

منابع تغذیه‌ی بدون وقفه (UPS¹)

نگارش: رضا سپاس‌یار (info@avr.ir)

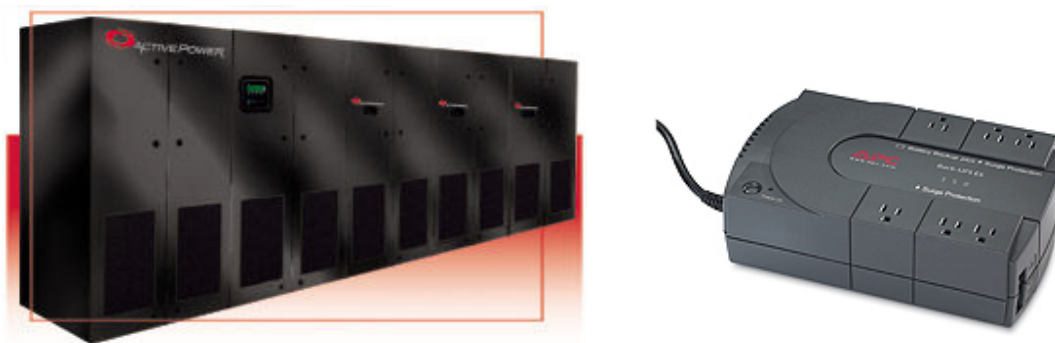


¹ Uninterruptible power supply

۱. معرفی

UPS وسیله‌ای است که یک تغذیه‌ی پیوسته و بدون وقفه را برای وسیله‌ی مصرف کننده فراهم آورده و اگرچه محدودیتی در کاربرد آن وجود ندارد اما معمولاً از آن برای حفاظت کامپیوترها، دستگاه‌های مخابراتی و سایر سیستم‌هایی که نسبت به بروز وقفه در منبع تغذیه حساس‌اند استفاده می‌شود.

UPSها در ابعاد مختلفی ساخته می‌شوند، برای حفاظت یک کامپیوتر بدون مانیتور (حدود ۲۰۰ ولت-آمپر) تا تامین برق مصرفی یک ساختمان مرکزی^۱ (چند مگاوات)، UPSهای مناسبی وجود دارد. یک UPS کوچک، تغذیه‌ی خود را از باتری تامین می‌کند درحالی‌که UPSهای بزرگ معمولاً در اتصال با ژنراتورها عمل می‌کنند.



در گذشته، UPSها گرانقیمت بودند و برای حفاظت از سیستم‌های کامپیوتری گرانقیمت استفاده می‌شدند. با کاهش قیمت، UPSها تبدیل به یکی از اجزای ضروری تجهیزات موجود در مراکز داده و ماشین‌های اداری شدند، ضمن اینکه استفاده از آنها برای کامپیوترهای شخصی به امری معمول تبدیل شده است.

^۱ Data center

در برخی کشورها، زمانی که شبکه‌ی توزیع برق تحت فشار است (مانند تابستان‌ها که به دلیل استفاده از سیستم‌های خنک کننده، مصرف افزایش می‌یابد)، خاموشی لحظه‌ای^۱ روی می‌دهد. بروز سه خاموشی مهم در سال ۲۰۰۳ در آمریکای شمالی شامل شمال شرق ایالت متحده و شرق کانادا و خاموشی سال ۲۰۰۳ در ایتالیا که بر روی پنجاه میلیون نفر تاثیر گذاشت، موجب شد تا توجه بیشتری به استفاده از UPS به عنوان منبع تغذیه‌ی پشتیبان شود.



عملکرد UPS نباید با ژنراتورهای جانشین^۲ اشتباه شود، چراکه این ژنراتورها چه به صورت خودکار یا دستی وارد خط شوند موجب بروز وقفه در منبع تغذیه می‌شوند.

معمولاً در سیستم‌های برق اضطراری، ژنراتورهای جانشین در ورودی UPS قرار گرفته و تغذیه‌ی

وسایل حساس به وقفه را تامین می‌کنند. در شکل مقابل، تصویر یک ژنراتور پشتیبان را که برای یک آپارتمان نصب شده است مشاهده می‌کنید.

