します。

なお、保守用バイパスとも呼ばれる他のバイパスラインは、メンテナンス目的に利用することができます。これは手動スイッチで閉じます。

長所

- ダブルコンバージョン方式の UPS の長所は次のとおりです。
- 商用電源 / バッテリーにかかわらず、出力電源を再生します。
- 負荷を配電システムとその障害から完全に分離できます。
- 入力電圧範囲が非常に幅広いですが、出力電圧は厳密に調整します。
- 入力周波数と出力周波数が独立しているため、出力周波数を厳密な許容範囲内に保てます。静止型スイッチを無効にすることで、(計画をしていれば) 周波数コンバーターとして運転できます。
- 定常状態や非定常 (過渡) 状態では、極めて高い性能を発揮します。
- 商用電源に障害が発生すると、バッテリーバックアップモードに瞬時に切り替わります。
- 電力供給を中断せずに、バイパスラインに移行します (バイパスモード)
- メンテナンスを容易に行うために、手動 (通常は標準) でバイパスが可能です。

短所

他の UPS と比較して高額になりますが、上記の多くの長所がそれを十分に補います。

使用方法

この形態は、負荷の保護、調節の将来性、性能レベルにおいて最も完全と言えます。特に、入力電圧と入力周波数が独立しているため、出力電圧と出力周波数も独立させることが可能です。このように多くの長所があるため、実質的に中～高定格電力 (10 kVA 以上) 用に使用される唯一の形態と言えます。

動作原理: EConversion

特許取得済みの EConversion は、シュナイダーエレクトリックが保有する複数の特許をベースに、ダブルコンバージョン方式 (電圧の品質) と配電システムとの相互作用の両者の長所を併せ持つものです (図 5)。

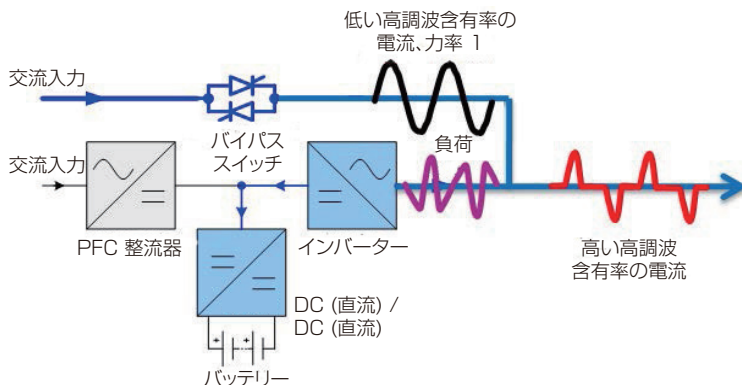


図 5 EConversion モード

このタイプの UPS は極めて効率的です。UPS の下流方向への移行時間がゼロのため、負荷の安全性が確保されます (IEC 62040-3 Class 1 の出力電圧)。アクティブ高調波フィルタリング (アクティブフィルタ) によって、極めて不安定な電力が負荷に供給された場合にも UPS の上流方向に障害が影響しないため、さらなる安心が得られます。

長所

ダブルコンバージョン方式の UPS の EConversion モードの長所は、次のとおりです。

- 完全な高調波補償、力率 1 の上流の交流バイパス支流
- 負荷の電圧品質は、IEC 62040-3 Class 1 制限内を維持します。
- インバーターは、高調波低減とバッテリー充電のいずれにも使用されます。
- これらの特徴により、電圧低下や上流での障害発生時にも、EConversion からバッテリー運用までの移行中に電力供給の中断がありません。
- 最大 99% の極めて高い効率性

短所

他の UPS と比較して高額になりますが、上記の多くの長所、特に保証付きの高品質な電圧による極めて高い効率性が十分それを補います。

使用方法

下流方向への電力品質を犠牲にすることなく、極めて高い効率性を求めるお客様に適した最も先進的な形態です。多くの利用形態で使用できますが、最も重要な形態となるのはデータセンター分野で混成使用する方法が考えられます。例えば、2N 構成では、1 支流がダブルコンバージョン方式で、別の支流が EConversion で運転するなどです。

