

Technické srovnání line interaktivních systémů UPS a systémů online s dvojí konverzí

Jeffrey Samstad

Michael Hoff

White Paper č. 79

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Resumé

Systémy UPS s výkonem menším než 5000 VA jsou dodávány ve dvou základních konstrukčních provedeních: line interaktivní nebo online s dvojitou konverzí. V tomto dokumentu jsou popsány výhody a nevýhody jednotlivých topologií a je zdůrazněna problematika uplatnění zařízení v reálném prostředí.

Úvod

Většina faktorů při rozhodování o pořízení určitého typu zařízení UPS je zřejmá a snadno pochopitelná: doba provozu při napájení z baterií, cena, velikost, výrobce, počet zásuvek, možnosti správy atd. Existují však další, méně zřejmé faktory, jejichž pochopení je složitější. Jeden z nejméně srozumitelných faktorů, který je však nejvíce diskutován, je **topologie**. Topologie (interní návrh) systému UPS ovlivňuje způsob, jakým bude zařízení pracovat v různých prostředích.

Výběr vhodné topologie může být znesnadněn tím, že určité topologie jsou prohlašovány za špičkové a absolutně nezbytné pro funkci aplikací s kritickou důležitostí. Vzhledem k tomu, že tyto výroky obvykle pocházejí od výrobců, kteří se pokoušejí prodat „špičkovou“ technologii, je těžké provést kvalifikované rozhodnutí pouze na základě těchto informací. Cílem tohoto dokumentu je objektivní zhodnocení výhod a nevýhod dvou nečastěji používaných topologií: **line interaktivní** a **online s dvojitou konverzí**.

V oblastech vysokých a nízkých výkonů jsou výhody jednotlivých topologií víceméně zřejmé.¹ V oblasti nad 5000 VA byla vždy line interaktivní topologie nepraktická kvůli větším rozměrům a vyšším nákladům. V oblasti malých výkonů, nižších než 750 VA, se topologie dvojitou konverzí používá jen zřídka, protože pro menší zatížení jsou vhodnější jiné topologie (včetně line interaktivní).

Diskuse o přednostech a nevýhodách topologií online s dvojitou konverzí a line interaktivní se týká oblasti výkonu mezi 750 VA a 5000 VA. Jedná se o oblast, kde funkční a ekonomické výhody jedné topologie v porovnání s druhou nejsou zřejmé a závisí na konkrétní implementaci. Přestože line interaktivní topologie se pro tyto výkony stala nejčastěji vyráběnou a implementovanou, vývoj v oblasti polovodičů a výrobních technologií snížil ceny dvojitou konverzí vzhledem k line interaktivní topologii tak, že rozhodování mezi těmito možnostmi je těžší než v minulosti. Výběr nejlepší topologie v tomto „přechodovém“ rozsahu výkonů vyžaduje pochopení výhod, které jednotlivé topologie přináší.

Analýza požadavků

Před jakýmkoli rozhodnutím týkajícím se topologie UPS je důležité provést analýzu požadavků prostředí, které má být chráněno, a prostředí, do kterého bude systém UPS instalován. Znalost základních požadavků je nezbytným předpokladem pro kvalifikované rozhodnutí o topologii, která bude nejlépe vyhovovat konkrétní implementaci.

¹ Pro *velmi* vysoké výkony (200 000 VA a vyšší) se vedou diskuse o relativních výhodách typů **online s dvojitou konverzí** a **online s delta konverzí**. Srovnání těchto technologií online naleznete v dokumentu White Paper č. 1: „Různé typy systémů UPS“.

Počítačová zařízení a napájení střídavým proudem: spínací zdroj napájení SMPS

Elektrická energie je rozváděna ve formě střídavého proudu z elektrické sítě nebo záložních generátorů. Střídavé napětí mění polaritu mezi kladnými a zápornými hodnotami, v ideálním případě ve tvaru sinusoidy, a dvakrát v rámci jednoho cyklu prochází nulovou hodnotou. Přestože to nemusí být patrné pouhým okem, při nulovém napětí v okamžiku změny polarity dochází k pohasnutí žárovky připojené k síťovému napájení. Žárovka blikne 100 nebo 120krát za sekundu (při frekvenci střídavého napětí 50 Hz nebo 60 Hz).

Jakým způsobem počítačová zařízení používají střídavé napětí k napájení integrovaných obvodů? Také dochází k jejich „vypnutí“ 100krát nebo vícekrát za sekundu při změně polarity napájecího napětí? Jednoznačně se jedná o problém, který musí být u těchto zařízení řešen. V podstatě všechna moderní zařízení v oblasti informačních technologií uvedený problém řeší použitím spínacího zdroje napájení **SMPS** (Switch-Mode Power Supply).² Zdroj SMPS nejprve usměrní střídavé napětí s reálným průběhem (včetně napěťových špiček, zkreslení, kolísání frekvence atd.) na stejnosměrné napětí. Tím se nabíjí prvek umožňující uchování elektrické energie, který se nazývá **kondenzátor**, zapojený mezi vstup střídavého napětí a zbývající části napájecího zdroje. Kondenzátor je vstupním střídavým napětím plně nabit dvakrát v jednom cyklu, když je sinusový průběh napětí blízko maximálních hodnot (kladné a záporné), a vybíjí se kdykoli podle požadavků určených integrovanými obvody napájecího zdroje. Kondenzátor je navržen tak, aby byl schopný pojmout běžné pulsy střídavého napětí včetně výjimečných napěťových špiček po celou dobu své předpokládané životnosti. Takže narozdíl od blikající žárovky počítačová zařízení pracují s ustáleným stejnosměrným proudem namísto střídavého proudu z elektrické sítě.