۲. مشکلات متداول تغذیه

مهم‌ترین مشکلات سیستم برق و برخی اثرات آن‌ها عبارتند از:

۱. قطع تغذیه^۳ - قطع کامل منبع برق که باعث توقف وسایل برقی می‌شود.

۲. افت لحظه‌ای ولتاژ^۴ - موجب چشمک زدن لامپ‌ها می‌شود.

^۱ Rolling blackout

^۲ Standby generator

^۳ Blackout یا Power Failure

^۴ Voltage sag

۳. افزایش لحظه‌ای ولتاژ^۱ - موجب کاهش طول عمر و یا وارد شدن آسیب جدی به وسایل الکترونیکی می‌شود.

۴. افت ولتاژ^۲ - کم شدن ولتاژ خط برای مدتی قابل توجه که باعث گرم شدن موتورها می‌شود.

۵. افزایش ولتاژ^۳ - افزایش ولتاژ خط برای مدتی قابل توجه که باعث از کار افتادن لامپ‌ها می‌شود.

۶. نویز خط^۴ - اعوجاج‌هایی که به شکل موج برق افزوده شده و موجب تداخل الکترومغناطیسی (EMI) می‌شود.

۷. تغییر فرکانس^۵ - انحراف فرکانس برق از مقدار نامی (۵۰ یا ۶۰ هرتز) که موجب افزایش یا کاهش سرعت موتورها و همچنین مشکلات زمان‌بندی در وسائلی می‌شود که با برق شهر همزمان شده‌اند.

۸. پرش‌های کلیدزنی^۶ - افت ولتاژ لحظه‌ای در حدود چند میلی ثانیه تا چندین ثانیه که باعث بروز خطا در عملکرد برخی تجهیزات می‌شود (مانند خطا در ثبت داده با از بین رفتن آن).

۹. اعوجاج هارمونیکی^۷ - هارمونیک‌ها مضاربی از فرکانس نامی (مانند ۱۰۰، ۱۵۰، ... هرتز) می‌باشند که معمولاً توسط مدارات الکترونیک قدرت به برق شهر افزوده شده و موجب ایجاد گرما و اختلالات مضر در موتورها و سیستم‌های الکترونیکی می‌شوند.

UPSها برحسب اینکه مخاطب کدامیک از مشکلات فوق‌اند به گروه‌هایی تقسیم می‌شوند. به عنوان مثال، برخی از سازندگان محصولات خود را در رده‌های ۳، ۵ یا ۹ تقسیم بندی می‌کنند که به ترتیب به منظور حل مشکلات ۳، ۵ یا ۹ از موارد بالا می‌باشند.

¹ Voltage spike

² Brownout

³ Over voltage

⁴ Line noise

⁵ Frequency variation

⁶ Switching transient

⁷ Harmonic distortion

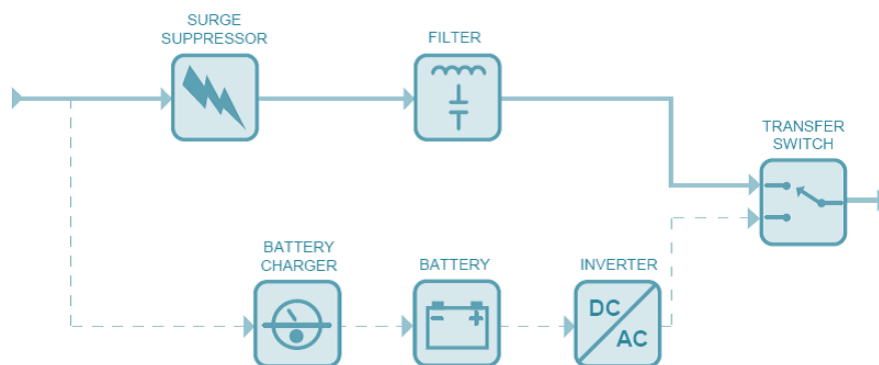
3. فناوری‌های UPS

دسته‌بندی عمومی UPS‌های مدرن عبارتند از:

