

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ
ELEKTRONIKY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Záložní zdroje

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří VECKA**
Osobní číslo: **E13B0123K**
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Záložní zdroje**
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte rešerši záložních zdrojů.
2. Proveďte teoretický rozbor záložních zdrojů (definice, rozdělení, normy a legislativa).
3. Proměřte vybrané záložní zdroje pro vybrané provozní parametry a zhodnoťte naměřené výsledky.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


1. Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Pavel Drábek, Ph.D.**
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2016**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce se zabývá záložními zdroji pro nepřetržité napájení tzv. UPS. V teoretické části je zmíněn historický vývoj záložních zdrojů, jejich rozdělení. Dále jsou popsány zásobníky energie a normy vztahující se k této problematice. Praktická část se zabývá měřením účinnosti UPS při různém provozním zatížení a optimalizaci nákladů na provoz.

Klíčová slova

UPS, záložní zdroj, usměrňovač, střídač, by-pass, akumulátor (baterie), zásobníky elektrické energie, primární zdroj, norma, účinnost.

Abstract

The bachelor theses presents the stand-by power supply for uninterrupted feeding i.e. UPS. The theoretical part is mentioned the historical development of stand-by power supplies, their classification. Then there are described the energy storages and standards for related to this issue. The practical part deals with measuring of UPS efficiency at different operating load and optimization of the operating costs.

Key words

UPS, stand-by power supply, rectifier, inverter, bypass, battery, energy storage, primary power supply, standard, efficiency.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 25.5.2016

Jiří Vecka

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Pavlu Drábkovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Dále děkuji všem, kteří mi přispěli svými radami a zapůjčili literaturu k tomuto tématu.

V neposlední řadě děkuji své rodině, přátelům a kolegům za jejich podporu.

Jiří Vecka

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
1 ÚVOD	9
2 CÍL PRÁCE	10
3 TEORETICKÁ ČÁST	11
3.1 ZÁLOŽNÍ NAPÁJECÍ SYSTÉM UPS	11
3.2 HISTORIE ZÁLOŽNÍCH ZDROJŮ	11
3.3 ROZDĚLENÍ ZÁLOŽNÍCH ZDROJŮ.....	17
3.3.1 Rotační zdroje.....	18
3.3.2 Statické zdroje	18
3.3.3 Chemické zdroje	19
3.3.4 Stejnoseměrné záložní zdroje	21
3.3.5 Střídavé záložní zdroje.....	22
3.3.6 Kombinované zdroje.....	28
3.4 USPOŘÁDÁNÍ ZÁLOŽNÍCH ZDROJŮ PODLE PROVOZU	29
3.4.1 Samostatný provoz záložního zdroje.....	29
3.4.2 Paralelní provoz více záložních zdrojů.....	29
3.4.3 Redundantní provoz více záložních zdrojů	29
3.5 ZÁSOBNÍKY ENERGIE ZÁLOŽNÍHO ZDROJE	29
3.5.1 Akumulátory (baterie).....	29
3.5.2 Setrvačníky	32
3.5.3 Superkondenzátory	33
3.5.4 Nové technologie	33
3.6 NORMY PRO ZÁLOŽNÍ ZDROJE	34
3.7 STUPEŇ DŮLEŽITOSTI ZÁLOHOVANÉHO ZAŘÍZENÍ.....	34
3.8 PORUCHY NAPÁJENÍ Z PRIMÁRNÍ SÍTĚ A PŘÍRAZENÍ TŘÍDY UPS.....	35
4 PRAKTICKÁ ČÁST	38
4.1 MĚŘENÍ ÚČINNOSTI NA ZÁLOŽNÍM ZDROJI UPS.....	38
4.2 VÝSLEDKY VLASTNÍHO MĚŘENÍ ÚČINNOSTI NA ZÁLOŽNÍM ZDROJI UPS.....	41
4.3 ZÁVĚR Z VLASTNÍHO MĚŘENÍ ÚČINNOSTI NA ZÁLOŽNÍM ZDROJI UPS.....	47
4.4 PRAKTICKÝ PŘÍKLAD.....	48
4.5 PŘÍKLAD MODULÁRNÍ UPS	49
5 ZÁVĚR	50
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	51
SEZNAM OBRÁZKŮ	53
SEZNAM TABULEK	54
PŘÍLOHY	1

Seznam symbolů a zkratek

A	Ampér
AC.....	Střídavý proud/ napětí
AFC	Alkalické palivové články
Ah	Ampérhodina
AVR.....	Automatic Voltage Regulativ
cosφ.....	Účinník
ČSN	Česká státní norma
DC.....	Stejnoseměrný proud/ napětí
DMFC.....	Přímé metanolové palivové články
MCFC	Články s tavenými karbonáty
např.	Například
IEC.....	Mezinárodní elektrotechnická komise
IT	Informační technologie
P.....	Činný příkon/výkon
PAFC	Kyselé palivové články
PC	Počítač
PEMFC	Membránové palivové články
resp.	Respektive
S	Zdánlivý výkon
SMES.....	Supravodivá cívka
SOFC	Články s pevnými oxidy
tzv.	Tak zvaný
UPS.....	Zdroj nepřerušovaného napájení (Uninterruptible Power System)
V	Volt
VA	Voltampér
W	Watt
η.....	Účinnost

1 Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na princip, rozdělení a účinnost záložních zdrojů UPS (Uninterruptible Power System) .

Teoretická část nejprve představuje UPS, krátce popisuje historický vývoj záložních zdrojů. Dále pak je zmíněno rozdělení do jednotlivých kategorií např. rotační, statické, chemické zdroje apod. Důležitou kapitolou je uspořádání záložních zdrojů podle provozu. V další kapitole jsou uvedeny vybrané zásobníky energie pro záložní zdroje, z nichž nejvíce používané jsou akumulátory (baterie). V navazující kapitole jsou uvedeny nejdůležitější normy pro záložní zdroje a nejčastější poruchy primární sítě, jejich příčiny a důsledky na provozovanou síť.

V úvodu praktické části je vybrána UPS pro vlastní měření účinnosti a jsou popsána její základní technická data; také jsou zde uvedeny použité měřicí přístroje, pomocné zdroje a zátěž. Dále jsou zvoleny provozní režimy tj. pohotovostní (primární síť přítomna) a nouzový režim (výpadek primární sítě, provoz z baterie). V druhé kapitole praktické části jsou v tabulkách uvedeny výsledky vlastního měření účinnosti na vybraném záložním zdroji. Tyto výsledky jsou zhodnoceny. Závěrem praktické části je uveden praktický příklad a výpočet úspory provozních nákladů při použití v současné době vyráběného modulárního zdroje UPS oproti dříve používanému zdroji.

2 Cíl práce

Hlavním cílem bakalářské práce je ověření účinnosti v současnosti vyráběných zdrojů nepřetržitého napájení.

Pro dosažení tohoto cíle je zvolen tento postup:

- a/ Výběr zdroje nepřetržitého napájení UPS k provedení měření účinnosti.
- b/ Výběr měřících přístrojů.
- c/ Výběr provozních režimů.
- d/ Zhodnocení naměřených a vypočtených hodnot.
- e/ Výpočet potenciálního snížení provozních nákladů v současnosti vyráběného modulárního zdroje UPS vůči dříve používanému kompaktnímu zdroji UPS.

3 Teoretická část

3.1 Záložní napájecí systém UPS

Záložní napájecí zdroj UPS je zařízení nebo systém, který zajišťuje nepřetržitou dodávku elektrické energie pro koncová zařízení (spotřebiče), která nesmějí být během svého provozu neočekávaně vypnuta. [1]

UPS je obvykle zapojena mezi primární zdroj elektrické energie a vstup napájení do zálohovaného zařízení. Mezi nejčastěji takto napájené zařízení patří např. počítače, datová centra, telekomunikační systémy a provozy zajišťující chod důležitých systémů (v elektrárnách, v distribuci, v nemocnicích, na letištích a v dalších průmyslových odvětvích).

UPS fungují nejčastěji na principu zajištěného napájení z akumulátoru. Pokud není dodávka elektrické energie z primárního zdroje přerušena, je akumulátor udržován v nabitém stavu. V okamžiku přerušeni dodávky elektrické energie z primárního zdroje, zajišťuje napájení zálohovaných zařízení UPS respektive střídač, který využívá elektrickou energii uchovanou v akumulátorech a to až do jejich vybití (obvykle na hodnotu 1,6 - 1,7 V/článek pro olovněné akumulátory a 0,8 V/článek pro niklcadmiové). Doba, po kterou je UPS schopna napájet koncová zařízení při výpadku primárního zdroje, je dána kapacitou baterie. Tato doba se obvykle pohybuje od několika málo minut (zde se nejčastěji používá kombinace provozu s motorgenerátorem, kde UPS pouze překlene dobu startu motorgenerátoru, toto řešení se nejčastěji používá u větších výkonů), až po několik hodin (u menších výkonů, zde je sice potřeba větší kapacita baterie, ale odpadají náklady na pořízení a servis dieselaagregátu).

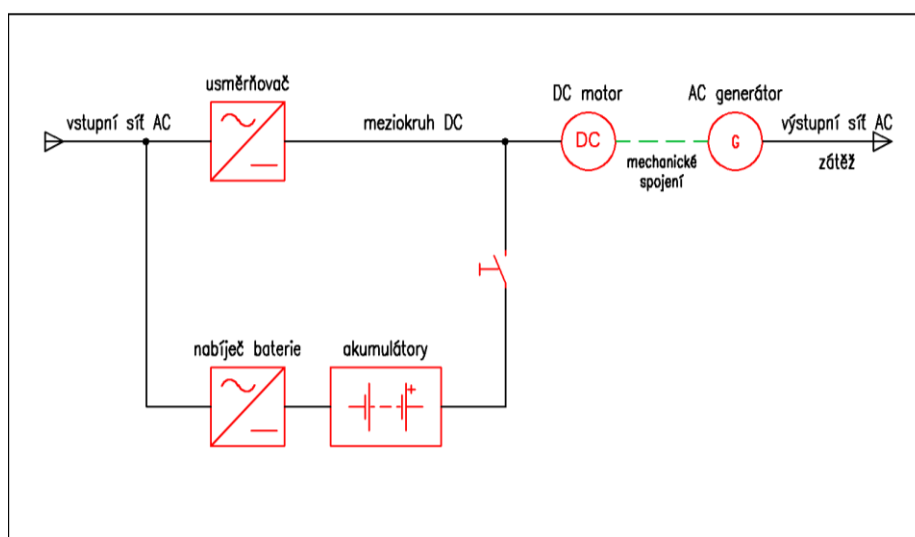
UPS se využívá nejenom při přerušeni dodávky elektrické energie z primárního zdroje, ale například také pro zajištění požadované kvality dodávané elektrické energie při kolísání napětí v primární síti, napěťových špičkách nebo podpětí. [12]

3.2 Historie záložních zdrojů

Se zvyšující se spotřebou elektrické energie a zvyšující se závislostí na její nepřetržité dodávce, vznikala také větší poptávka po zdrojích nepřetržitého napájení.