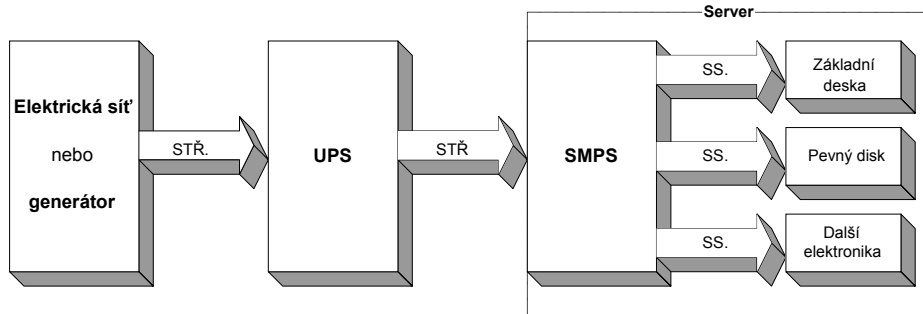
To však ještě není vše. Integrované obvody vyžadují velmi nízké hodnoty stejnosměrného napětí (3,3 V, 5 V, 12 V atd.), ale napětí na právě popisovaném kondenzátoru může dosahovat hodnoty 400 V. Zdroj SMPS převádí toto vysoké stejnosměrné napětí na nízké stejnosměrné napětí s přesně regulovanou hodnotou.

Při snižování napětí zajišťuje zdroj SMPS také další důležitou funkci: **galvanické oddělení**. Galvanickým oddělením se rozumí fyzické oddělení obvodů. Pro to existují dva důvody. Prvním je bezpečnost a ochrana před úrazem elektrickým proudem. Druhým je ochrana před poškozením nebo nesprávnou funkcí zařízení, které by mohly být způsobeny součtovým napětím nebo šumem. Další informace týkající se uzemnění a součtového napětí naleznete v dokumentech White Paper č. 9 „Citlivost počítačů na součtové napětí“ a White Paper č. 21 „Fakta a mýty o nulovém vodiči“.

Na obrázku 1 je znázorněno zařízení IT (v tomto případě server) chráněné systémem UPS. Jsou zde znázorněny také interní komponenty serveru včetně zdroje napájení SMPS.

² „Spínací režim“ se týká funkce vnitřního obvodu zdroje napájení a nesouvisí s probíranou tematikou.

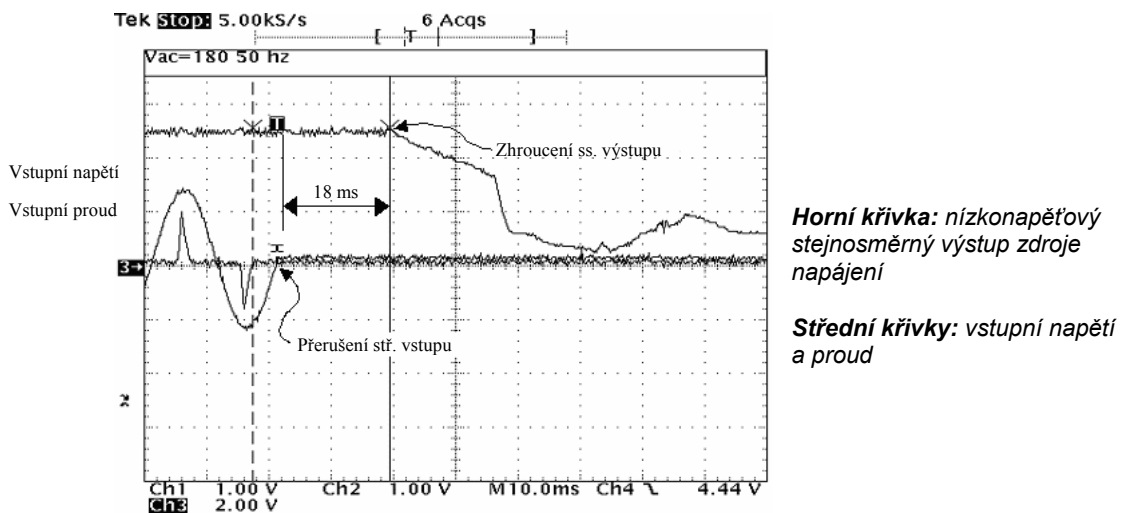
Obrázek 1: Obvyklé použití systému UPS: UPS a server



Stejným způsobem, jakým zdroj SMPS zpracovává intervaly mezi napěťovými maximy sinusového průběhu vstupního střídavého napětí, zpracovává i další anomálie a krátká přerušení střídavého napájení. Tato funkce je důležitá pro výrobce zařízení IT, protože chtějí dodávat zařízení, která budou fungovat i bez použití systému UPS. Žádný z výrobců nechce ohrozit svoji pověst v oblasti kvality a výkonu svých produktů kvůli napájecímu zdroji, který nesnese sebemenší anomálii střídavého napájení. To se týká především náročných síťových a výpočetních zařízení, která jsou proto obvykle vybavena kvalitnějšími zdroji napájení.