動作原理: ECO モード

これは、現在の大半の UPS ソリューションで利用可能なエコノミーコードです (図 6)。

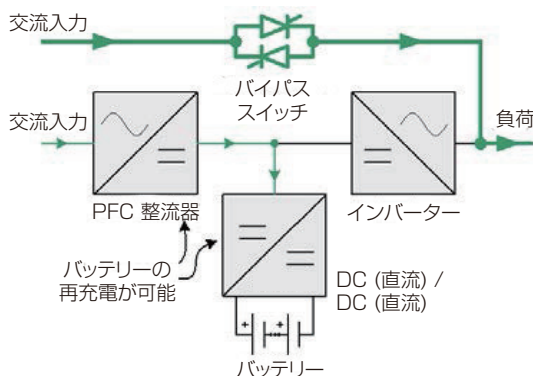


図 6 ECO モード

動作原理:ECO モード(つづき)

負荷は絶対グリッドを使用し、静止型バイパス支流を経て電力供給されます。負荷の電流は上流のグリッドに直接影響するため、この運転モードでは設置環境全体における潜在的な高調波含有率を考慮する必要があります。

動作原理:Smart Power Test (SPoT)

この運転モードでは、負荷バンクに接続せずに UPS の電源テストが行うことができます。SPoT モードについての詳細は、Application Note AN188 on Galaxy VM のホームページをご覧ください。

この運転モードでは、以下の各 UPS コンポーネントをテストできます。

- PFC
- インバーター
- 静止型バイパススイッチ
- バッテリー充電器

図 7 は、Smart Power Test モード運転での PFC / インバーター / 静止型バイパステストを示しています。

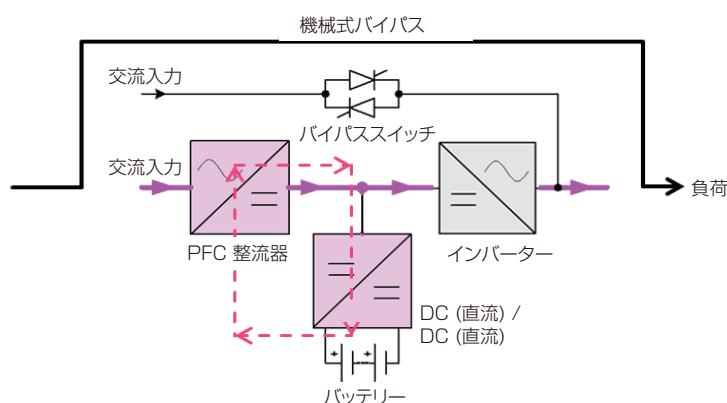


図 7
SPoT モード運転
PFC / インバーター /
静止型バイパステスト

図 8 は、Smart Power Test モード運転での充電器テストを示しています。

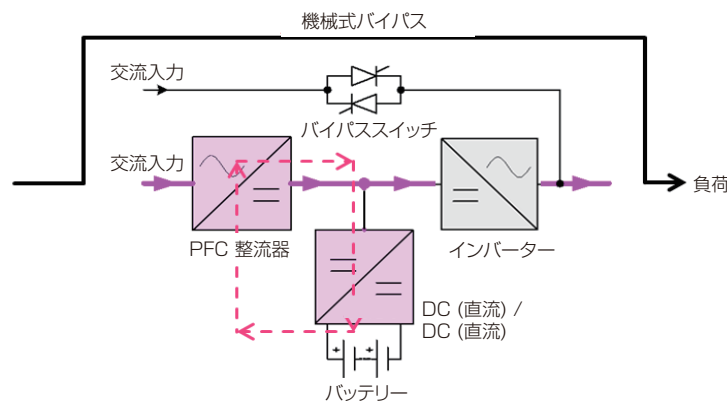


図 8
SPoT モード運転
充電器テスト

長所

このモードの長所は次のとおりです。

- UPS の電源テスト：試運転時、メンテナンス作業後、または故障修理後に実施。
- お客様のスイッチギアで負荷バンクに接続する際に、ブレーカーを確保する必要がありません。
- 単一装置と並列システムの両方に対して実施できます。