V 50. letech 20. století se začaly objevovat první zdroje nepřetržitého napájení UPS, kdy tyto záložní zdroje byly vyvíjeny především pro armádní účely k zajištění komunikačních a radiolokátorových zařízení. Tyto stroje navázaly především na vývoj

těchto zařízení pro armádu během Druhé světové války (zařízení tvořilo soustrojí: diesellový motor-dynamo (generátor), baterie a stejnosměrný motor-alternátor), kdy toto soustrojí bylo poprvé použito na lodích a ponorkách. V této době došlo k vývoji a testování různých možností provedení zdroje nepřetržitého napájení a jeho zapojení do systému. Jednou z těchto možností bylo použití stejnosměrného motoru, který byl v případě výpadku veřejné sítě napájen z baterie a poháněl generátor. Baterie byla nabíjena pomocí nabíječky a stejnosměrný motor byl popřípadě ještě napájen z usměrňovače ze sítě. Pro usměrnění sítě se používaly převážně rtuťové usměrňovače.



Obr. 1 Principiální schéma zapojení DC motoru se záložními akumulátory – převzato z [1]

Rtuťový usměrňovač a jeho princip

Rtuťový usměrňovač byl nejosvědčenější usměrňovač používaný před epochou usměrňovačů polovodičových. Používal se zejména pro vysoká napětí (až 150 kV) a zároveň vysoké proudy (až 10 000 A). Existovaly jak usměrňovače jednoanodové, tak i dvouanodové (pro usměrnění obou pólů vln jednofázového proudu); pro třífázový proud existovaly tříanodové nebo šestianodové usměrňovače. [2]

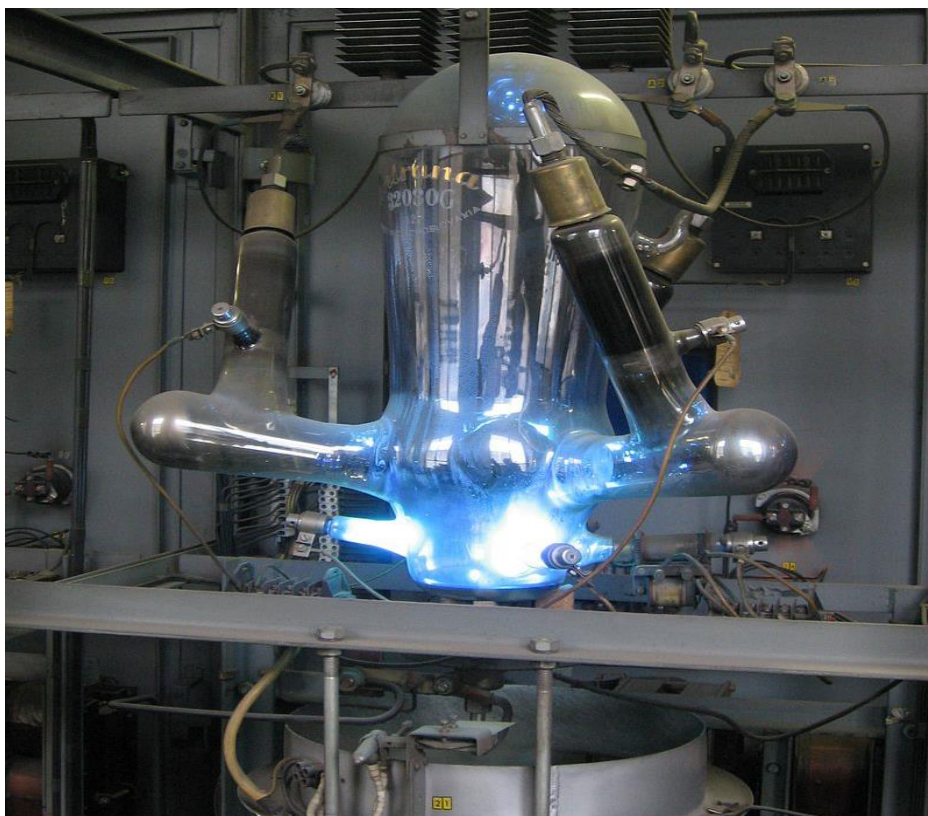
Pro schopnost usměrňovat vysoké výkony s malými ztrátami se tyto usměrňovače používaly zejména při výrobě stejnosměrného trakčního napětí u drah a trolejbusových tratí a v elektrolytických procesech v chemickém průmyslu. [2]

Ve vysokém vakuu je umístěna kapalná rtuťová katoda. Uhlíková anoda je umístěna dostatečně daleko a tak, aby na ní vypařující se rtuť nekondenzovala. Po zapálení elektrického oblouku (nakloněním usměrňovače nebo přes pomocnou anodu umístěnou

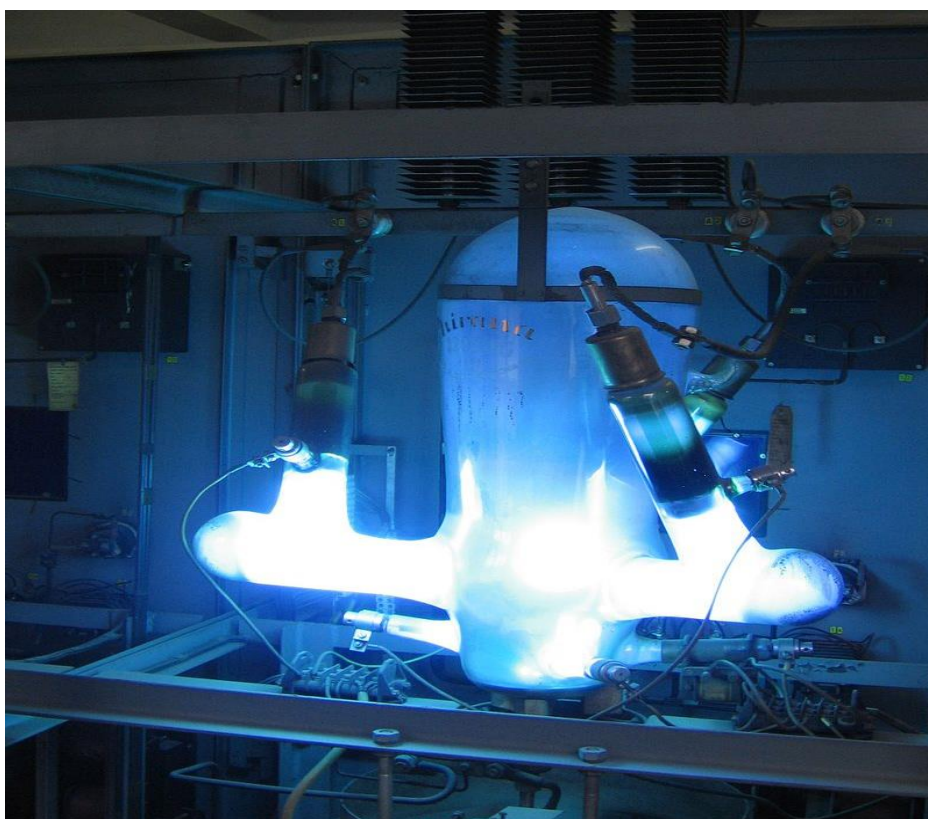
těsně nad hladinou rtuti) jsou z hladiny rtuti emitovány elektrony, které se pohybují k anodě. Opačným směrem elektrický proud neprochází, neboť k emisi elektronů z povrchu uhlíku za provozních podmínek usměrňovače prakticky nedochází. Rtuťové páry, které se při hoření oblouku taktéž vytvářejí, kondenzují v horní části nádoby usměrňovače, která je chlazena vzduchem nebo kapalinou. [2]



Obr. 2 Rtuťový usměrňovač bez proudu – převzato z [2]



Obr. 3 Zapálení pomocnými elektrodami ve spodní části – převzato z [2]

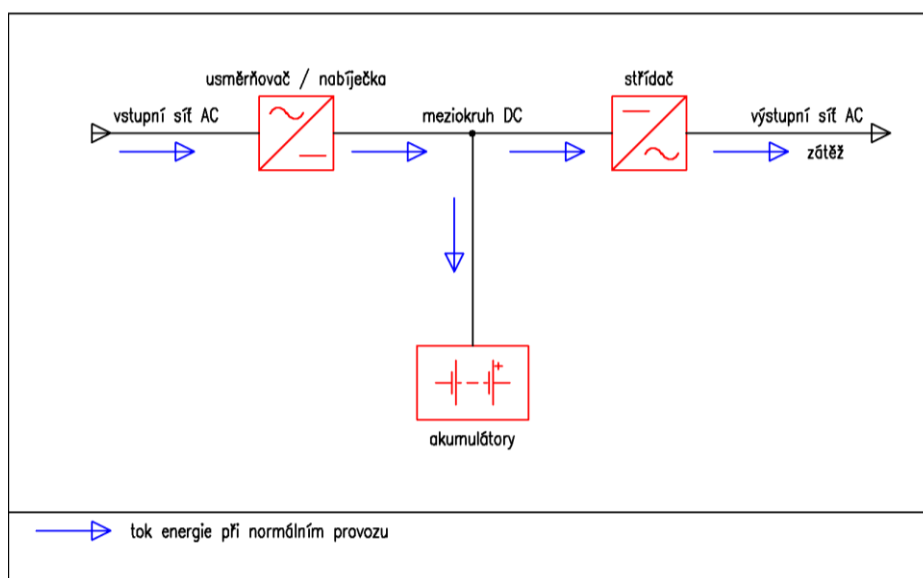


Obr. 4 Rtuťový usměrňovač v provozu – převzato z [2]

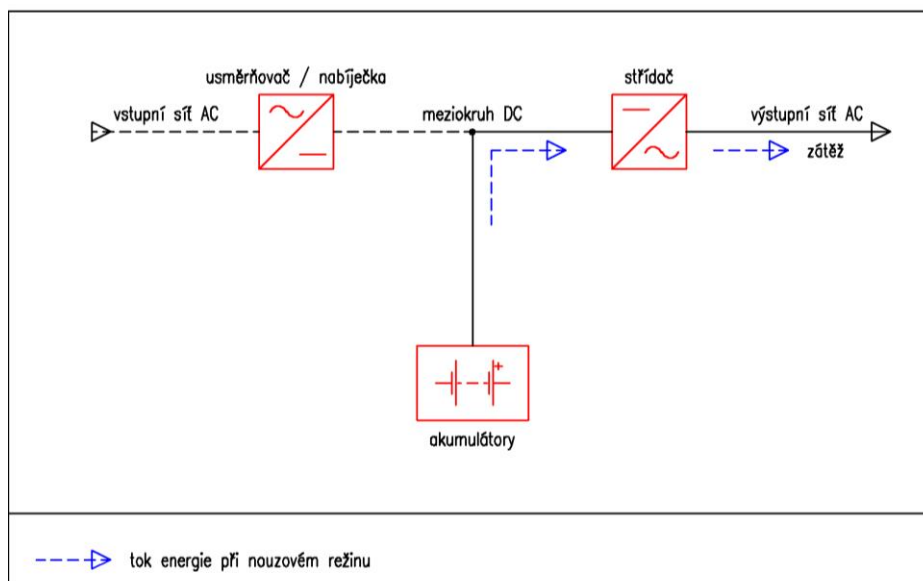
Rtuťové usměrňovače, které se používaly v 50. letech minulého století, se začaly v 60. letech postupně nahrazovat usměrňovači z křemíku a germania. Tyto usměrňovače se vyznačovaly menšími rozměry a větší účinností, což znamenalo velký posun ke vzniku statických zdrojů nepřetržitého napájení UPS.