Pro demonstraci schopnosti překonat problémy s napájením byl proveden experiment, při němž byl běžný počítačový zdroj plně zatížen a poté odpojen od střídavého vstupního napájení. Sledováním výstupu ze zdroje napájení bylo zjišťováno, jak dlouho po vypnutí střídavého napájení bude pokračovat dodávka výstupního napětí s přijatelnými parametry. Výsledky tohoto experimentu jsou uvedeny na obrázku 2. Zobrazené křivky představují vstupní napětí zdroje napájení, vstupní proud a výstupní stejnosměrné napětí ze zdroje.

Obrázek 2: Charakteristika zdroje po přerušení napájení



Po výpadku střídavého napájení přestane plně zatížený počítačový zdroj dodávat proud. K tomu však dojde až po výrazné časové prodávě.

Před přerušením mělo vstupní *napětí* tvar sinusoidy (viz levý okraj obrázku 2). Vstupní *proud* (ostré špičky pod hladkou křivkou napětí) sestává z krátkého pulsu v kladné oblasti vstupního napětí a dalšího krátkého pulsu v záporné oblasti. Kondenzátor zdroje SMPS je nabíjen pouze během těchto krátkých pulsů. Zbytek času se energie pro napájení integrovaných obvodů odebírá pouze z kondenzátoru.³ Stejnoseměrné napětí na výstupu zdroje SMPS je znázorněno horní křivkou na obrázku 2. Všimněte si, že výstupní napětí zůstává přesně regulované ještě po dobu 18 milisekund po odpojení střídavého napětí od zdroje. Společnost APC testovala různé napájecí zdroje od různých výrobců počítačů a zařízení IT a výsledky byly podobné. Není-li zdroj příliš zatížený, je doba, po kterou dokáže udržet výstupní stejnosměrné napětí, mnohem delší, protože se kondenzátor vybíjí pomaleji.

Mezinárodní standardy pro kompatibilitu systému UPS s připojenými zdroji SMPS

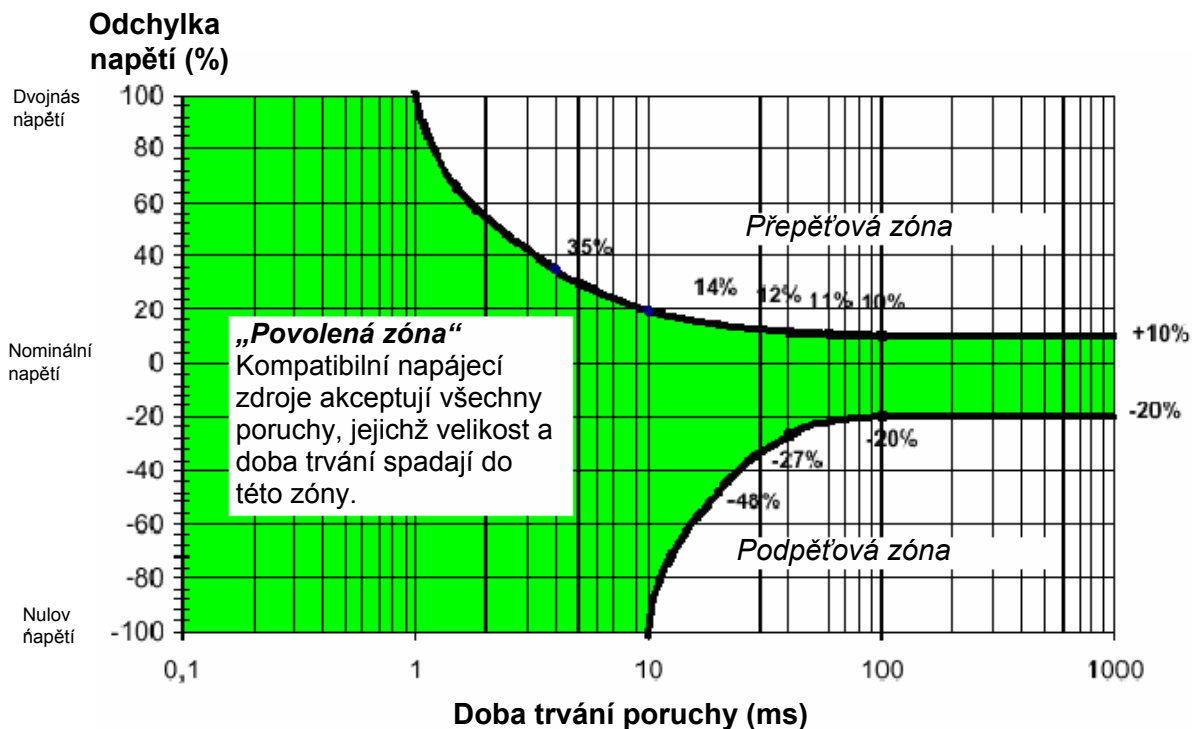
Ukázali jsme si, že zdroj napájení SMPS musí být schopen překonávat krátké poruchy vstupního střídavého napětí sinusového tvaru. Co ale znamená „krátké“?