短所

テストの間、負荷には商用電源から電力が直接供給されることになります。

4.6 常時インバータデルタコンバージョンオンライン方式のUPS

図 9 で示されている UPS の設計は、ダブルコンバージョンオンライン方式の設計上の欠点を取り除くために、ここ 10 年で導入された比較的新しいテクノロジーであり、5 kVA から 1.6 MW 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の設計と同様に、デルタコンバージョンオンライン方式の UPS には、常に負荷電圧を供給するインバーターがあります。ただし、追加のデルタコンバーターもインバーター出力に電力を供給します。交流に故障や障害が発生した状況では、この設計はダブルコンバージョンオンライン方式と同じ動作をします。

4.6 常時インバータデルタコンバージョンオンライン方式の UPS (つづき)

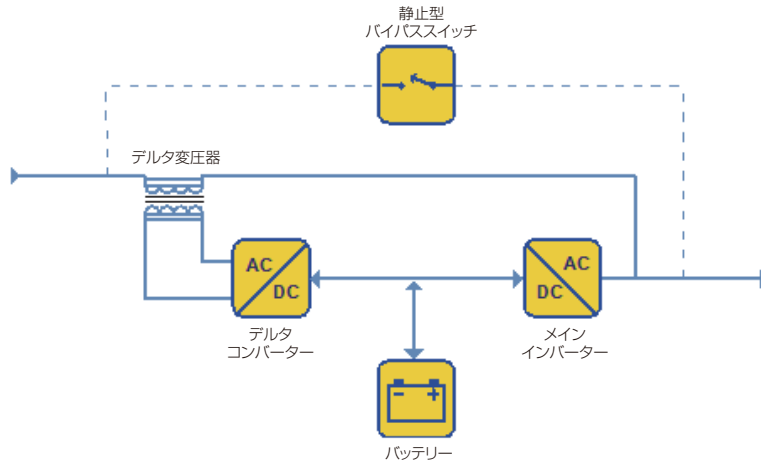


図 9
デルタコンバージョン
オンライン方式の UPS

デルタコンバージョン方式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 10 で示すように建物の 4 階から 5 階に荷物を運ぶときに必要なエネルギーを考えてみましょう。

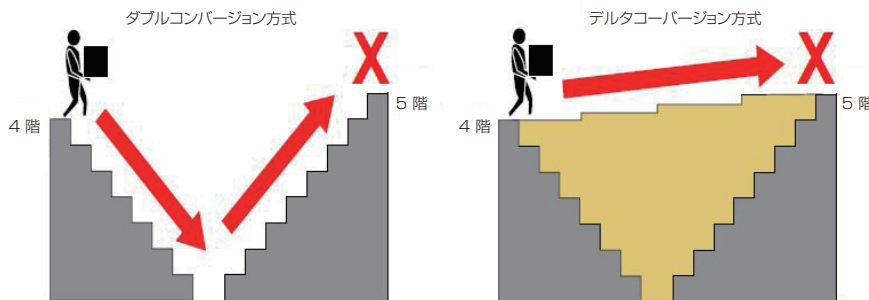


図 10
ダブルコンバージョン
方式とデルタコンバージョン
方式の類似点

デルタコンバージョン技術は、開始点と終了点の差 (デルタ) だけの荷物を運ぶことでエネルギーを節約しています。ダブルコンバージョンオンライン方式の UPS は、電源をバッテリーに変換して呼び戻しますが、デルタコンバーターは電源のコンポーネントを入力から出力まで移動させます。

デルタコンバージョンオンライン方式では、デルタコンバーターが 2 つの目的で動作します。まず、入力電力の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、正弦波の形で電力供給を受け、商用電源に反映してしまう高調波の影響を最小限に抑えます。これにより、商用電源と発電機システムの互換性を最適な状態に保ち、配電システムでの加熱とシステムの摩耗を低減することができます。

デルタコンバーターの 2 つめの目的は、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の UPS 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、入力特性が異なるケースが多く見られます。デルタコンバージョンオンライン方式では、従来のソリューションに特有のフィルターバンクの非効率な利用を行わず、動的に制御され、力率補正された入力電力を提供します。