Díky použití křemíkových polovodičů, hlavně pro výrobu tyristorů, a zlepšování kvality jejich výroby, mohly postupem času vystřídat statické zdroje nepřetržitého napájení do té doby více používané rotační systémy. Statické systémy se vyznačovaly lepšími vlastnostmi než rotační systémy a to hlavně vyšší účinností, nižšími náklady na údržbu a obsluhu, nižší hlučností, vyšší spolehlivostí a menšími prostorovými nároky. Všechny tyto vlastnosti vedly k celkovému snížení nákladů.

Na níže uvedených obrázcích je uveden základní princip těchto zdrojů nepřetržitého napájení; princip se začíná již podobat dnešním zdrojům UPS, chybí zde pouze statický by-pass, který se objeví v 70. letech minulého století.



Obr. 5 UPS při normálním provozu* – převzato z [1]



Obr. 6 UPS při nouzovém provozu* – převzato z [1]

*Popis k obrázku: Při síťovém provozu je elektrická energie dodávána zátěži přes usměrňovač a střídač a zároveň je z usměrňovače dobíjena baterie. Při výpadu sítě je střídač (resp. zátěž) napájen z baterie.

K dalšímu pokroku v záložních systémech došlo v 70. letech minulého století a to s použitím tzv. by-passových systémů. Jejich hlavní funkcí bylo zajistit bezvýpadkový přechod zátěže na dodávku elektrické energie z veřejné sítě při poruše UPS. Toto se projevilo na zvýšení spolehlivosti a pomohlo vyřešit problém se spouštěním motorických zátěží a při vybavení ochran při zkratu. [1,12]

Statické a rotační systémy se v následujících letech vyvíjely téměř současně. U rotačních systémů došlo k nahrazení elektromechanických prvků logickými obvody, postupně docházelo i k dalšímu vylepšování ovládacích prvků a dalších součástí, usměrňovačů, dieselových motorů a alternátorů. Také případný náběh naftového motoru byl rychlejší a tady se objevují případy spolupráce statické UPS s dieselgenerátorem v běžném provozu, kdy při výpadku veřejné sítě je nejdříve zátěž napájena z UPS a po rozběhu dieselagregátu je zátěž napájena z dieselagregátu přes UPS. Statické UPS využívají měniče s pulsní šířkovou modulací se spínáním tyristorů nebo již s pomocí tranzistorů. Díky vyšší frekvenci spínání při použití tranzistorů se snížila velikost a hmotnost indukčních a kapacitních prvků. Tyto změny na záložních zdrojích přispěly k opětovnému zvýšení účinnosti, zmenšení rozměrů, snížení nároků na instalaci, údržbu a obsluhu. Výsledkem je tedy opět snížení nákladů na pořízení a provoz záložního zdroje.

V 90. letech minulého století se začínají pro běžné instalace záložních zdrojů používat bezúdržbové olověné baterie, které umožňují použití v širším měřítku a to hlavně z důvodu menší náročnosti na prostory (není již potřeba zvláštních prostor pro umístění baterie hlavně z důvodu větrání nebezpečných výparů). Bylo také možné použití menších UPS přímo v dosahu zálohovaného zařízení. Zde se někteří výrobci pokoušeli o zabudování UPS přímo do zálohovaného zařízení, např. EZS, EPS a stolní počítače (zde se to ovšem neujalo).

V posledních letech začínají mít zdroje nepřerušeno napájení také jiný úkol než jen zajištění elektrické energie v případě výpadku veřejné sítě, a to ochranu zařízení před přepětím a rušivými vlivy v síti (např. způsobených při spínání těžkých zdrojů). Dále se rozšiřuje použití UPS do jiných odvětví (hlavní trh patřil doposud záloze počítačů), a to např. do telekomunikací (dosud se využívalo napájení 48 VDC, nyní se přechází na 230 VAC), energetiky (dosud se využívalo napájení 110 VDC a 220 VDC, nyní se více využívá 400 VAC resp. 380 VAC), železnice (jako energetika) a samozřejmě i průmysl, kde z důvodu výpadku může dojít k velkým škodám.

3.3 Rozdělení záložních zdrojů

Záložní zdroje elektrické energie můžeme dělit podle druhu a tvaru výstupního napětí, způsobu přeměny elektrické energie, podle způsobu zapojení a provozu do několika kategorií:

a/ Podle druhu a způsobu přeměny:

- Rotační zdroje.
- Statické zdroje.
- Chemické zdroje.

b/ Podle druhu výstupního napětí:

- Stejnoseměrné.
- Střídavé.
- Kombinované.

c/ Podle zapojení a způsobu činnosti:

- Offline.
- Line-interactive.
- Online.

d/ Podle tvaru výstupního napětí:

- Obdélníkový tvar (nejčastěji off-line, line interactive).
- Sínusový tvar (nejčastěji online).

e/ Podle provozu:

- Samostatný provoz záložního zdroje.
- Paralelní provoz více záložních zdrojů.
- Redundantní provoz více záložních zdrojů.

[3,8,11,15,16]

3.3.1 Rotační zdroje

Mezi rotační zdroje patří ve většině případů motorgenerátory, kde dochází k přeměně paliva na energii kinetickou a následně na energii elektrickou. Hlavními součástmi tohoto systému jsou spalovací motor a elektrický generátor (synchronní alternátor). V poslední době lze do kategorie rotačních zdrojů zařadit i setrvačnickový systém, kde je elektrická energie přeměněna na energii kinetickou. V tomto stavu je energie uložena a udržována do doby, než je nutné ji použít. Setrvačnickové systémy jsou konstruovány tak, aby bylo možné rychle měnit mezi generátorovým a spotřebičovým režimem. [8,15]

3.3.2 Statické zdroje

Statické záložní zdroje reprezentují tzv. UPS. Tyto zdroje fungují na principu uchování elektrické energie v zásobnících, nejčastěji akumulátorech. V případě výpadku primárního zdroje dochází k přeměně uchované energie pomocí střídače, kde se stejnosměrné napětí přemění ve střídavé napětí.

Hlavní části statického zdroje UPS:

a/ Usměrňovač

Usměrňovač je měnič pro usměrnění střídavého vstupního napětí na stejnosměrné napětí. Hlavní funkcí usměrňovače je nabíjení baterie a napájení střídače (v případě online UPS). Zatímco při napájení střídače nejsou kladeny velké požadavky na kvalitu napájecího napětí, nabíjení a udržovací dobíjení napětí akumulátorů musí splňovat podmínky kladené výrobcem použitého akumulátoru.

Důležitými parametry, které se musí dodržovat vzhledem k použitému akumulátoru, jsou:

- Maximální velikost nabíjecího napětí.

- Velikost a toleranci napětí udržovacího dobíjení.
- Limitování nabíjecího proudu.

Usměřňovače by měly být dimenzovány na opětovné nabití akumulátoru v reálném čase, tj. doba potřebná k úplnému nabití akumulátoru, který pokryje celý zálohovací cyklus. Reálný čas se pohybuje mezi 4 až 12 hodinami. [11,16]

b/ Střídač

Střídač je měnič, který slouží k přeměně stejnosměrného napětí na střídavé napětí. V praxi se nejčastěji používají střídače tyristorové nebo tranzistorové, vytvářející střídavé výstupní napětí buď obdélníkového, nebo sinusového tvaru. Pro UPS jednotky malého a středního výkonu se používají střídače tranzistorové; pro UPS jednotky velkého výkonu se používají střídače tyristorové. Výstup ze střídače může být jednofázový, nebo třífázový nezávisle na počtu vstupních fází u usměřňovače. [11,16]

Střídač spolu s usměřňovačem určují kvalitu celého UPS obvodu. Určují nám základní elektrické parametry celého obvodu, kterými jsou výkon, napětí, frekvence, účinnost a obsah vyšších harmonických.

c/ Akumulátor

V případě ztráty napájení z distribuční sítě přechází UPS jednotka na tzv. bateriový provoz, tj. energie potřebná pro napájení zátěže se odebírá přes střídač z akumulátorů. Všeobecně lze použít libovolný akumulátor, jak z hlediska elektrochemického systému, tak typu a provedení. Z provozních důvodů se používají pouze dva druhy akumulátorů – olověné a niklcadmiové. Většinou jsou ve staničním provedení sestaveném z jednotlivých článků nebo vícečlánkových monobloků (2, 4 nebo 6 článků ve společné nádobě). V poslední době se začínají pro menší výkony používat také akumulátory typu Li-ion. [11,16]

3.3.3 Chemické zdroje

Do kategorie chemických zdrojů spadá palivový článek. Palivové články se poslední dobou používají v této úloze čím dál tím častěji. Existuje široká škála typů palivových článků. Pro úlohu záložního zdroje se nejčastěji používá palivový článek s polymerním elektrolytem PEMFC (Polymer electrolyte membrane fuel cell).

Palivové články

Palivový článek je galvanický článek, který vyrábí elektřinu z energie uvolňované při chemické reakci. K tomu slouží palivo (na anodové straně) a oxidant (na katodové

straně). Palivo a oxidant za přítomnosti elektrolytu reagují. Nejčastěji se jako palivo využívá vodík a jako oxidant kyslík. Malé palivové články, například do notebooků nebo jiných elektronických přenosných zařízení, využívají jako palivo také různé alkoholy.¹

Palivové články můžeme dělit podle provozní teploty a druhu elektrolytu. To také určuje konstrukční řešení, způsob provozu a přípravu paliva.

a/ Podle provozní teploty:

- Nízkoteplotní 60 – 130°C.
- Středněteplotní 160 – 220°C.
- Vysokoteplotní 600 – 1050°C.

b/ Podle typu elektrolytu:

- AFC alkalické palivové články.
- PEMFC membránové palivové články.
- DMFC přímé metanolové palivové články.
- PAFC kyselé palivové články.
- MCFC články s tavenými karbonáty.
- SOFC články s pevnými oxidy.