Odpovědí je mezinárodní standard IEC 62040-3 znázorněný na obrázku 3. Tento standard definuje omezení pro velikost a dobu trvání poruch výstupního napětí systému UPS, které je zdroj SMPS schopný akceptovat. Jak je vidět z tvaru vyplněné povolené zóny, čím je nižší amplituda přechodového napětí, tím déle může tato porucha přetrvávat na výstupu systému UPS. Povšimněte si, že tento standard umožňuje *trvalou* odchylku napětí ve velkém rozsahu +10 % až -20 % nominálního napětí. Jinými slovy výstupní napětí systému UPS může kolísat v tomto rozsahu po časově neomezenou dobu, aniž by to mělo jakýkoli vliv na funkci zdroje SMPS. Podobné standardy pro zdroje napájení SMPS totiž vyžadují, aby dokázaly překonat napěťové anomálie ve větším rozsahu, než je povolená tolerance pro výstup systému UPS.⁴

³ Některé zdroje SMPS provádějí korekci účinníku a odebírají ze vstupního proudu pouze sinusovou složku. Korekce účinníku bude popsána dále. I v těchto zdrojích je použit vysokonapěťový kondenzátor, který zajišťuje vyhlazení napěťových anomálií.

⁴ Související standardy pro zdroje SMPS definující rozsah anomálií, které musí zdroje SMPS akceptovat, jsou „křivka ITI/CBEMA“ a IEC 61000-4-11.

Obrázek 3: Standard IEC 62040-3 - amplituda a doba trvání přijatelných anomálií střídavého napětí pro zajištění kompatibility se zdroji napájení SMPS



IEC 475/99

Napěťové poruchy (přechodová napětí), jejichž velikost a doba trvání leží v zelené „povolené zóně“, jsou povoleny na výstupu systému UPS připojeného ke zdroji SMPS. Jiné poruchy nejsou povoleny.

Na základě obrázku 3 existují následující požadavky na kompatibilitu systému UPS s nominálním střídavým výstupním napětím 120 V:

- Po dobu maximálně 1 milisekundy může výstupní napětí systému UPS dosáhnout hodnoty 240 V.
- Po dobu maximálně 10 milisekund může mít výstupní napětí systému UPS nulovou hodnotu.
- Po dobu maximálně 100 milisekund jsou povoleny menší výkyvy (kladné či záporné). Povolená doba trvání závisí na závažnosti poruchy.
- Pro intervaly delší než 100 milisekund (včetně trvalého působení) musí být výstupní napětí systému UPS v rozsahu 96 V až 132 V.

Ve většině zemí světa s výjimkou oblastí, které jsou postiženy krizemi, jsou elektrické rozvodné sítě relativně stabilní. Obvykle lze v rámci běžného dne pozorovat napěťové odchylky od nominální hodnoty maximálně 5 %, což vyhovuje povolené odchylce napětí na obrázku 3. Vzhledem k tomu, že zdroje SMPS lze napájet ze zdroje střídavého napětí s těmito parametry, veřejné elektrické sítě poskytují spolehlivou možnost trvalého napájení.

Zdroje SMPS mají tedy následující výhody:

- Podporují kolísání vstupního napětí a frekvence v širokém rozsahu bez degradace výkonu.
- Poskytují galvanické oddělení vstupu střídavého napětí od stejnosměrných výstupů. Není tedy nutná předchozí izolace od součtového napětí (nulové uzemnění).
- Mohou pracovat se značným zkrácením vstupního napětí, aniž by došlo ke zkrácení životnosti nebo zhoršení spolehlivosti.
- Umožňují překonání krátkých výpadků napájení.

Mýty a realita

MÝTUS: Počítačové systémy s kritickou důležitostí vyžadují okamžité přepnutí UPS, například v případě ochrany před uzamčením nebo ztrátou paketů na síťových přepínačích.

REALITA: V podstatě všechny systémy s kritickou důležitostí disponují zdroji napájení SMPS. Podle mezinárodních standardů (viz obrázek 3) musí podporovat přechodový čas a výpadek napájení až na dobu 10 milisekund. Jakékoli elektronické zařízení, které nedokáže překonat takový výpadek, se obecně pokládá za zařízení s chybným návrhem nebo za výjimečný případ, který se vyskytuje u specializovaných aplikací (nikoli v počítačovém vybavení).

Základní informace o možnostech systému UPS

V dokumentu White Paper č.1: „Různé typy systémů UPS“ je popsáno následujících pět hlavních topologií UPS, které jsou v současnosti používány, včetně jejich výkonnostních charakteristik:

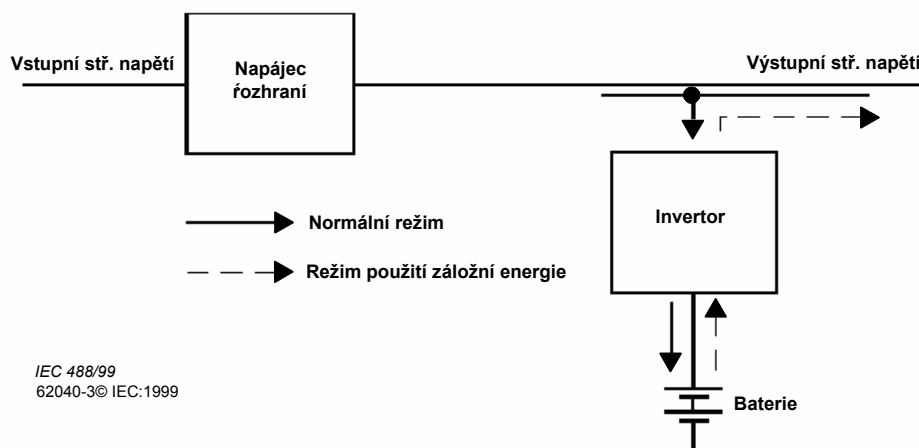
- pasivní
- line interaktivní
- pasivní s izolačním transformátorem
- online s dvojí konverzí
- online s delta konverzí

V oblasti výkonů 750 VA až 5000 VA mají skoro všechny systémy UPS nabízené pro současné aplikace informačních technologií topologii line interaktivní nebo online s dvojí konverzí. Ostatní topologie jsou v této oblasti používány jen zřídka, a nejsou proto v tomto dokumentu popisovány.