この方式の最も重要なメリットは、エネルギー損失の大幅な削減にあります。また入力電力の制御によって、UPS はあらゆる発電機との互換性を保てるようになり、配線や発電機をオーバーサイズ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、特許によって保護されている唯一のコア UPS 技術であるため、どの UPS サプライヤーからでも入手できるわけではありません。定常状態の間、デルタコンバーターはダブルコンバージョン方式と比較して、より一層効率的に負荷に電力を供給することができます。

4.7 結論

ダブルコンバージョン方式の UPS は、販売されている中～高電力システムの大半 (数 kVA からのもものでは 95%、10 kVA 以上のもは 98%) を占めます。

そして、ほぼ高い出力定格専用で使用されています。その理由として、これらの出力定格で利用される精密負荷のニーズを満たす長所が多いこと、またインバーターが交流入力と直列で配置されている点が大きく関係しています。

4.7 結論 (つづき)

コストが高い点を除いてほぼ弱点はありませんが、このコストについては、ビジネスクリティカルな負荷の保護に必須となる高いパフォーマンスの確保によって生じているものです。弱点を強いて挙げるとすれば、やや電力損失率が高い(数パーセント)ということです。

検討される電力の出力領域において、他の技術を使用すればコストはかなり低く抑えられますが、要件を何とかクリアする程度のレベルです。この他に挙げられる技術の短所は以下のとおりです。

常時商用 (オフライン) 方式の UPS には、電圧調節機能がありません。

常時商用 (オフライン) 方式とラインインタラクティブ方式の UPS には周波数調節機能がありません。

インバーターが並列配置であるため、交流入力から中途半端に分離 (時としてサージ避雷器) されています。

低い定格電力 (2 kVA 以下) の場合、3 つの標準化技術が共存しています。(人や生産性などの見地から) 3 つの形態のいずれかを選択すると、負荷とリスクの要件が変わるため、保護の動きにかかるコスト効率も変わってきます。

5 UPS の電力特性

このセクションでは、ダブルコンバージョン方式での電力品質、線形負荷と非線形負荷の電圧品質、さらに UPS の電力の可用性について説明しています。

5.1 ダブルコンバージョン方式の UPS の電力品質

ダブルコンバージョン方式のソリッドステート制御型 UPS は、計画的に接続した負荷に次のような正弦波信号を供給します。

絶えず再生と調整を行っているため高品質です。(振幅 $\pm 1\%$ 、周波数 $\pm 0.5\%$)

(ダブルコンバージョン方式によって) 配電システムや、特に (バッテリーによって) 瞬停や停電から発生する障害がまったくありません。

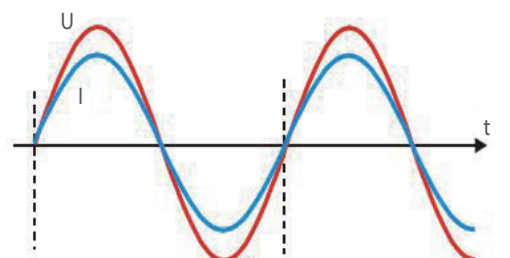
このレベルの品質は、負荷の種類に関係なく確保されるべきものです。

5.2 線形負荷の電圧品質

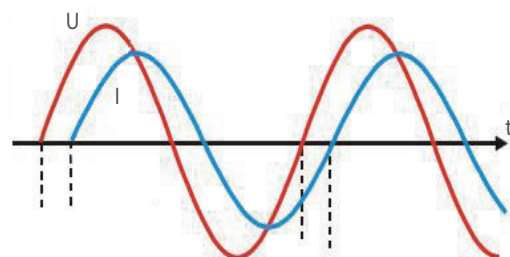
概要

正弦波電圧が供給される線形負荷には電圧と同じ周波数の正弦波電流が流れ、電流は電圧に応じて変位 (角度) します (図 11)。

このタイプの負荷の場合、UPS 出力信号は極めて高品質、つまり電圧と電流は完全な正弦波、50 または 60 Hz ということになります。



a)



b)