Výhody:

- Tichý chod.
- Minimální údržba a obsluha.
- Schopnost snášet i značná přetížení.
- Nízké emise škodlivin.
- Elektrickou energii nelze skladovat, palivo pro palivový článek ano.

Nevýhody:

- Velké investiční náklady.
- Drahá paliva.
- Nízké stejnosměrné napětí jednoho článku.
- Uvedení do provozu může trvat i několik minut.

[7,10]

¹ [5] HORČÍK J. Palivové články [online]. HYBRID.CZ [cit. 2016-01-06]. Dostupné z:<<http://www.hybrid.cz/slovnicek/palivove-clanky>>.

3.3.4 Stejnoseměrné záložní zdroje

Stejnoseměrné záložní zdroje pracují jako on-line zdroje, tj. s nulovou prodlevou při přechodu po výpadku primárního zdroje elektrické energie na záložní napájení. Princip tohoto záložního zdroje spočívá v napájení spotřebičů přes usměrňovač, který je napájen z primárního zdroje elektrické energie. Zároveň je z usměrňovače nabíjena baterie, ze které jsou spotřebiče napájeny v případě výpadku primárního zdroje elektrické energie. Doba zálohování u těchto záložních zdrojů se pohybuje v rozmezí několika minut až po několik hodin a to v závislosti na kapacitě instalované baterie. [3,11,12,16]

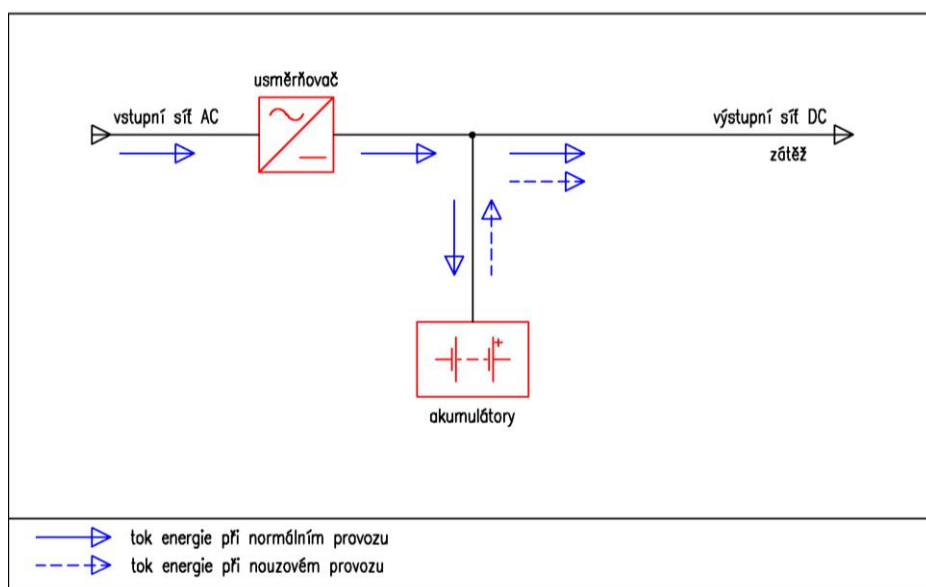
Tento způsob zálohování je určen pouze pro spotřebiče napájené stejnosměrným napětím/ proudem.

Stejnoseměrné záložní napájení se využívá nejčastěji:

- v zabezpečovací technice 12 V a 24 V,
- v telekomunikacích 48 V,
- v energetice 110 V a 220 V.

Nevýhody stejnosměrného záložního napájení:

- spotřebiče využívající stejnosměrné napájení,
- jako pohon se používá stejnosměrný motor, který je složitější na spouštění a údržbu,
- závislost na jiném provozním napětí, než primárním napětí zdroje (v případě poruchy nelze přepnout pomocí by-pass přepínače na primární síť).



Obr. 7 Principiální schéma stejnosměrného záložního zdroje – převzato z [3]

3.3.5 Střídavé záložní zdroje

Střídavé záložní zdroje mohou pracovat v režimu/ zapojení off-line, line-interactive a online. Hlavní části záložního zdroje jsou usměrňovač, akumulátor (nebo jiný zásobník energie) a střídač. Usměrňovač je napájen z primárního zdroje elektrické energie a jeho funkcí je nabíjení baterie a případné napájení střídače (podle zapojení a způsobu činnosti). Akumulátor slouží jako zásobník elektrické energie a v případě výpadku primární sítě napájí střídač, ve kterém dochází k přeměně stejnosměrného napětí na střídavé. [3,11,12,15]

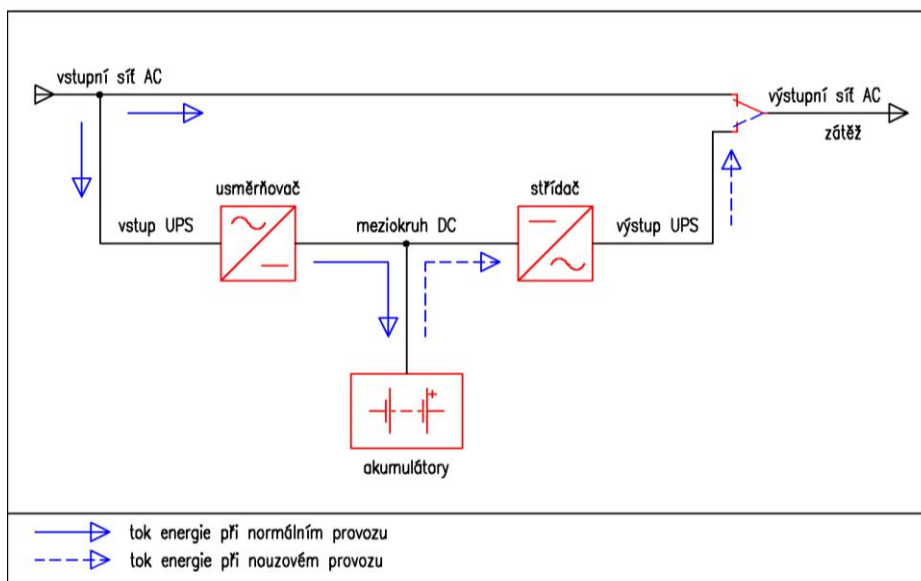
3.3.5.1 Střídavý záložní zdroj a zapojení off-line

Takto zapojené záložní zdroje se vyznačují časovou prodlevou, která vzniká v okamžiku výpadku napájení z primárního zdroje a přepnutí na záložní zdroj. Tato časová prodleva se pohybuje v rozmezí přibližně 4-5 ms.

Off-line zapojení záložního zdroje je tedy vhodné v případě, kdy kolísání napětí nebo rušení v síti nejsou příliš časté a spíše jsou nebezpečné výpadky primárního zdroje. Používají se hlavně k zálohování takových zařízení a systémů, u kterých uživatelům nevadí výpadky napětí v rozmezí několika málo milisekund (nouzová osvětlení, čerpadla topných okruhů, apod.). [3,11,12,16]

Nevýhodou je např. neregulované výstupní napětí, což znamená, že v případě častého kolísání napětí v síti mimo nastavené meze se vyčerpává kapacita akumulátoru, která potom může chybět při vlastním výpadku sítě.²

² [3] VRÁNA, V., KOCMAN, S. Náhradní zdroje elektrické energie [online]. [cit. 2015-12-10]. Dostupné z :<http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/nahradni%20zdroje.pdf>.



Obr. 8 Principiální schéma náhradního zdroje off-line – převzato z [3]

Off-line UPS odstraňuje tyto problémy v síti:

- Výpadek síťového napájení.
- Částečné rušení v síti.

Výhody a nevýhody:

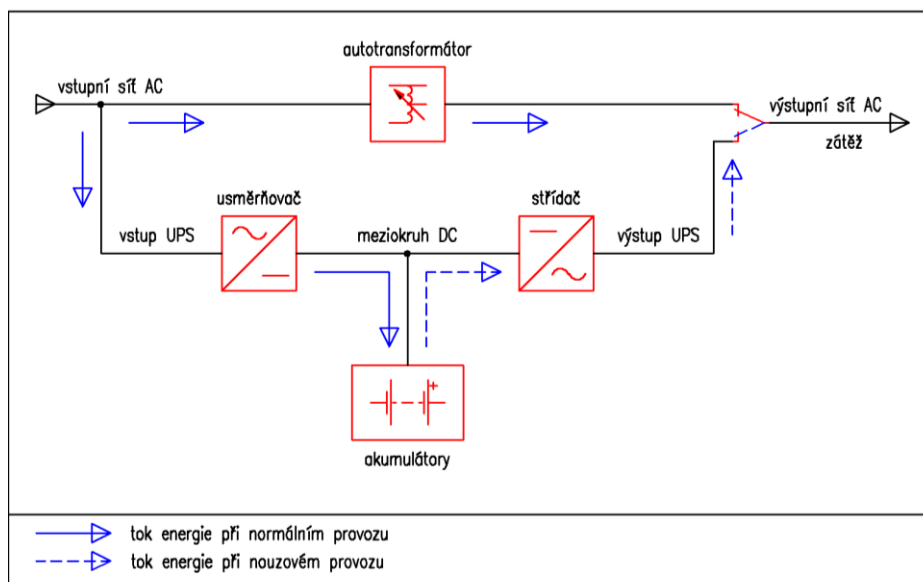
- Struktura (celý obvod složen pouze ze střídače a usměrňovače).
- Cena (nejnižší cena oproti všem ostatním druhům UPS).
- Velikost (nejmenší rozměry vzhledem k jednoduchosti a použití).
- Regulace (bez regulace výstupního napětí a frekvence).
- Odezva (odezva je závislá na přepnutí výstupního relé a tudíž je dlouhá).
- Zátěž (zátěž není oddělená od napájecí sítě).

Off-line UPS spadá do kategorie VFD UPS. [16]

3.3.5.2 Střídavý záložní zdroj a zapojení line-interactive

Takto zapojené záložní zdroje jsou mezistupněm mezi zapojením off-line a on-line. Zapojení line-interactive je téměř shodné se zapojením off-line, které se liší přidáním obvodu AVR (automatic voltage regulativ). Obvod AVR je tvořen regulačním autotransfórmátorem, který dokáže pomocí indukce vyrovnat podpětí nebo přepětí primární sítě na definovanou hodnotu, a to bez nutnosti přejít na napájení zátěže ze střídače. Toto zapojení umožňuje vyrovnávat kolísání napětí v primární síti. Tím se šetří kapacita akumulátorů, která je potom k dispozici v případě úplného výpadku

primární síť. Instalaci obvodu AVR můžeme záložní zdroj použít v rozmezí 165 až 270 V vstupního napětí, některé typy mohou pracovat již od 145 V vstupního napětí. V případě výpadku primární sítě je zátěž přepojena na napájení ze střídače a baterie. Toto přepojení je opět realizováno s časovou prodlevou v řádu 4-5 ms. [3,11,12,16]



Obr. 9 Principiální schéma záložního zdroje line-interactive – převzato z [3]

Line-interactive UPS odstraňuje tyto problémy v síti:

- Výpadek síťového napájení.
- Napěťové špičky.
- Přepětí.
- Podpětí.