Line interaktivní systém UPS

Line interaktivní systém UPS upravuje a reguluje střídavé napětí z elektrické sítě zpravidla pomocí pouze jednoho převodníku. Standardní popis této topologie podle standardu IEC 62040-3 je znázorněn na obrázku 4.

Obrázek 4: Line interaktivní topologie systému UPS podle blokového schématu IEC 62040-3 znázorňující napájecí rozhraní a jeden blok převodníku



Je-li připojeno střídavé vstupní napětí, blok „napájecí rozhraní“ na obrázku 4 filtruje střídavé napájení, potlačuje napěťové špičky a zajišťuje dostatečnou regulaci napětí v rámci výše popsaných provozních podmínek. Toho je nejčastěji dosaženo pomocí pasivních filtrů a transformátoru s odbočkami. Převodník napájecího napětí (blok „invertor“) zajišťuje přesměrování části vstupního střídavého napájení tak, aby byly při připojeném vstupním napájení baterie udržovány v plně nabitém stavu. Dobíjení vyžaduje obvykle méně než 10 % z napájecího příkonu systému UPS, takže v tomto provozním režimu nedochází k zahřívání komponent systému. Invertor v 3000W line interaktivním systému UPS pracuje například při dobíjení baterií s výkonem pouze 300 W (jedna desetina kapacity) nebo nižším. Mnoho komponent dimenzovaných pro provoz při plném zatížení se při připojeném vstupním střídavém napájení, což je nejčastější provozní režim, zahřívá pouze nepatrně nad teplotu okolí. V případě, že napájecí střídavé napětí vybočí z definovaného rozsahu napěťového rozhraní, invertor zabezpečí výstupní střídavé napětí pomocí energie z baterií. Povolovaný rozsah vstupního napětí je obvykle pevně definován. Obvykle se jedná o rozsah -30 % až +15 % nominální hodnoty. Line interaktivní systém UPS s nominálním výstupním napětím 120 V bude například udržovat na výstupu napětí v rozsahu 107 V až 127 V, zatímco vstupní napětí může kolísat v rozsahu od 84 V do 138 V.

Provozu line interaktivních systémů UPS se týká ještě jeden drobný, nicméně důležitý fakt. Systémy UPS sice filtrují a upravují střídavé výstupní napětí, nemění ale tvar křivky výstupního proudu odebíraného zátěží. Pokud je napájené koncové zařízení vybaveno zdrojem SMPS s korekcí účinníku⁵, line interaktivní systém UPS nebude měnit průběh ani zasahovat do této korekce účinníku. Pokud zdroj SMPS koncového zařízení *nedisponuje* korekcí účinníku a odebírá proud ve špičkách při dosažení napěťových vrcholů (viz obrázek 2), line interaktivní systém UPS nebude tento průběh měnit ani „opravovat“.

Z teoretického hlediska malý počet komponent a nízká provozní teplota převodníku napájecího napětí (blok „invertor“ na obrázku 4) přispívají k dlouhé životnosti a vysoké spolehlivosti systému. Ve skutečnosti je však spolehlivost obvykle určována jinými faktory, které budou popsány v části **Zhodnocení spolehlivosti**.

Díky nízké ceně a dlouhé životnosti byly line interaktivní systémy UPS úspěšně použity v miliónech instalací IT po celém světě.

⁵ Zařízení s korekcí účinníku odebírá proud ze střídavého vstupu ve tvaru hladké sinusové křivky, nikoli ve tvaru špiček. Výstupní proud bez použití korekce účinníku je znázorněn na obrázku 2.

Zhodnocení line interaktivní topologie

V rozvojových zemích a v dalších oblastech s problematickou infrastrukturou, kde je střídavé napětí ve veřejné síti nestabilní, výrazně kolísá nebo má výrazné zkreslení, může line interaktivní systém UPS dvakrát nebo i vícekrát během dne přejít do režimu napájení z baterií. Důvodem je omezená schopnost line interaktivních systémů zpracovat velké výkyvy nebo silné deformace vstupního napájení bez jeho odpojení a přechodu na napájení z baterií. Přestože line interaktivní systémy UPS dokáží po celou dobu životnosti baterií zajistit výstupní napětí v rámci standardních požadavků IEC (obrázek 3), časté používání baterií snižuje jejich kapacitu a omezuje dobu, po kterou může systém UPS fungovat při dlouhodobém výpadku napájení. I v případě, že nedojde k úplnému vybití baterií, časté používání baterií může mít za následek nutnost jejich častější výměny.

Výhody line interaktivní topologie:

- Menší spotřeba energie (nižší provozní náklady): Pokud má vstupní střídavé napájení požadované parametry, není nutné provádět velké převody napájení, což má za následek vyšší efektivitu.
- Teoreticky vyšší spolehlivost: Menší počet komponent a nízká provozní teplota. (Viz část **Zhodnocení spolehlivosti**.)
- Menší tepelné toky v zařízení: Systém UPS produkuje méně tepla.