- Standby (جانشین) یا Off-line (برون خط)
- Ferro resonant Standby
- Line-interactive (خط تعاملی)
- Double-conversion (تبدیل مضاعف) یا Online (برخط)
- Delta Conversion (تبدیل اختلاف)

۳.۱ Standby

ساده‌ترین و ارزان‌ترین نوع UPS است که معمولاً در کامپیوترهای شخصی از آن استفاده می‌شود. در نمودار بلوکی زیر عملکرد این نوع UPS نشان داده شده است، در شرایط عادی، سوییچ به ورودی AC فیلتر شده (مسیر پررنگ) وصل بوده و با بروز خطا به خروجی اینورتر (مسیر خط چین) متصل می‌شود.



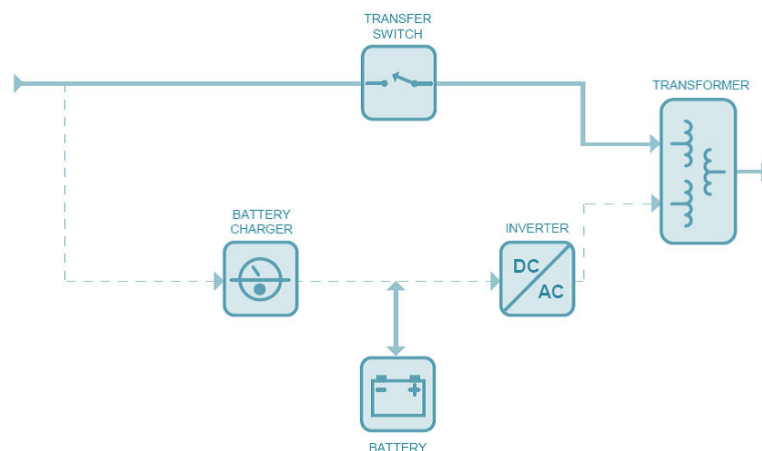
همانطور که می‌دانید اینورتر یک مبدل DC به AC است که در اینجا از باتری، ورودی DC را دریافت کرده و خروجی AC برای مصرف کننده تولید می‌کند. باتری در شرایط عادی توسط مدار شارژر، شارژ شده و با تغییر وضعیت کلید، جریان مورد نیاز اینورتر را تامین می‌کند.

توجه: از آنجایی که معمولاً در زمان تغییر وضعیت کلید، برای چند میلی‌ثانیه جریان دریافت شده توسط بار قطع می‌شود، در صورتی که از این نوع UPS برای کامپیوترهای شخصی استفاده می‌شود لازم است تا این زمان (Transfer Time)، کمتر از مقدار Holdup منبع تغذیه‌ی کامپیوتر باشد، در غیراینصورت در لحظه‌ی سوییچ نمودن، کامپیوتر Shut down خواهد شد.

۳.۲ Ferro resonant Standby

زمانی این نوع UPS، متداول‌ترین در رنج ۳ تا ۱۵ کیلو ولت-آمپر بود. در این نوع UPS از یک ترانسفورماتور فرورزونانس استفاده می‌شود که دارای یک ورودی و دو خروجی است. مطابق با شکل زیر، در شرایط عادی سوییچ انتقال بسته بوده و ورودی ترانس از برق شهر تامین می‌شود (مسیر پررنگ). با قطع برق شهر، سوییچ انتقال باز شده و اینورتر جریان بار را تامین می‌کند.

در UPS از نوع Ferro Resonant، ترانسفورماتور دارای توانایی فرورزونانس است که می‌تواند تا حدودی ولتاژ خروجی را رگوله نموده و موج خروجی را شکل دهد.



اگرچه ایزوله شدن از خط برق شهر و فیلتر شدن پرش‌ها بوسیله‌ی ترانسفورماتور از ویژگی‌های مثبت این نوع UPS ها است اما ترانسفورماتور فرورزونانس مقادیر زیادی گرما ایجاد می‌کند که باعث کاهش راندمان UPS می‌شود. همچنین وجود این ترانسفورماتور باعث افزایش وزن و ابعاد این نوع UPS می‌شود.