Výhody a nevýhody:

- Cena (nižší cena při stejném výkonu oproti použití online UPS).
- Regulace (bez regulace výstupní frekvence).
- Zátěž (zátěž není oddělená od napájecí sítě).
- Efektivita (špatná provozní účinnost při provozu na nelineární zátěži).

Line-interactive UPS spadá do kategorie VI UPS. [16]

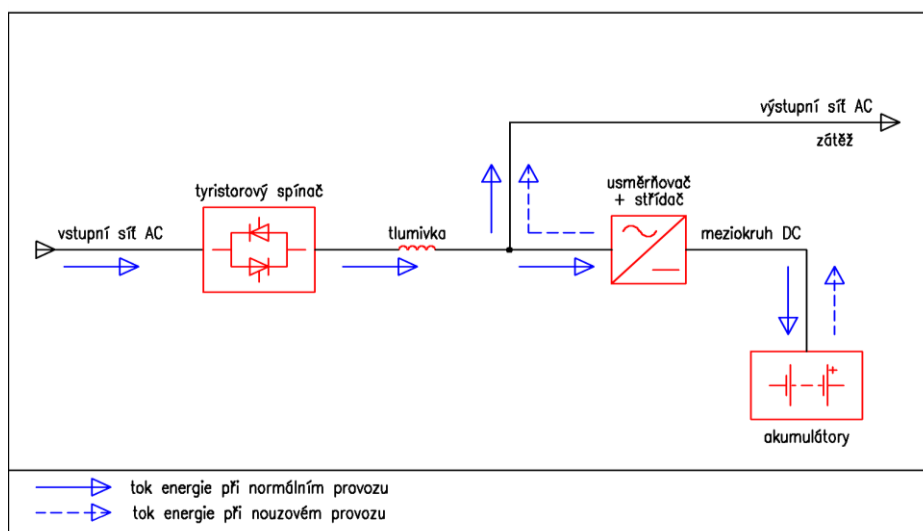
3.3.5.3 Střídavý záložní zdroj a zapojení on-line

Záložní zdroje v zapojení on-line může dále rozdělit ještě dle zapojení a to:

- UPS on-line s jednou konverzí.
- UPS on-line s dvojitou konverzí.
- UPS on-line s delta konverzí.

1/ UPS on-line s jednou konverzí

Základní stavební prvky tohoto systému tvoří tyristorový spínač, tlumivka, konvertor (usměrňovač/ střídač) a baterie. Spotřebiče jsou za normálního provozu napájeni z primárního zdroje elektrické energie přes tlumivku. Zároveň je dobíjena přes konvertor/ měnič (v této fázi pracující jako usměrňovač) baterie. Při výpadku primárního zdroje je zátěž napájena přes konvertor/ měnič (v této fázi pracující jako střídač) z akumulátoru. [3,15]



Obr. 10 Principiální schéma záložního zdroje on-line s jednou konverzí – převzato z [3]

2/ UPS on-line s dvojitou konverzí

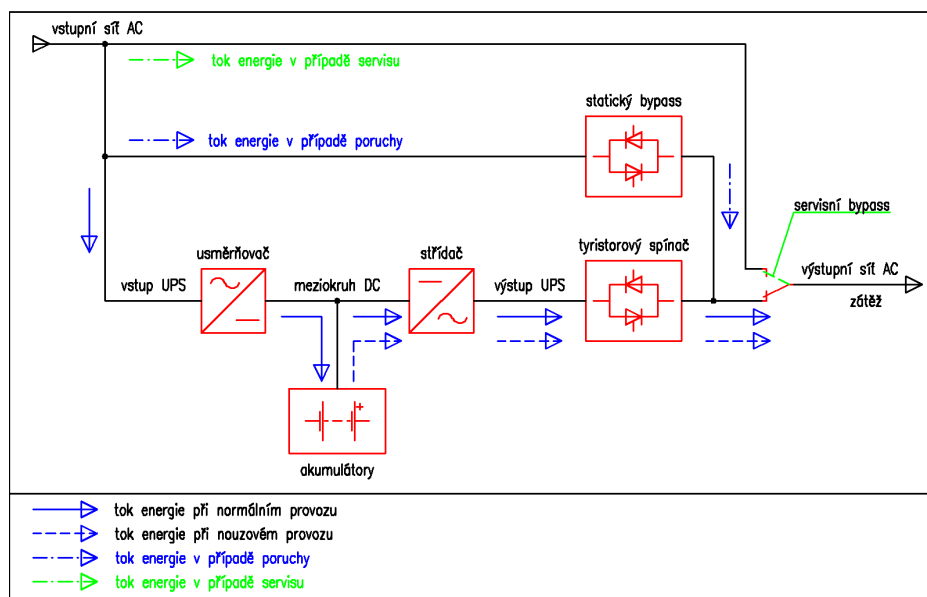
Online UPS s dvojitou konverzí spadá do kategorie VFI UPS, tedy do napětově a frekvenčně nezávislých zdrojů záložního napájení.

Jde o nejpoužívanější zapojení UPS. Takto provedená UPS vykazuje nejlepší vlastnosti co do spolehlivosti provozu. Při zapojení v paralelním (příp. také redundantním)

provozu s dalšími UPS a při pravidelném servisu můžeme konstatovat, že nekontrolovatelný výpadek UPS systému je téměř nemožný.

Základní stavební prvky tohoto systému tvoří usměrňovač, akumulátor, střídač, statický by-pass a manuální by-pass (také nazývaný servisní by-pass). Spotřebiče jsou za normálního provozu napájeny přes usměrňovač, který je napájen z primárního zdroje a střídač; proto název s dvojitou konverzí (energie se přeměňuje dvakrát). Usměrňovač zároveň nabíjí akumulátor, a proto musí být dimenzován na větší výkon, než příkon střídače resp. spotřeby. Při výpadku primárního zdroje dojde k okamžitému přechodu na bateriový provoz bez přerušení. Zátěž je napájena stále ze střídače, kterému je nyní energie dodávána z akumulátoru. [3,11,12,15,16]

Nevýhodou tohoto způsobu zapojení oproti zapojení s jednou, nebo delta konverzí jsou větší ztráty a menší účinnost.



Obr. 11 Principiální schéma náhradního zdroje on-line s dvojitou konverzí – převzato z [3]

Online UPS s dvojitou konverzí odstraňuje tyto problémy v síti:

- Výpadek síťového napájení.
- Napěťové špičky.
- Přepětí.
- Podpětí.
- Rušení v síti (šumy).
- Frekvenční kolísání.
- Harmonické zkreslení. [16]

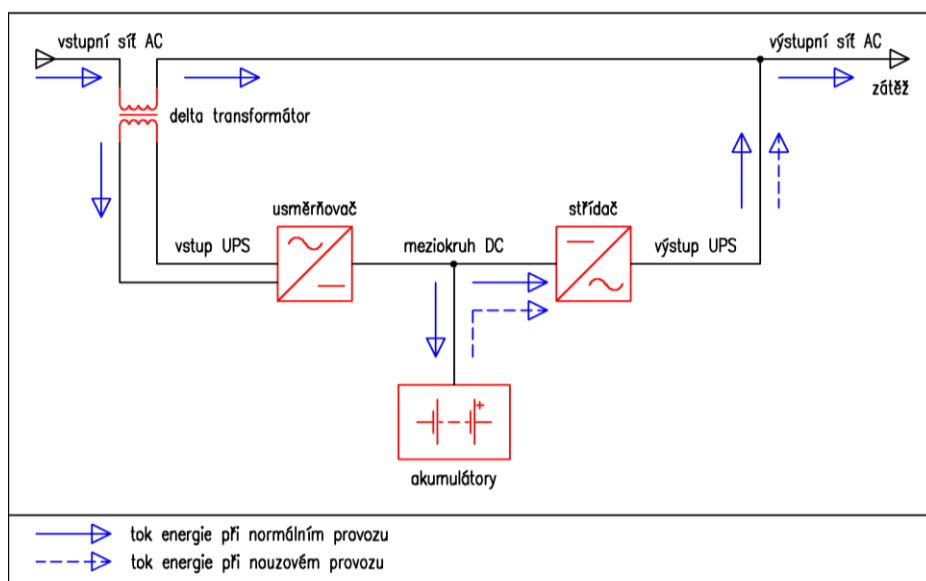
Online UPS s dvojitou konverzí jsou převážně využívány pro napájení serverů, ale i IT zařízení v serverových místnostech a datových centrech.

Výhody a nevýhody:

- Regulace (přesná regulace výstupního napětí).
- Zátěž (zátěž je oddělena od napájecí sítě a chráněna před vlivy napájecí sítě).
- Účinnost (konstantní účinnost při různých zátěžích).
- Cena (při vyšších výkonech vyšší náklady vlivem obvodu pro potlačení poruch v síti).
- Ztráty (vyšší ztráty vlivem dvojitou konverze elektrické energie).

3/ UPS on-line s delta konverzí

Online UPS s delta konverzí je speciální typ online UPS s dvojitou konverzí, ze které přímo vychází. Rozdílné provedení spočívá v zapojení. Při tomto zapojení nedochází ke konverzi veškeré elektrické energie, ale pouze ke konverzi rozdílu energie mezi vstupní hodnotou a potřebnou výstupní hodnotou elektrické energie. Tento rozdíl je vyrovnán pomocí delta Invertoru. Delta inverter bývá obvykle navržen na přibližně čtvrtinu celkového výkonu UPS a hlavní inverter je navržen na jmenovitý výkon celé UPS. Při výpadku primární sítě je zátěž napájena z hlavního invertoru, který je napájen z akumulátoru. Základní stavební prvky tohoto systému tvoří transformátor, delta inverter (usměrňovač), akumulátor (případně jiný zásobník energie) a hlavní inverter. Výhodou tohoto způsobu zapojení oproti zapojení s dvojitou konverzí jsou menší ztráty a tudíž větší účinnost. [3,15,16]



Obr. 12 Principiální schéma náhradního zdroje on-line s delta konverzí – převzato z [3]

Online UPS s delta konverzí odstraňuje tyto problémy v síti:

- Výpadek síťového napájení.
- Napěťové špičky.
- Přepětí.
- Podpětí.
- Rušení v síti (šumy).
- Frekvenční kolísání.
- Harmonické zkreslení. [16]

Online UPS s delta konverzí se nejčastěji používá k zálohování datových center, budov a v průmyslových aplikacích.

Výhody:

- Účinnost (vysoká účinnost delta invertoru, který přeměňuje jenom část energie).
- Kompatibilita (vhodné pro kombinaci s ostatními náhradními zdroji).
- Ztráty (vlivem průchodu pouze části energie jsou malé ztráty).