図 11
線形負荷の電圧と電流
a) 純粋な抵抗負荷
b) インダクターおよび / またはコンデンサーを備えた負荷

線形負荷の例

線形負荷は、電源を備えた電子部品は含まず、抵抗 (R)、インダクター (L)、そしてコンデンサー (C) のみを有しています。

以下を含め、多くのものが線形負荷です。

- 標準的な電球
- 加熱装置
- 抵抗負荷
- モーター
- 変圧器など

5.3 非線形負荷の電圧品質

概要

正弦波電圧が供給される非線形 (または、ひずみ) 負荷には、電圧と同じ周波数ではあるが、正弦波ではない周期電流が流れます。

負荷を流れる電流は、実際には次の組み合わせとなります。

基本波と呼ばれる正弦波電流 (周波数は 50 または 60 Hz)。

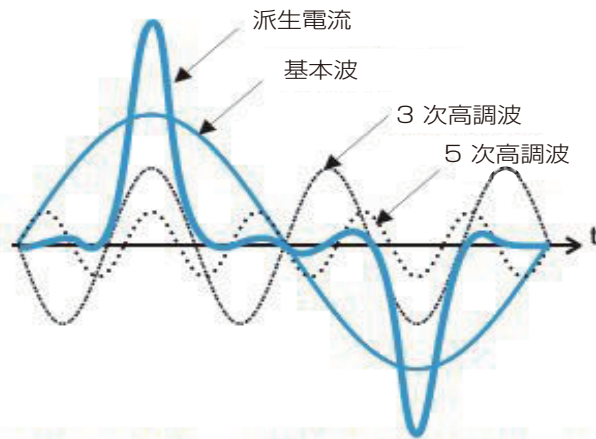
高調波。基本波のものよりは小さな振幅だが、周波数は基本波の倍の正弦波電流で、高調波次数 (例えば、3 次高調波の周波数 $3 \times 50 \text{ Hz}$ (または 60 Hz)、5 次高調波の周波数 $5 \times 50 \text{ Hz}$ (または 60 Hz) を決定します。

高調波電流は、入力電流を切り換える電子部品 (例えば、ダイオード、SCR、IGBT など) があることで発生します。

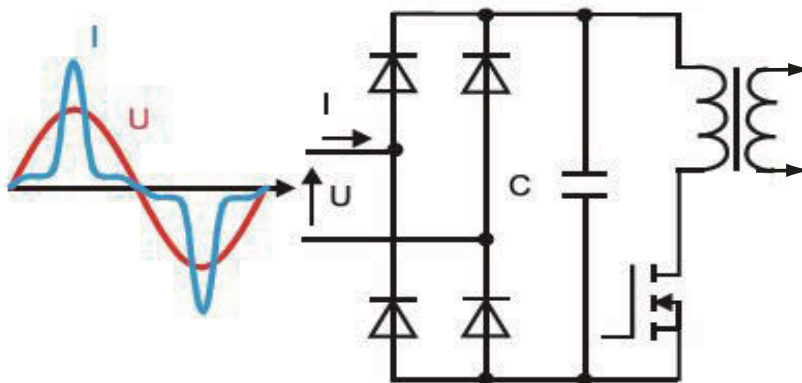
非線形負荷の例

非線形負荷は、入力用にスイッチング電源が備わっており、電子機器 (例えば、コンピュータ、可変速ドライブなど) に電力を供給するデバイスを指します。

非線形負荷に流れる電流は、高調波により歪みます (図 12)。



a)



b)

図 12
非線形負荷の電流波形図
a) 高調波の影響 (この例では 3 次および 5 次高調波)
b) 単相スイッチング電源 (コンピュータ) にかかる電圧と電流

非線形負荷の例 (つづき)

非線形負荷に流れる電流の高調波スペクトルを、図 13 と表 1 に示しています。

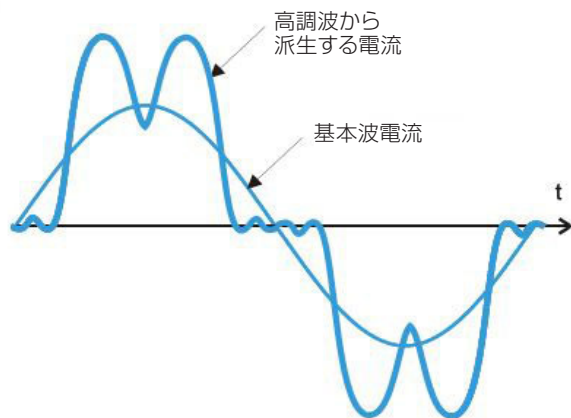


図 13
三相整流器の入力電流

高調波歪みレベル		THDI
高調波	%	
H5	33	35%
H7	2.7	
H11	7.3	
H13	1.6	
H17	2.6	
H19	1.1	
H23	1.5	
H25	1.3	