یکی از دلایلی که در حال حاضر از محبوبیت این نوع UPS کاسته شده است این است که اگر مصرف کننده، یک منبع تغذیه‌ی مدرن باشد UPS ناپایدار خواهد شد. تمام سرورهای بزرگ و مسیریاب^۱ ها از منابع تغذیه‌ی "ضریب توان تصحیح شده"^۲ استفاده می‌کنند که جریان‌های سینوسی می‌کشند. این جریان صاف ورودی در نتیجه‌ی خازن‌هایی است که در آن‌ها وجود دارد و موجب پیش‌فاز شدن آن نسبت به ولتاژ اعمال شده می‌شود، از طرفی ترانسفورماتور فرورزونانس دارای مشخصه‌ی سلفی است که موجب پس‌فاز شدن جریان نسبت به ولتاژ می‌شود. ترکیب این دو ویژگی باعث ایجاد یک مدار تانک^۳ می‌شود که در نتیجه، در نتیجه، تشدید ایجاد شده و موجب به خطر افتادن بار می‌شود.

۳.۳ Line-interactive

این UPS متداول‌ترین نوعی است که برای سرورهای کوچک تجاری، اداری و وب استفاده می‌شود. نمودار بلوکی یک UPS خط تعاملی در شکل زیر نشان داده شده است و همانطور که ملاحظه می‌کنید طراحی آن به طور کلی متفاوت از UPS های Standby است.

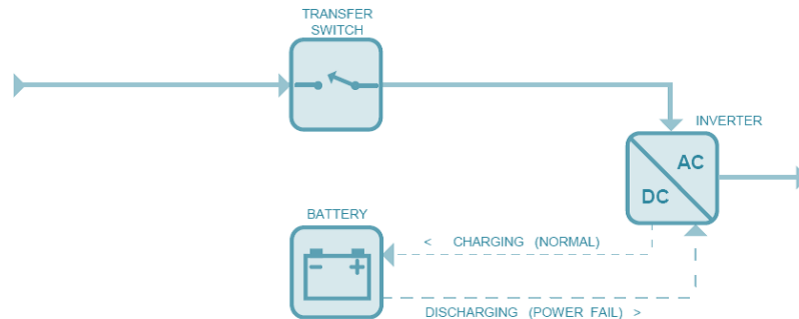
در این طراحی، اینورتر پیوسته به خروجی UPS متصل است. در شرایط عادی اینورتر به صورت معکوس عمل کرده و باتری شارژ می‌شود، زمانی که برق ورودی قطع می‌شود، سویچ باز شده و جریان از باتری به خروجی UPS جاری می‌شود.

بازدهی بالا، ابعاد کوچک، قیمت پایین و قابلیت اعتماد بالا و توانایی تصحیح افزایش یا کاهش ولتاژ خط موجب شده است تا این نوع UPS، در بازه‌ی ۰.۵ تا ۵ کیلو ولت-آمپر متداول‌ترین نوع باشد.