3.3.6 Kombinované zdroje

Jedná se v principu o střídavý záložní zdroj, u kterého jsou z meziokruhu DC napájena stejnosměrná zařízení. V tomto případě je nutné dimenzování usměrňovače na vyšší výkon. [15]

3.4 Uspořádání záložních zdrojů podle provozu

Z výše uvedených zapojení záložních zdrojů můžeme vytvářet různé provozy celého systému zálohovaného napájení.

3.4.1 Samostatný provoz záložního zdroje

Samostatný (jednodílný) záložní zdroj je sestaven pouze z jedné jednotky UPS, která je určena pro napájení předem dané zátěže, na kterou je většinou dimenzována. V případě poruchy této jednotky je zátěž provozována s přímým napájením z primárního zdroje a není již zálohována. Tento provoz se používá pro méně důležitá zařízení. [11]

3.4.2 Paralelní provoz více záložních zdrojů

Paralelní (vícedílný) záložní zdroj je sestaven z několika paralelně zapojených jednotek UPS, které jsou zpravidla vybaveny společným řízením, jež zajišťuje synchronizaci frekvence a rovnoměrné rozdělení výkonu mezi jednotlivé UPS. Cílem tohoto uspořádání je zvýšení výstupního výkonu. [8,11]

3.4.3 Redundantní provoz více záložních zdrojů

Jedná se o paralelní provoz záložních zdrojů, doplněných o další jednotku/ jednotky UPS tzv. rezervu výkonu. Tato rezerva umožňuje zálohovaný provoz napájeného zařízení i při poruše jedné/ více jednotek UPS. Popsané uspořádání se používá pro velmi důležitá zařízení. Pro zvýšení spolehlivosti a možnosti servisních prací bývá doplněno elektronickým a mechanickým (servisním) by-passem. Takto provozovaný záložní zdroj bývá označen jako $n+1$, $n+2$, $n+n$. [8,11]

3.5 Zásobníky energie záložního zdroje

Pro uchování elektrické energie se v praxi nejčastěji používají akumulátory. Pro krátké body zálohy (řádově milisekundy až sekundy) se začínají používat setrvačníky a superkondenzátory.

3.5.1 Akumulátory (baterie)

Elektrické akumulátory jsou chemické zdroje elektrické energie, které jsou v průběhu nabíjení schopné přijímat elektrickou energii z vnějšího zdroje (usměrňovače-nabíječe) a ukládat/ akumulovat ji ve svých elektrodách jako energii chemickou (změnou chemického složení elektrochemicky aktivních složek elektrod). Při vybíjení dodává akumulátor elektrickou energii do spotřebiče (buď přímo stejnosměrnou, nebo přes střídač

střídavou), při tom se mění chemické složení aktivních složek elektrod, chemická energie v nich akumulovaná se mění na energii elektrickou.³

Důležitou hodnotou, kterou jsou dány schopnosti akumulátoru uchovávat energii, je jeho kapacita; udává se v ampérhodinách Ah a znamená, že akumulátor o kapacitě 1 Ah je schopen dávat proud o velikosti 1 A po dobu jedné hodiny.

Akumulátory můžeme dělit podle celé řady hledisek, nejzákladnější je dělení podle použitého typu elektrolytu, podle provedení a podle principu na:

a/ Podle typu elektrolytu:

- Akumulátory s kyselým elektrolytem.
- Akumulátory s alkalickým elektrolytem.
- Akumulátory s bezvodým elektrolytem.

b/ Podle provedení:

- Otevřené akumulátory.
- Uzavřené tzv. ventilem řízené akumulátory.
- Hermetické akumulátory (NiCd).

c/ Podle principu:

- Olověný Pb.
- Nikl-kadmiový NiCd.
- Nikl-metal hydridový NiMh.
- Nikl-železný Ni-Fe.
- Nikl-zinkový Ni-Zn.
- Lithium-iontový Li-ion.
- Lithium-polymerový Li-Pol.
- Lithium-železo-fosfátový Li-FePO₄.
- Sodíkovo-sírový Na-S.
- Sodíkovo-chlorid nikelnatý Na-NiCl₂.
- Alkalický RAM.
- Ostatní.

³ [20] Elektrochemické zdroje proudu. [online]. © BATTEX [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <<http://www.battex.info/elektrochemicke-zdroje-proudu-obecne/definice>>.

Otevřené akumulátory se používají pro záložní zdroje UPS s velkými výkony, případně s velice dlouhou dobou zálohování a to z důvodu umístění akumulátorů ve speciálních místnostech, tzv. akumulátorovnách. Jde o prostory, na které je kladeno hned několik požadavků, a to především požadavek na ventilaci a nepropustnost podlahy.

Uzavřené akumulátory jsou použity u většiny záložních zdrojů UPS. Jde o speciálně konstruované elektrochemické akumulátory, u kterých bylo dosaženo vysoké účinnosti slučování kyslíku a vodíku uvnitř článku. Tím bylo možné uzavřít nádoby akumulátoru a jeho provozování v libovolné poloze. Elektrolyt je zde znehybněn formou gelu, nebo absorbováním separátory. Protože účinnost slučování uvnitř nádoby není stoprocentní, jsou nádoby opatřeny přetlakovými ventily, které umožňují při nabíjení nebo při přebíjení únik vzniklého plynu.

Dalším důležitým parametrem pro akumulátory je doba zálohování. Doba zálohování nám udává čas, po který nám bude záložní zdroj dodávat elektrickou energii do zátěže. V praxi se zálohovací doba počítá při 80% kapacitě akumulátoru, a to z důvodu stárnutí akumulátoru (u akumulátorů se velice rychle snižuje životnost a kapacita, pokud dochází k jejich úplnému vybití). Akumulátory jsou z celého obvodu UPS nejchoulostivější a nejdražší, dodávají se většinou s touto životností:

- 3-5 let: standardní akumulátory, používají se ve většině aplikací, převážně pro výkony do 60 kVA,
- 5-8 let: používají se převážně pro výkony nad 60 kVA,
- 10 let: pro velice náročné aplikace,
- více než 10 let: speciální aplikace, provozy jaderných elektráren, objekty a budovy důležité pro obranu státu.

Doba zálohování je přímo závislá na životnosti akumulátorů. Životnost akumulátorů je zásadně ovlivňována třemi vlivy:

- způsob dobíjení,
- přítomnost vyšších harmonických v nabíjecím proudu,
- provozní teplota.

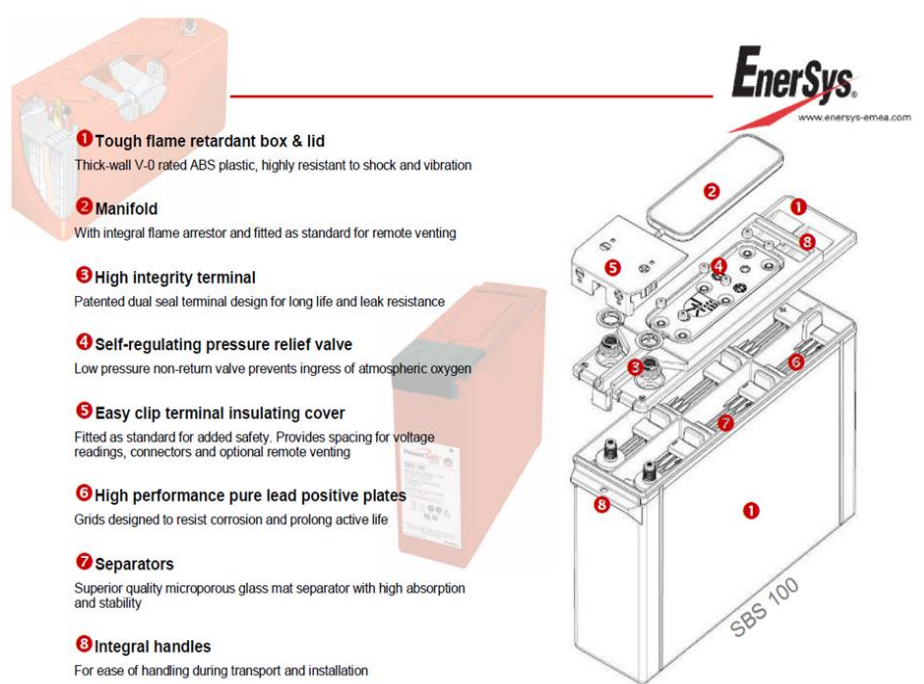
Pro zvýšení životnosti akumulátorů bylo vyvinuto několik způsobů, jak je šetrně dobíjet. Tyto metody jsou založeny na časově definovaném dobíjení, díky kterému není na akumulátorech trvalé napětí, které způsobuje korozi kladné elektrody a sulfataci obou elektrod.

U všech použitých akumulátorů musí nabíjecí napětí obsahovat co možná nejmenší počet vyšších harmonických. Vyšší počet harmonických v nabíjecím proudu snižuje životnost akumulátoru. [8,9]

Veliký vliv na životnost a kapacitu akumulátorů má také okolní provozní teplota.

Tab.1 Vliv okolní teploty na kapacitu akumulátorů – převzato z [4]

Roční průměrná teplota akumulátorů	Snížení kapacity v % / rok
20	0
25	25
30	50
35	66
40	75
45	83



Obr. 13 Uzavřený olověný ventilem řízený akumulátor [17]

3.5.2 Setrvačníky

Většina výpadků primárního zdroje elektrické energie není delší než 5 vteřin a právě zdroje na principu uchování energie v setrvačnicku jsou vhodné k pokrytí velké spotřeby po krátkou dobu. Setrvačníky mohou poskytnout mnohem větší výkon než akumulátor, i když jen po krátkou dobu. Dále jejich výhodami oproti akumulátorům jsou mnohem delší

životnost, minimální údržba a nejsou tak citlivé na pracovní podmínky. Jejich pořizovací náklady jsou stále vysoké, ale již se zvyšující se produkcí postupně klesají. [13,18]

3.5.3 Superkondenzátory

Superkondenzátor je jediný způsob, který uchovává energii přímo ve formě elektrického náboje. V porovnání s akumulátorem je jeho hustota energie malá, ale z důvodu malého vnitřního odporu lze tuto energii velmi rychle dostat ven. Využití superkondenzátorů je při krátkém výpadku primární sítě. [8,18]

V současné době je použití superkondenzátorů v praxi velmi malé; využívají se jako zdroje impulsního výkonu např. ve fyzikálním výzkumu pro lasery, urychlovače částic nebo termojadernou syntézu.

3.5.4 Nové technologie

Pro budoucnost se za perspektivní zásobník energie pro velké záložní zdroje UPS považuje průtoková elektrochemická baterie (flow battery), ve které se průběžně vyměňuje elektrolyt (uskladněný mimo baterii), takže je zajištěn provoz, dokud nedojde zásoba elektrolytu. Největší takto realizovaný záložní zdroj může dodávat až 1 MW energie po dobu 24 hodin.