表 1
高調波スペクトルと対応する THDI

非線形電流の高調波解析は、以下の決定に利用します。

- 電流で示される高調波次数
- 次数をパーセンテージで測定する個々の次数の相対的な重要性

説明: $Hk\%$ = 高調波歪み率

$$k = \frac{\text{高調波の rms 値}}{\text{基本波の rms 値}}$$

電圧と電流の高調波歪み率

非線形負荷は電流と電圧の両方に高調波を生みますが、これは個々の電流における高調波の発生で、電圧に同じ周波数の高調波が発生することが原因です。そのため、UPS の 50 Hz (または 60 Hz) の正弦波電圧は高調波によって歪みます。

正弦波の歪み率は、パーセント表示されます。

$$\text{THD \%} = \text{全歪み率} = \frac{\text{全高調波の rms 値 } k}{\text{基本波の rms 値}}$$

説明: THD は、全高調波歪み率 (Total Harmonic Distortion) です。

次の値が定義されています。

- THDU % は電圧に使用され、電圧の高調波に基づいています。
- THDI % は電流に使用され、電流の高調波に基づいています。(図 12, 表 1)

高調波が高くなればなるほど、歪み率も大きくなります。負荷を流れる交流の歪みは、入力時の電圧の歪み (THDU はおよそ 5%) と比べるとはるかに高く (THDI はおよそ 30%) になっています。

UPS と非線形負荷

高調波は、UPS 出力の正弦波電圧に影響をおよぼします。過度な歪みは、特に流れる電流が増加 (温度が上昇) するため、出力で並列接続されている線形負荷の動作を阻害する可能性があります。

UPS 出力電圧の品質を維持するには、歪み (THDU) を抑制、つまり電圧の歪みを生む電流の高調波を抑制する必要があります。特に、(UPS の出力時と負荷に電力供給するケーブルで) 電気抵抗を低く抑える必要があります。

出力電圧の歪みの抑制

シュナイダーエレクトリック製 UPS の出力時の電気抵抗は、全周波数対応のチョッピング技術を採用しており、周波数を問わず（高調波次数に関係なく）極めて低く抑えられています。この技術により非線形負荷に電力を供給する際には、出力電圧の歪みは実質的にすべて取り除かれます。そのため、非線形負荷の場合でも出力電圧の品質は安定しています。

設置担当者は、以下を行う必要があります。

非線形負荷用の UPS の出力値を確認します。特に、公表されている歪み率、IEC 62040-3 基準に示された標準的な非線形負荷の歪みを測定して、極めて低いこと（THDU が 2～3% 以下）を確認します。負荷に電力供給する出力ケーブルの長さ（電気抵抗）を抑えます。

5.4 UPS 電力の可用性 (電気設備の可用性)

概要

可用性とは、電力供給を受ける負荷が必要とする品質を満たすエネルギーを設備が供給できる可能性を意味し、以下のようにパーセントで表示されます。

$$\text{可用性 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{MTTR}}{\text{MTBF}}\right) \times 100$$