¹ Router

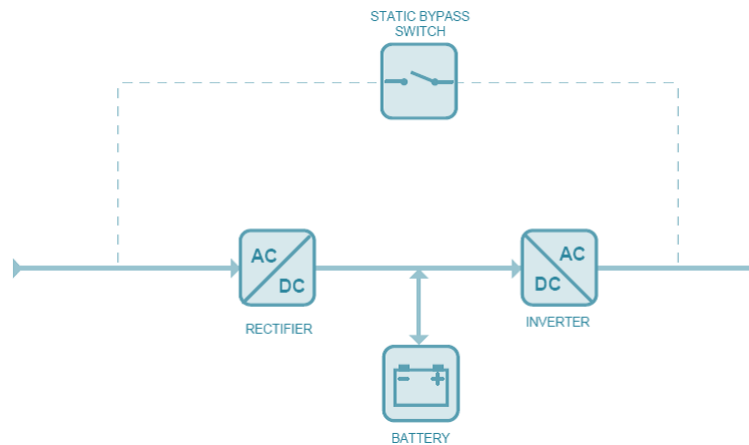
² Power factor corrected

³ Tank circuit



Double Conversion ۳.۴

پرمصرف‌ترین UPS در توان‌های بالاتر از ۱۰ کیلو-ولت-آمپر نوع Online است. نمودار بلوکی این UPS در شکل زیر نشان داده شده است و همانطور که ملاحظه می‌کنید مسیر اصلی جریان به‌جای خط برق، اینورتر است.



در UPS نوع Double conversion یا Online، قطع شدن برق موجب فعال شدن سویچ انتقال نمی‌شود، چراکه ورودی AC از طریق یک مبدل AC به DC (یکسوساز) در حال شارژ کردن باتری است و باتری جریان ورودی اینورتر را تامین می‌کند. بدین ترتیب بر خلاف سه نوع بررسی شده در UPS‌های Online زمان انتقال صفر است.

وجه تسمیه‌ی Double conversion این است که در این نوع UPS، دو بار تبدیل انجام می‌شود، یک بار تبدیل AC به DC برای شارژ نمودن باتری و بار دیگر تبدیل DC به AC توسط اینورتر.

مشخصه‌های الکتریکی خروجی این نوع UPS نزدیک به ایده‌آل است اما قطعات آن بیشتر از انواع دیگر در معرض فرسایش‌اند (چراکه دائماً در مسیر جریان‌اند) و همچنین توان مصرف شده بوسیله‌ی این بخش‌ها، باعث کاهش بازدهی UPS می‌شود. به علت قیمت بالای این نوع UPS، از آن در موارد بسیار حساس نظیر سرورهای بزرگ و تجهیزات موجود در مراکز داده استفاده می‌شود.

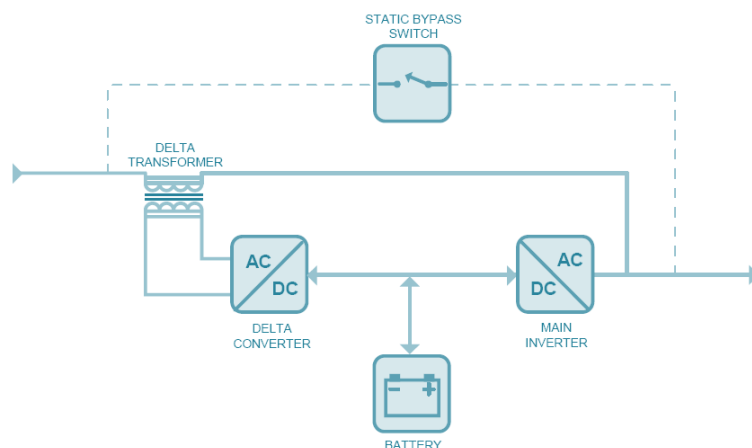
توجه: سوییچ موجود در نمودار بلوکی در مواردی بسته می‌شود که به دلایلی لازم است تا به طور مستقیم از ورودی برق شهر استفاده نمود.

۳.۵ Delta conversion

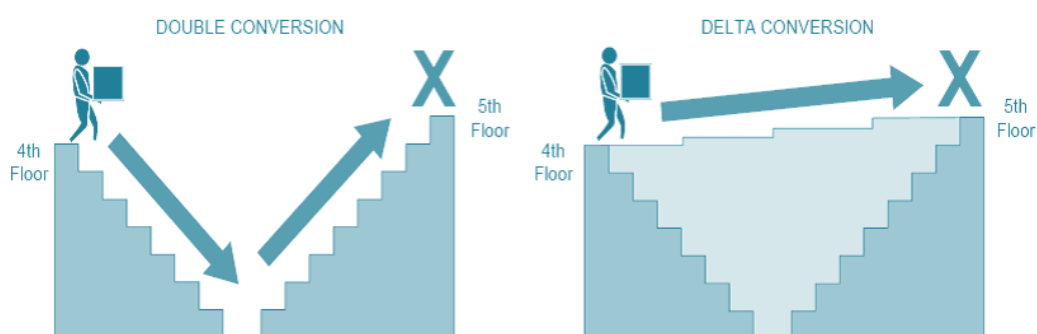
این طرح UPS که نزدیک به ده سال عمر دارد و به منظور افزایش بازدهی نوع Online معرفی شده است در توان‌های ۵ کیلو تا ۱.۶ مگا ولت آمپر در دسترس می‌باشد.