Velmi sofistikovaný, ale zatím dosti drahý způsob je uložení energie do magnetického pole supravodivé cívky (SMES = superconducting magnetic energy storage).

Další novou technologií jsou vysokootáčkové setrvačníky, kde kinetická energie rotujícího tělesa je úměrná hmotnosti a druhé mocnině otáček. Při vysokých otáčkách i relativně lehký setrvačnick může mít velké množství energie. V současnosti jsou běžnější nízkootáčkové setrvačníky (zhruba do 7 000 ot./min.) s ocelovým rotorem. Velmi pevné kompozitní materiály dovolují vývoj lehkých vysokootáčkových setrvačnicků až do 100 000 ot./min. Z důvodu omezení tření se rotor otáčí ve vakuu a je magneticky nadnášen. Součástí rotoru jsou i permanentní magnety, které ho roztácejí nebo při brzdění generují proud v cívkách. K tomu patří i vyspělá elektronika pro bezpečný a bezúdržbový chod. [18]

3.6 Normy pro záložní zdroje

Během vývoje záložních zdrojů se aplikovaná technika rozdělovala podle charakteru, kritických vlastností a výkonu jednotlivých aplikací. S tím se také vyvíjelo názvosloví nabízených záložních zdrojů, občas živelným způsobem a dokonce i obchodně chybným způsobem s ohledem na koncového uživatele.

Potřeba zavedení normy, která by definovala termíny, se stala nevyhnutelnou, a proto Mezinárodní elektrotechnická komise (IEC) pověřila svou pracovní skupinu, aby vytvořila normu, která bude jasně definovat jednotlivé typy záložních zdrojů UPS a metody měření jejich parametrů. [11,12,16]

Výsledkem jsou normy pro zdroje nepřerušovaného napájení UPS ČSN EN 62040, a to:

- ČSN EN 62040-1 Zdroje nepřerušovaného napájení UPS - Část 1: Všeobecné a bezpečnostní požadavky pro UPS, vydána 5.2009 a změna: A1, vydána 09.2013.
- ČSN EN 62040-2 Zdroje nepřerušovaného napájení UPS - Část 2: Požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu EMC, vydána 08.2006 a oprava: Opr.1, vydána 04.2007.
- ČSN EN 62040-3 Zdroje nepřerušovaného napájení UPS - Část 3: Metoda stanovení požadavků na funkci a na zkoušení, vydána 12.2011.
- ČSN EN 62040-4 Zdroje nepřerušovaného napájení UPS - Část 4: Hlediska životního prostředí – požadavky a zprávy, vydána 02.2014.

3.7 Stupeň důležitosti zálohovaného zařízení

V praxi neexistují normy, které by přímo určovaly nebo doporučovaly, který typ záložního zdroje elektrické energie má být v daném případě použit. Všeobecné požadavky na záložní napájení vycházejí ze zařazení do určitého stupně dodávky elektrické energie dle normy ČSN 34 1610 „Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách“. [6,15]

Podle důležitosti jednotlivých provozoven nebo jen jednotlivých pohonů technologických zařízení jsou dodávky elektrické energie pro ně rozděleny do tří skupin:

a/ Dodávky 1. stupně

Jsou dodávky, které musí být zajištěny za každých okolností, jelikož jejich přerušení může způsobit buď ohrožení lidských životů (např. čerpadla požární vody, výtahy určené k evakuaci osob, zdravotnická zařízení), nebo velké ekonomické ztráty (elektrické tavicí

pece). Aby nedošlo k přerušení napájení, musí být spotřebič vybaven záložním zdrojem elektrické energie. [6]

b/ Dodávky 2. stupně

Jsou dodávky, které mají být pokud možno zajištěny, jelikož jejich přerušení a zastavení důležitých strojů může způsobit jen podstatné zmenšení nebo přerušení dodávky (aniž při tom nastane ohrožení osob). Tyto spotřebiče nejsou tak závislé na nepřetržitosti dodávky elektrické energie. Výpadek se projeví omezením nebo zastavením výroby, avšak nedochází k narušení technologií, a tím k větším ekonomickým ztrátám, ani k ohrožení zdraví nebo života. U těchto spotřebičů je nutné dodávku elektrické energie co nejrychleji obnovit, ale spotřebiče nevyžadují zvláštní opatření pro náhradní napájení elektrickou energií. Příkladem spotřebičů druhého stupně důležitosti jsou obráběcí stroje, mechanické dílny nebo různé průmyslové provozy. [6]

c/ Dodávky 3. stupně

Jsou dodávky, které nemusí být zajišťovány zvláštními opatřeními. Příkladem spotřebičů třetí důležitosti jsou domácnosti, školy, úřady, ústavy, správní budovy a sklady. [6]

3.8 Poruchy napájení z primární sítě a přiřazení třídy UPS

Poruchy napájení z primární sítě jsou charakterizovány poklesy a přerušením napětí. Toto může být způsobeno spínáním a zapínáním velkých odběrů, zkratovými proudy a následnou funkcí ochran (např. při funkci opětovného zapínání). Tyto poruchy se vyskytují ve veřejných rozvodných sítích, v odběratelských sítích nebo jsou způsobeny atmosférickými vlivy. Pokles napětí způsobují také změny jalového a činného proudu, které odebírají zátěže a způsobují změny úbytku napětí na impedanci sítě. [14]

V uvedené tabulce jsou uvedeny nejčastější poruchy sítě, charakteristika jednotlivých poruch, jejich příčiny a důsledky pro rozvodnou síť:

Tab.2 Nejčastější poruchy sítě – převzato z [4]

Porucha sítě	Charakteristika	Příčiny	Důsledky
Výpadek elektrického napájení	Úplná ztráta napětí	Atmosférické poruchy, spínání, práce na rozvodech	Ztráta počítačových dat, zastavení výroby a činnosti
Přechodný pokles napětí	Náhlé snížení napětí v rozsahu 10 % až 100 % v trvání od 10 ms do několika sekund	Atmosférické jevy, změny zatížení, skryty v rozvodech	Nesprávná činnost HW, ztráta počítačových dat, výpadky SW
Napěťové špičky	Náhlé, velmi krátké zvýšení napětí	Atmosférické poruchy (bouřky), indukční pece	Trvalé poškození zařízení, zrychlené stárnutí nebo selhání prvků, průraz izolace
Podpětí	Dlouhodobé snížení napětí v trvání nad několik sekund	Spínání velkých spotřebičů, přetížení motorogenerátorů	Nesprávné funkce HW, nahodilé resetování HW, ztráta počítačových dat
Přepětí	Dlouhodobé zvýšení napětí v trvání nad několik sekund	Spínání jisticích prvků, rozběh motorů	Přehřívání a předčasné stárnutí prvků a zařízení
Přechodové jevy	Velký nárůst rušení po dobu přechodového jevu	Skokové připnutí a odepnutí zátěže, výtahy svařovací automaty	Nesprávná činnost HW a SW
Indukovaný šum	Rušení elektromagnetického a elektrostatického původu v prostoru a ve vodičích	Spínání výkonových polovodičových prvků, elektrostatické vybíjení	Poruchy funkce a činnosti zařízení
Kolísání frekvence	Frekvence kolísá více než 50 Hz ± 5 %	Regulace motorogenerátoru	Nesoulad tolerancí některých přístrojů, ztráta dat počítačů
Naindukování harmonických frekvencí	Vyšší harmonické frekvence superponované na základní sinusové vlně	Magnetická jádra elektrických strojů, spínané zdroje, obloukové pece	Předimenzování HW, přehřívání, rezonance s kondenzátory, poškození zařízení

Klasifikace UPS vychází z harmonizované české normy ČSN EN 62040, která byla převzata z normy IEC 62040-3.

Tab.3 Klasifikace UPS dle ČSN EN 62040 – převzato z [16]

Klasifikace UPS dle odstraňovaných poruch sítě			ČSN EN 62040, IEC 62040-3	
Číslo poruchy	Popis poruchy	Trvání poruchy	Třída IEC	Třída UPS
1	Výpadek sítě	>10 ms	VFD (Voltage+Frequency Dependent=napětově závislý)	3 Offline stand by
2	Zakolísání napětí	>16 ms		
3	Napětová špička	>16 ms		
1 až 5	poruchy 1,2,3	-	VI (Voltage Independent = napětově nezávislý)	2 Line- interactive
4	Podpětí	trvalé		
5	Přepětí	trvalé		
1 až 10	poruchy 1 až 10	-	VFI (Voltage+ Frequency Independent = nezávislý na poruchách napětí i kmitočtu)	3 Online real Double- Conversion Obsahuje měnič s řízením kmitočtu
6	Účinky blesku	sporadické		
7	Napětové impulzy (Surges)	< 4 ms		
8	Kolísání kmitočtu	sporadické		
9	Rušivé napětové signály	periodické		
10	Vyšší harmonické kmitočty	trvalé		

4 Praktická část

4.1 Měření účinnosti na záložním zdroji UPS

Pro návrh nového zdroje nepřerušovaného napájení je třeba řada důležitých údajů, a to především stupeň dodávky dle ČSN 34 1610, požadovaný výkon UPS (vychází z příkonu zálohovaných spotřebičů a soudobosti) a doba zálohy (potřebná kapacita akumulátoru nebo jiného zásobníku energie). Se zvyšující cenou elektrické energie se mezi důležité údaje při výběru zdroje nepřerušovaného řadí také účinnost (fyzikální veličina udávající poměr mezi výkonem a příkonem stroje při vykonávání práce) a to hlavně účinnost v takzvaném pohotovostním režimu, ve kterém UPS pracuje téměř po celou dobu provozu. V praxi se UPS velkých výkonů většinou používají v zapojení on-line s dvojitou konverzí, tedy s dvojitou přeměnou (střídavé-stejnosměrné-střídavé napětí). Účinnost u starších UPS provozovaných v zapojení s dvojitou konverzí se pohybovala okolo 60-85 % s ohledem na stupeň zatížení. Další nevýhodou u starších UPS s ohledem na účinnost byl také redundantní provoz, kdy šlo většinou o 100% zálohu požadovaného výkonu. U současných UPS se účinnost již posunula za hranici 90% a to i při malém zatížení. Další velkou výhodou dnešních UPS je jejich možnost sestavení z modulů menších výkonů a redundantního provozu n+1 (kde se dosahuje vysoké provozní spolehlivosti systému), což umožňuje i při poruše jednoho modulu zajistit napájení spotřeby a přitom není potřeba další velká UPS o stejném výkonu pro případ zálohy při poruše, která by zvyšovala ztrátový příkon a snižovala účinnost. Další výhodou modulárních systémů je možnost rychlé opravy řešené prostou výměnou vadného modulu.