MTTR は、電力供給システムに障害が発生してから復旧するまでの平均時間を意味します（障害の原因を検知し、修復してシステムが再始動するまで）。

MTBF は、ある障害が発生してから次の障害が発生するまでの平均時間で、電力供給システムが負荷の運転を適正に行える平均時間を意味します（図 14）。

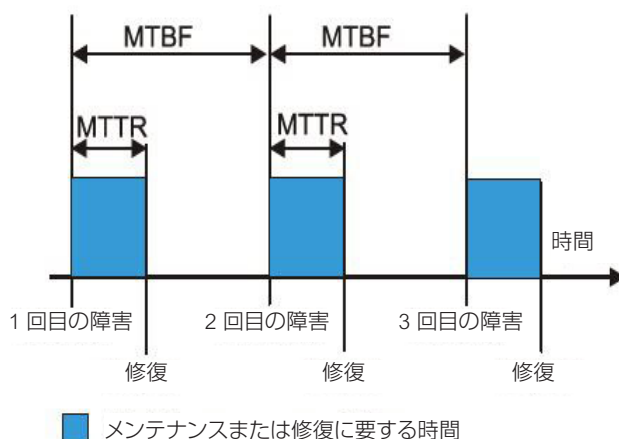


図 14
MTTR と MTBF

可用性の例

99.9% の可用性（ナインと呼びます）とは、システムが必要とされる機能をいつでも効果的に実行できる確率が 99.9% であるということです。この確率と 1 との差（つまり、 $1 - 0.999 = 0.001$ ）は、非可用性の割合を示しています（システムが任意の時に必要な機能を実行できない確率が 1000 回に 1 回ある）。

可用性の実際の意義

クリティカルな利用環境のダウンタイムコストは非常に高いため、こうした利用環境はできる限り運用を継続させなければなりません。

電気設備によるエネルギー供給の可用性は、その運営時間における統計的な測定値（パーセント形式）に相当します。

MTBF 値と MTTR 値は、コンポーネントごとに（長期間に渡る十分な期間の観測をベースに）計算 / 測定され、所定期間の設備の可用性を判断するために使用します。

可用性を左右する要因

可用性は、MTBF 値と MTTR 値によって左右されます。

MTTR 値がゼロ（即時復旧）、または MTBF 値が無限大（無障害運転）であれば、可用性は 100% となりますが、これは統計上ありえません。

MTTR 値が小さくなり、MTBF 値が大きくなると、可用性は高くなります。

「3 ナイン」 から「6 ナイン」 まで

その特性上、多くの利用環境が重要な役割を果たしており、電力の可用性を可能な限り高く維持したいという要望が生まれています (図 15)。

そのため、可用性には次のレベルがあります。

- 「3 ナイン」
- 「4 ナイン」
- 「6 ナイン」

「従来型」のエコノミーでは、商用電源の電力を使用します。HV バックアップ機能を備えた平均的な品質の配電システムは、99.9% の可用性 (「3 ナイン」) を実現しており、これは年間を通じて電力を利用できない時間が 8 時間あることを意味します。

精密負荷の場合、99.99% (「4 ナイン」) の可用性を実現できる電力供給を求めており、ここでは年間で 50 分間の電力を利用できない時間があることとなります。

そして、データセンターのコンピュータや通信機器は、99.9999% の可用性 (「6 ナイン」) を求めており、このレベルになると電力を利用できない時間は年間で 30 秒ということになります。

このレベルは大きな金銭的なリスクの回避するとともに、メンテナンス用にシャットダウンすることなく、365 日 24 時間稼働して継続的な電力供給を行うための 1 つのステップです。

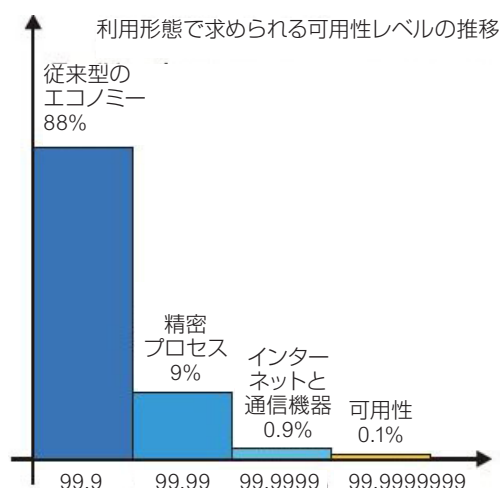


図 15
利用形態で求められる
可用性レベルの推移

6 UPS の利用環境

このセクションでは、利用環境ごとの保護ニーズと UPS の種類など、UPS を必要とする利用環境について詳しく説明しています。

6.1 概要

無停電電源装置 (UPS) は、常に利用可能で、商用電源系の障害の影響を受けない電力を必要とする、幅広い利用環境で使用されます。

このタイプの設備を必要とする利用環境は次のとおりです。

- コンピュータシステム
- 通信機器
- 製品製造プロセス
- 安全システム

必要な UPS の形態は、[セクション 4. UPS の種類](#) ([セクション 4.1. はじめに](#)、および [セクション 4.5 常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式の UPS](#)) をご覧ください。