مشابه با نوع Online، در این نوع UPS جریان بار به طور پیوسته از خروجی اینورتری تامین می‌شود که از باتری تغذیه شده است. تفاوت در این است که یک Delta converter به تامین جریان خروجی کمک می‌کند. در شرایطی که برق ورودی قطع شود و مشکلی در آن بوجود آید، رفتار این UPS مشابه با نوع Online است.

به عبارت دیگر در شرایط عادی برخلاف نوع Double conversion، تمام جریان خروجی UPS از باتری تامین نمی‌شود بلکه در هر لحظه، اختلاف مقدار خروجی مطلوب با مقدار فعلی خط، از طریق خروجی اینورتر دریافت می‌شود.



برای درک علت بازدهی بالاتر نوع Delta converter از یک قیاس استفاده می‌کنیم. در شکل‌های زیر انرژی لازم برای انتقال یک بسته از طبقه‌ی چهارم به پنجم را مقایسه نمایید. همانطور که مشخص است در روش Delta Conversion بازده انتقال بالاتر است چراکه انرژی مصرف شده تنها به مقدار اختلاف (delta) با نقطه‌ی مورد نظر است.



تکنولوژی Delta conversion تنها هسته‌ی طراحی UPS است که بوسیله‌ی قوانین ثبت اختراع حمایت شده و در نتیجه، بوسیله‌ی سازندگان محدودی ارائه می‌شود.

۳.۶ مقایسه‌ی انواع UPS

جدول زیر برخی از ویژگی‌های انواع UPS ها را نشان می‌دهد. برخی از این ویژگی‌ها نظیر کارایی، بوسیله‌ی نوع UPS تعیین می‌شود و برخی متأثر از نوع طراحی و کیفیت ساخت است که به طور موثری بر روی قابل اطمینان محصول تاثیر می‌گذارد.

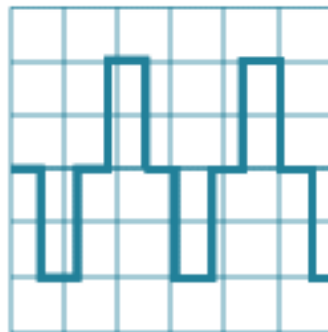
نوع	رنج توان (کیلو ولت-آمپر)	مناسب سازی ولتاژ خروجی	VA/قیمت	بازدهی	اینورتر پیوسته زیر بار است؟
Standby	0 - 0.5	کم	پایین	بسیار بالا	خیر
Line Interactive	0.5 - 5	بسته به طراحی	متوسط	بسیار بالا	بسته به طراحی
Ferro resonant	3 - 15	زیاد	بالا	پایین-متوسط	خیر
Double Conversion	5 - 5000	زیاد	متوسط	پایین-متوسط	بله
Delta Conversion	5 - 5000	زیاد	متوسط	بالا	بله

4. شکل موج خروجی UPS

کیفیت شکل موج خروجی UPS های مختلف به دلیل نوع اینورتر آن‌ها با یکدیگر متفاوت است. همان‌طور که می‌دانید وظیفه‌ی اینورتر این است که توان DC را از باتری دریافت کرده و آن را به شکل AC تبدیل نماید. وضعیت ایده‌آل این است که UPS یک خروجی خالص سینوسی مشابه با آنچه از شبکه‌ی برق دریافت می‌شود تولید کند، اما معمولاً این چنین نیست. UPS های مختلف، شکل موج‌های گوناگونی تولید می‌کنند که در نامرغوب‌ترین حالت، تقریبی از موج سینوس و در بهترین وضعیت، سینوسی خالص است.