Oblasti, se kterými je třeba počítat:

Line interaktivní systém UPS nemusí být nejlepší volbou pro implementace v následujících případech:

- Vstupní střídavé napětí není stabilní nebo je výrazně zkreslené a systém UPS příliš často přechází do režimu napájení z baterií, aby udržel definované specifikace výstupního napětí.
- Je vyžadována korekce účinníku a připojené koncové zařízení tuto funkci nezajišťuje.

Mýty a realita

MÝTUS: Line interaktivní zařízení UPS neupravují napájení - šum a špičky jsou přenášeny na výstup.

REALITA: Line interaktivní systémy vysoké kvality provádějí potlačení přepětí a šumu a udržují výstupní napětí v odpovídajících mezích, takže spolehlivost připojených koncových zařízení není ovlivněna.

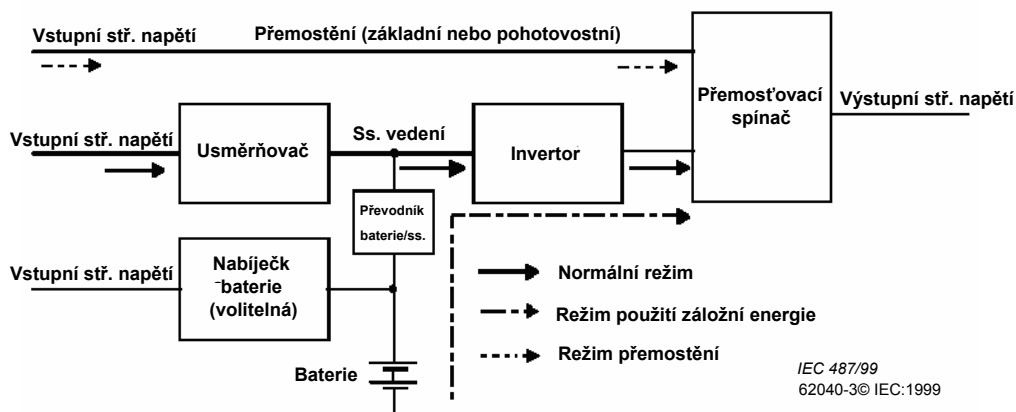
Systém UPS online s dvojí konverzí

Jak napovídá název, systém UPS **online s dvojí konverzí** provádí dvojitý převod napájení. Nejprve je převedeno vstupní střídavé napětí se všemi špičkami, deformacemi a dalšími anomáliemi na stejnosměrné napětí. Tento převod je obdobou funkce spínacího zdroje napájení SMPS v počítačových zařízeních, která byla popsána výše. V systému UPS online s dvojí konverzí se podobně jako ve zdrojích SMPS používá kondenzátor, který zajišťuje stabilizaci stejnosměrného napětí a uchování energie odebrané ze vstupního střídavého napájení. Poté je stejnosměrné napětí převedeno zpět na střídavé napětí, které je přesně regulováno systémem UPS. Výstupní střídavé napětí může mít dokonce jinou frekvenci než vstupní střídavé napětí. Toho nelze při použití line interaktivního systému UPS dosáhnout. Je-li připojeno vstupní střídavé napájení, prochází tímto dvojitým převodem veškerý výkon předávaný připojenému koncovému zařízení.

Pokud se vstupní střídavé napětí dostane mimo povolený rozsah, systém UPS začne odebírat výkon z baterie, takže výpadek nebude mít vliv na výstup systému UPS. V řadě systémů online s dvojí konverzí trvá přechod v systému UPS mezi vstupním střídavým napájením a baterií několik milisekund. Během tohoto přechodu je invertoru poskytována energie z kondenzátoru umístěného ve stejnosměrné části (viz obrázek 5). Přestože tedy dojde ke krátkému přerušení napájení stejnosměrné části, nemá tento výpadek vliv na výstupní napětí systému UPS, které je neustále k dispozici.

V moderních konstrukcích je téměř vždy použit další obvod pro nabíjení baterií, takže systémy UPS online s dvojí konverzí obsahují přinejmenším tři fáze převodu napájení. Na obrázku 5 je znázorněna topologie založená na standardu IEC 62040-3.

Obrázek 5: Topologie systému UPS online s dvojí konverzí založená na standardu 62040-3 - blokové schéma znázorňující čtyři konverzní bloky



Usměrňovač kromě převodu střídavého napětí na stejnosměrné provádí také korekci účinníku. To znamená, že je proud ze střídavého vstupu odebíráán ve tvaru pravidelné sinusoidy, nikoli ve špičkách (viz obrázek 2 znázorňující průběh vstupního proudu bez korekce účinníku). Protože korekce účinníku „opravuje“ tvar průběhu vstupního proudu, je odebíráán menší proud (včetně omezení vyšších harmonických frekvencí). To platí i v případě, že počítačové systémy napájené systémem UPS odebírají proud ve formě špiček (bez korekce účinníku). Další informace o korekci účinníku a nulových harmonických frekvencích naleznete v dokumentu White Paper č. 26: „Rizika přetížení harmonických a nulových frekvencí“.