次の方式を実装する静止型 UPS が含まれています。

- 常時商用 (オフライン) 方式
- ラインインタラクティブ方式 (配電システムと相互作用)
- 常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式
 - ECOversion (ダブルコンバージョンと ECO モードから派生)
 - ECO モード (ダブルコンバージョンのエコノミーモード)
 - Smart Power Test (SPoT)
- 常時インバータデルタコンバージョンオンライン方式

6.2 UPS の利用環境一覧表

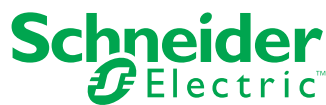
表 2 は、UPS を必要とする利用環境が示されています。個々の利用環境において、障害の感度と保護に適した UPS の種類を記載しています。

表 2
UPS の利用環境

利用環境	保護するデバイス	障害					UPS
		瞬停	停電	電圧変動	周波数変動	その他	
コンピュータシステム							
データセンター	ラックマウント型サーバー用の大型ベイ インターネットデータセンター	*****	*****	*****	*****	*****	常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式
企業ネットワーク	端末と周辺機器を備えたコンピュータセット: テープストレージ装置 ディスクドライブなど	*****	*****	*****	*****	*****	常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式
小規模なネットワークとサーバー	ネットワーク構成は次のとおりです。 PC またはワークステーション サーバーネットワーク: - WAN - LAN	****	****	***	***	**	ラインインタラクティブ方式
スタンドアロンのコンピュータ	PC、ワークステーション 周辺機器: - プリンター - プロッター - ボイスメール	**	**	*	*	**	常時商用 (オフライン) 方式
通信							
通信	デジタル交換機	*****	*****	*****	*****	*****	常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式
工業と精密機器							
工業工程	プロセスコントロール PLC 数値制御システム 制御システム ロボット制御 / 監視システム 自動機械	***	*****	***	***	*****	常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式
医療と研究機関	計器 スキャナー (60 Hz)	****	*****	****	****	***	常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式
産業機器	工作機械 溶接ロボット プラスチック射出プレス 精密制御機器: - 織物 - 紙など 製造現場用加熱設備: - 半導体 - ガラス - 純物質	***	****	***	***	***	常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式
照明装置	公共構造物: - 安全装置 トンネル 空港の滑走路の照明	**	****	***	***	**	常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式 ラインインタラクティブ方式
その他の利用環境							
特定の周波数	周波数変換 (周波数コンバーター)	****	****	****	*****	***	常時インバータダブルコンバージョンオンライン方式

* 障害に対して低感度
***** 障害に対して高感度

Life Is On



当社の自動化ソリューションについての詳細は、
schneider-electric.com をご覧ください。

このチャプターは、Schneider Electric Industries SAS および Takoma SAS の次の専門家によって作成されました。

Agata Muszalska, Aidin Aliyazadeh, Amélie Piette, Andre Gabagnou, Benoît Dombret, Bertrand Henotte, Fleur Hattenberger, Héléne Resseguier, Hussain Ahmed, Katarzyna Marcinkowska, Lionel Ardid, Marina Savilova Poulain, Paolo Colombo, Rene Mourait, Stephane Lagache, Sylvain Gras

シュナイダーエレクトリック株式会社

〒108-0023 東京都港区芝浦2-15-6 オアーズ芝浦MJビル

TEL : 03-5931-7500 FAX : 03-3455-2030

WEB : http://www.apc.co.jp/support_contact/

このドキュメントに記載する情報には、本書で紹介する製品の性能の一般的な説明、および / または技術的特性が含まれています。このドキュメントは、特定のユーザーの利用環境におけるこれらの製品の適合性 / 信頼性を判断するための代替手段の提供を意図したものではなく、またそのために使用するものでもありません。関連する特定の利用環境やその使用方法に関して、製品のリスク分析、評価、テストを適切に実施することは、かかるユーザー、またはインテグレーターの責任であり、Schneider Electric やいかなる関連会社や子会社も、ここに含まれる情報の誤用に関して法的責任を一切負わないものとします。