۴.۱ موج مربعی تعدیل شده^۱

این شکل موجی است که بیشتر UPS های ارزان قیمت تولید می کنند. از آنجایی که این شکل موج صاف نبوده و دارای لبه های تیز است هارمونیک زیادی از فرکانس اصلی را داراست که می تواند برای برخی از مصرف کننده ها مضر باشد.



این نوع خروجی برای وسائلی مناسب است که دارای منبع تغذیه‌ی داخلی اند و موج دریافت شده را به DC تبدیل می کنند (مانند کامپیوتر). در مورد بارهای القایی مانند موتورها، وسایل خانگی، پرینترها این خروجی مناسب نمی باشد.

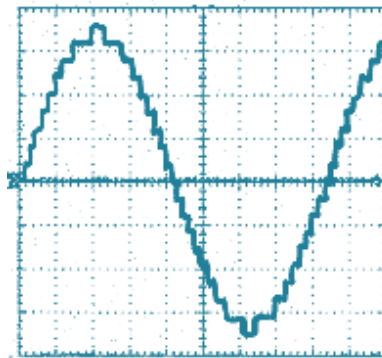
۴.۲ موج سینوسی پله ای^۲

در این وضعیت، اینورتر UPS سعی می کند شکل موج شبکه‌ی برق را بهتر شبیه سازی کند.

¹ Modified square wave

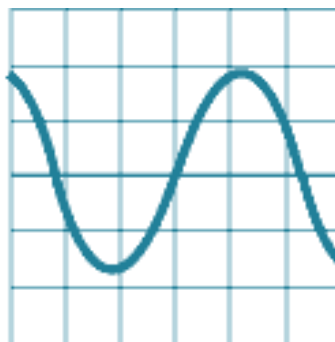
² Stepped Sine Wave

بیشتر قواعد مربوط به موج مربعی تعدیل شده در مورد این خروجی نیز صدق می‌کند با این تفاوت که این موج دارای هارمونیک کمتری در خروجی است. برخی از سازندگان به این موج، PWM Waveform نیز می‌گویند.



۴.۳ موج سینوسی خالص^۱

بالاترین کیفیت خروجی در UPSهایی با شکل موج سینوسی خالص است که این خروجی تقریباً قابل تمایز با آنچه بر روی شبکه‌ی برق دریافت می‌شود نیست. تقریباً تمام وسایل از قبیل موتورها و وسایل خانگی با این خروجی کار می‌کنند.



¹ Pure sine wave

بازدهی UPS های سینوسی خالص نسبتاً پایین است و در مقایسه با UPS های Stepped sine در توان نامی برابر نیاز به باتری بزرگ‌تری دارند. همچنین این UPS ها مقادیر قابل توجهی گرما تولید می‌کنند.

منابع و مآخذ

http://ecmweb.com/mag/electric_understanding_ups_technobabble/
http://en.wikipedia.org/wiki/Uninterruptible_power_supply
[http://en.wikipedia.org/wiki/Inverter_\(electrical\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Inverter_(electrical))
http://en.wikipedia.org/wiki/Emergency_power_systems
<http://www.kerchner.com/electrical/sinewave.htm>
<http://m.softchoice.com/files/pdf/brands/apc/The%20Different%20Types%20of%20UPS%20Systems.pdf>
<http://www.pcguide.com/ref/power/ext/ups/funcOutput-c.html>
<http://www.pcguide.com/ref/power/ext/ups/types.htm>
<http://www.pcworld.idg.com.au/index.php/id;815595312;pp;3>
<http://power.elecdesign.com/tutorial/index.cfm?action=Tutorial&tutorialid=62&stylename=maroon>
<http://www.riello-ups.co.uk/uninterruptible-power-supplies/uninterruptible-power-supply-line-interactive.htm>
<http://www.smeps.us/power-inverter.html>
<http://www.smeps.us/uninterruptible-power-supply.html>