Při plném zatížení je rozsah přijatelného vstupního střídavého napětí pro topologii online s dvojitou konverzí podobný jako pro line interaktivní topologii. Oproti line interaktivní topologii ale topologie online s dvojí konverzí umožňuje systému UPS, který není plně zatížen, pracovat s výrazně nižším vstupním napětím. Pro typické systémy UPS s dvojí konverzí určené pro napětí 120 V to znamená, že s nízkou zátěží mohou pracovat i při vstupním napětí velikosti 50 % nominální hodnoty (60 V). Přestože se jedná o zajímavou vlastnost topologie online, lze ji využít jen zřídka (kromě demonstračních účelů), protože tak velké poruchy napájecího napětí jsou výjimečné a zatížení reálného systému se mění.

Systém UPS s topologií online určený pro stejný výkon má většinou menší rozměry než line interaktivní systém. Ačkoli má větší počet součástí (většinou trojnásobný), jsou jednotlivé součásti menší. To platí zejména pro vysokonapěťové systémy s výkonem 2200 VA a vždy pro line interaktivní systémy UPS s možností rozšíření za běhu.

Topologie online obvykle obsahuje přemostovací okruh, který je použit v případě dlouhodobého přetížení nebo při potížích s některým z okruhů dvojí konverze. Přepnutí mezi přemostovacím okruhem a funkcí invertoru způsobí často výpadek výstupního napětí v délce několika milisekund podobně jako při přechodu na odběr z baterií u line interaktivní topologie UPS. Důsledkem je, že řada jednotek online spoléhá na to, že spínací zdroje SMPS připojených zařízení dokáží překonat takové poruchy na výstupu systému UPS. Tyto poruchy na výstupu systému UPS, podobně jako v případě line interaktivních systémů, nepředstavují problém, pokud jejich charakteristika vyhovuje podmínkám uvedeným na obrázku 3.

Zhodnocení topologie online s dvojí konverzí

Trvale probíhající převod napětí online zajišťuje přesně regulované výstupní napětí a umožňuje připojení zátěže až do plného jmenovitého napájecího výkonu. S tímto nárůstem výkonu jsou ovšem spojeny určité výdaje.

Z důvodu většího počtu fází převodu napájení má typický systém UPS online s dvojí konverzí mnohem větší počet komponent než typický line interaktivní systém UPS.

Vzhledem k tomu, že tyto komponenty neustále zpracovávají veškerý výkon odebraný připojeným koncovým zařízením, jejich provozní teplota je obvykle vyšší než teplota komponent line interaktivního systému UPS v případě připojeného střídavého napájení. Trvalý provoz a vyšší teploty teoreticky snižují spolehlivost komponent systému UPS. V praxi je však spolehlivost často určována jinými faktory, které jsou popsány v části [Zhodnocení spolehlivosti](#).

Další faktor, který je třeba zvážit, je vyšší spotřeba energie při dlouhodobém provozu systému UPS online s dvojí konverzí. Systém UPS online s dvojí konverzí pracuje s účinností mezi 85 % a 92 % v závislosti na konkrétním návrhu. To je výrazně nižší účinnost v porovnání s 96 % až 98 % line interaktivního systému. Například systém UPS s výkonem 1000 W a s účinností 90 % bude při plném zatížení neustále spotřebovávat výkon 100 W. To představuje přibližně 100 USD, které je za rok nutné průměrně zaplatit navíc za elektrickou energii. Kromě přímých nákladů na elektrickou energii se musí těchto 100 W tepla odvést z okolí zařízení. To má za následek další náklady na chlazení, které závisí na efektivitě chladicího systému. Na první pohled to sice nejsou tak vysoké částky, pokud ale uvážíte jejich součet pro všechny systémy UPS v celé společnosti, nebo celkovou spotřebu energie jednoho systému UPS za dobu životnosti, dojdete k hodnotám, které budou v celkových nákladech na pořízení a provoz hrát významnou roli. Pro srovnání, podobně zatížený line interaktivní systém má méně než třetinové energetické náklady v přepočtu na jednotku výkonu.

Výhody topologie online s dvojí konverzí:

- V případě velkého kolísání nebo zkrvení vstupního napětí přepíná méně často na baterie.
- Bez ohledu na typ zátěže poskytuje korekci účinnku.
- Větší kompaktnost a menší hmotnost zejména pro vyšší napětí.
- Umožňuje regulaci výstupní frekvence a dokonce převod z frekvence 50 Hz na 60 Hz (a naopak).

Mýty a realita

MÝTUS: Systémy UPS online poskytují lepší ochranu proti součtovému napětí.

REALITA: Přestože obě topologie, online i line interaktivní, je možné navrhnout s galvanickým oddělením, v obou případech se obvykle k *redukci* součtového napětí používají pasivní součástky. V tomto ohledu nenabízí žádná z těchto topologií zásadní výhodu. Spínací napájecí zdroje SMPS již obsahují galvanické oddělení, takže externí oddělení není nutné. Další informace naleznete v dokumentech APC White Paper č. 9 a č. 21.

Mýty a realita

MÝTUS: Přesnější regulace napětí zvyšuje výkon a spolehlivost počítačových zařízení.

REALITA: Všechny zdroje SMPS převádějí střídavé vstupní napětí (včetně špiček a zkrvení) na stejnosměrné napětí. Z tohoto stejnosměrného napětí je pak vytvářen stabilní a přesně regulovaný stejnosměrný výstup pro napájení koncových zařízení. Vstupní napětí v definovaném rozsahu **NEOVLIVNÍ** kvalitu výstupu ze zdroje SMPS ani výkon počítačových zařízení. Proč by jinak byl tento rozsah na zdroji SMPS vůbec uváděn?

Bylo by možné argumentovat, že *výhodou* topologie online je přesnost regulace střídavého napětí na výstupu. Spínací napájecí zdroje SMPS však přesně regulované střídavé napětí nepotřebují, protože regulaci zajišťuje samotný zdroj SMPS. Viz popis výše v tomto dokumentu.

Oblasti, se kterými je třeba počítat:

- Systémy online s dvojitou konverzí obsahují větší počet komponent, které jsou trvale v provozu za vyšších teplot. Pokud by všechny ostatní parametry byly stejné, servisní doba života je kratší v porovnání s line interaktivními topologiemi s podobnými komponentami.
- Systémy online s dvojitou konverzí jsou energeticky náročnější než line interaktivní systémy, protože při převodu napájení ze vstupu na výstup provádějí neustále jeho dvojitý převod (pokud je připojeno střídavé vstupní napájení).
- Systémy online s dvojitou konverzí vytvářejí více tepla, které se uvolňuje do okolí zařízení. Toto teplo je třeba efektivně odvádět, aby nedocházelo ke snížení životnosti ostatních zařízení nebo dokonce vlastních baterií systému UPS.

Zhodnocení spolehlivosti

V obou topologiích některé aspekty návrhů teoreticky zvyšují nebo snižují životnost a spolehlivost zařízení. V případě line interaktivní topologie přispívají ke *zvýšení* provozní životnosti a spolehlivosti malý počet komponent a nižší provozní teploty v hlavním provozním režimu. V případě topologie online s dvojitou konverzí mohou mít trvalý provoz a vyšší provozní teploty za následek *snížení* provozní životnosti a spolehlivosti.

V praxi je však spolehlivost obecně určena úrovní návrhu a výroby systému UPS výrobcem a kvalitou použitých komponent, a to bez ohledu na topologii. Vzhledem k tomu, že kvalita závisí na dodavateli, mohou existovat návrhy online s dvojitou konverzí s vysokou kvalitou a line interaktivní návrhy se špatnou kvalitou a naopak.

Přehled porovnání

V následující tabulce je uveden přehled důležitých výhod a nevýhod topologií line interaktivní a online s dvojitou konverzí.

Tabulka 1: Porovnání topologií line interaktivní a online s dvojitou konverzí

Topologie	Spolehlivost	Celkové náklady na vlastnictví	Vstup	Výstup	Velikost a hmotnost
Line interaktivní	+ Menší počet komponent Nižší provozní teplota	+ Nižší pořizovací náklady (méně komponent) Nižší provozní náklady (nižší výkon)	- Bez korekce účinníku Velké anomálie vstupního napětí mohou mít za následek nadměrné využívání baterií	+ / - Výstupní frekvence se může měnit v nastaveném rozsahu	- Obvykle větší a těžší
Online s dvojitou konverzí	- Větší počet komponent Vyšší provozní teplota	- Vyšší pořizovací náklady (více komponent) Vyšší provozní náklady (elektrická energie a chlazení)	+ S korekcí účinníku Zpracovává velké anomálie vstupního napětí bez přechodu na provoz z baterií	+ Frekvence výstupu je pevně dána konfigurací	+ Obvykle menší a lehčí (zejména pro vyšší výkony)

Závěry

V oblasti výkonu 750 VA až 5000 VA poskytují oba typy systémů UPS adekvátní ochranu počítačového zařízení před poruchami napájecího napětí. Rozhodnutí, kterou topologii použít, v zásadě závisí na specifických požadavcích implementace u zákazníka.

Vzhledem k tomu, že základními rozhodovacími faktory pro libovolnou aplikaci jsou pořizovací cena, provozní náklady, generování tepla a spolehlivost, mohlo by se zdát, že základní volbou je line interaktivní topologie. Line interaktivní systémy se v praxi skutečně staly efektivním a spolehlivým řešením pro prostředí informačních technologií.

V některých případech však může být výhodnější topologie online s dvojitou konverzí. Speciálně v geografických oblastech, ve kterých je střídavé napětí v rozvodné síti silně deformované a vykazuje velké kolísání, stačí systému UPS online s dvojitou konverzí pro udržení výstupu ve správném rozsahu méně často přepínat na baterie. Menší využívání baterií zachovává jejich kapacitu pro dlouhodobé výpadky napájení a prodlužuje jejich životnost. Snížením nákladů na výměnu baterií se navíc eliminuje výhoda nižších pořizovacích a provozních nákladů line interaktivních systémů UPS. Mezi další běžné situace, které mohou vyžadovat použití systému UPS online s dvojitou konverzí, patří případy, kdy je vyžadována korekce účinnosti, kdy podstatnou roli hrají rozměry zařízení nebo kdy je zapotřebí změna frekvence. Mezi takové případy patří například některé typy lékařských zařízení nebo vybavení.

Informace o autorech

Jeffrey Samstad je vedoucím inženýrem řady produktů Smart-UPS RT společnosti American Power Conversion. Je absolventem bakalářského studia elektrotechniky a má 14 let zkušeností s různými architekturami systémů UPS.

Michael Hoff je absolventem magisterského studia elektrotechniky a napájecích systémů na univerzitě Northeastern University. Vede výzkumnou skupinu nových technologií ve společnosti American Power Conversion. Během šestnácti let ve společnosti APC se podílel na vývoji nepřerušitelných zdrojů napájení a architektury UPS, spravoval vývojové projekty nových produktů a byl manažerem týmů v USA i v zahraničí.