Cílem mé práce je ověření účinnosti v současnosti vyráběné modulární UPS – v tomto případě vybrána UPS s instalovaným výkonem jednoho modulu $P=16$ kW.

Základní údaje modulu UPS 16 kW:

Modul UPS je složen ze tří základních částí viz blokové schéma v příloze č. 1. První část tvoří usměrňovač. Usměrňovač se skládá z polovodičového usměrňovacího můstku s korekcí účinníku, který přeměňuje třífázové napájecí napětí na regulované stejnosměrné napětí, určené k napájení střídače. Současně se připojená baterie přes DC/DC měnič nabíjí popřípadě udržuje na optimální kapacitě v režimu udržovacího nabíjení. Usměrňovač je dimenzován 125 % výkonu modulu, (100 % pro střídač, 25 % pro nabíjení baterie). Druhou část tvoří střídač. Ve střídači dochází k přeměně stejnosměrného napětí na třífázové napětí s konstantní amplitudou a stabilní frekvencí. Pulsně-šířkovou modulací

a výkonovými tranzistory IGBT se dosahuje vysoké účinnosti také v oblasti nižšího zatížení. Třetí část tvoří elektronické přepínací zařízení tzv. by-pass. By-pass je tvořen antiparalelně zapojenými tyristory řízenými mikroprocesorem. By-pass přepíná automaticky a bez přerušení (při synchronním provozu střídače se sítí) připojený spotřebič na vstupní síť (primární zdroj el. energie) v případě odpovídající odchylky výstupního napětí od požadované hodnoty (porucha, zkrat, přetížení).

Základní technická data měřeného modulu UPS:

Jmenovité vstupní napětí	3x 400/230 VAC ± 15 %
Jmenovitý vstupní proud	31 A
Jmenovitá vstupní frekvence	50 Hz ± 5 %
Vstupní účinník	0,99 (0,97 při 25 % zátěži)
Maximální jmenovitý vstupní výkon	21,5 kW (s nabíjením baterie)
Jmenovité výstupní napětí	3x 400/230 VAC
Jmenovitý výstupní proud	28,9 A ($\cos\varphi=0,8$)
Jmenovitá výstupní frekvence	50 Hz ± 1 %
Jmenovitý výstupní výkon UPS	20 kVA (při $\cos\varphi=0,8$)
Přetížení	150 % po 1minutu, 125 % po 10minut
Chování při zkratu	200 % po 3s, není-li by-passové napětí
Celková účinnost, bez nabíjení baterie	93,5 % při 100% zatížení 93,5 % při 75% zatížení 93,0 % při 50% zatížení 90,0 % při 25% zatížení

Zbývající technická data viz technický datový list v příloze č. 2.

Systémová (rozvodná) skříň UPS:

Systémová skříň je určena pro osazení jednotlivých modulů. Je tvořena připojovacími body (svorky), řídicí, dohledovou a komunikační jednotkou a informačním displejem. Hlavní část tvoří manuální (servisní) by-pass. Servisní by-pass slouží k manuálnímu překlenutí (obchvatu) modulů při servisních pracích nebo pravidelné údržbě.

Základní údaje systémové skříně pro vestavbu UPS modulů:

Vstupní napětí AC (usměrňovač)	400/230 V
Vstupní napětí AC (by-pass)	400/230 V
Vstupní napětí DC (baterie)	180-345 V
Výstupní napětí AC (střídač)	400/230 V

Zatěžovací Odpor:

Witec 54 kW

Regulace vstupní sítě:

Plynule regulovatelný autotransformátor 180-270 VAC

Měřicí přístroje:

LMG 450 ZES Zimmer

LMG 450 ZES Zimmer

Multimetr Fluke F289

Multimetr Fluke F289

Multimetr Fluke F289

Postup vlastního měření účinnosti jednoho modulu vestavěného do systémové skříně pro maximálně pět modulů:

Bude změřen vstupní činný příkon UPS a výstupní činný příkon připojeného spotřebiče pomocí měřičů výkonů při:

1. Pohotovostním režimu UPS (spotřebič napájen přes usměrňovač a střídač z primárního zdroje) se vstupním napětím v rozmezí od 190 VAC do 265 VAC při zátěži od 2 kW (zatížení 12,5%) do 20 kW (zatížení 125%). Porovnejte s údaji uváděnými výrobcem v datovém listu.
2. Nouzovém režimu UPS (výpadek primární sítě, spotřebič napájen přes střídač z baterie) s bateriovým napětím v rozmezí od 180 VDC (mezní hodnota pro chod UPS) do 345 VDC (maximální hodnota DC napětí) při zátěži od 2 kW (zatížení 12,5%) do 20 kW (zatížení 125%).

Měření při by-passovém provozu nebude provedeno, protože by-passový provoz je pouze při zkratu nebo přetížení.

Vzorec pro výpočet účinnosti:

$$\eta = \frac{P'}{P}$$

η - účinnost

P' - výkon = energie odebíraná ze zařízení

P - příkon = energie dodávaná do zařízení proto, abychom z něj mohli odebírat požadovaný výkon

Pozn. Účinnost je definována jako fyzikální veličina, která nám udává poměr mezi výkonem a příkonem zařízení při vykonávání práce. Energie dodaná do zařízení je větší než práce zařízením vykonaná (v opačném případě by šlo o tzv. perpetuum mobile), z důvodu ztrát, které se mění na energii neužitečného druhu (např. v důsledku ztrát el. energie v teplo). Proto účinnost je vždy menší než 100 %.

4.2 Výsledky vlastního měření účinnosti na záložním zdroji UPS

1. Naměřené a vypočítané hodnoty při pohotovostním režimu UPS

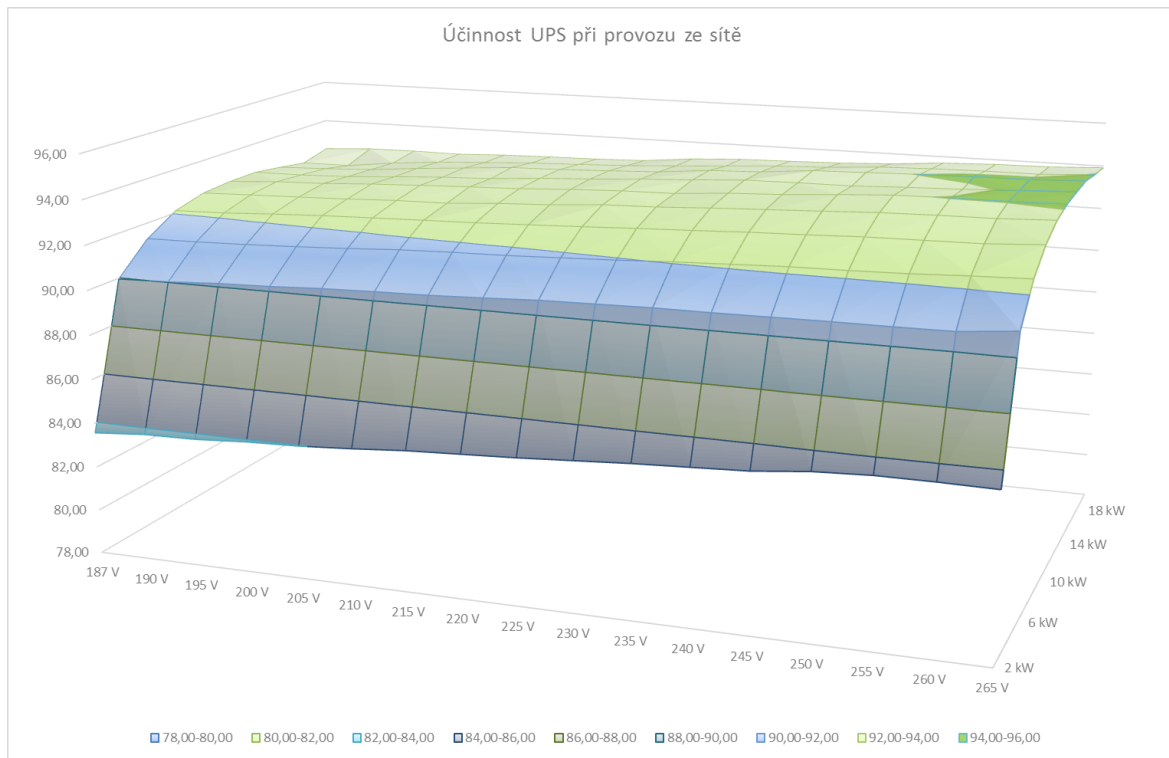
Vstupní napětí AC:	187 - 265 VDC
DC meziokruh (baterie):	287,28 VDC*
Výstupní napětí AC:	400/ 230 VAC +/-0,5%
Výstupní výkon:	2 - 20 kW

*2x 126 článků, jmenovité napětí článku baterie 2 V, nabíjecí napětí 2,28 V/ článek.

Tab.4 Naměřené a vypočtené hodnoty při pohotovostním režimu - [vlastní zpracování]

	Napětí sítě [VAC]	187	190	195	200	205	210	215	220	225
Zátěž										
2 kW	vstupní příkon [W]	2446	2441	2440	2436	2434	2430	2425	2422	2419
	výstupní výkon [W]	2044	2044	2044	2044	2044	2044	2044	2044	2044
	účinnost [%]	83,57	83,74	83,77	83,91	83,98	84,12	84,29	84,39	84,50
4 kW	vstupní příkon [W]	4493	4490	4484	4481	4476	4473	4471	4467	4462
	výstupní výkon [W]	4042	4042	4042	4042	4042	4042	4042	4042	4042
	účinnost [%]	89,96	90,02	90,14	90,20	90,30	90,36	90,40	90,49	90,59
6 kW	vstupní příkon [W]	6662	6660	6656	6650	6643	6634	6629	6626	6620
	výstupní výkon [W]	6081	6081	6081	6081	6081	6081	6081	6081	6081
	účinnost [%]	91,28	91,31	91,36	91,44	91,54	91,66	91,73	91,77	91,86
8 kW	vstupní příkon [W]	8778	8773	8762	8753	8747	8741	8736	8728	8720
	výstupní výkon [W]	8084	8084	8084	8084	8084	8084	8084	8084	8084
	účinnost [%]	92,09	92,15	92,26	92,36	92,42	92,48	92,54	92,62	92,71
10 kW	vstupní příkon [W]	10870	10862	10855	10847	10836	10832	10814	10802	10783
	výstupní výkon [W]	10050	10050	10050	10050	10050	10050	10050	10050	10050
	účinnost [%]	92,46	92,52	92,58	92,65	92,75	92,78	92,94	93,04	93,20
12 kW	vstupní příkon [W]	13084	13064	13054	13036	13023	13011	13001	12984	12971
	výstupní výkon [W]	12111	12111	12111	12111	12111	12111	12111	12111	12111
	účinnost [%]	92,56	92,71	92,78	92,90	93,00	93,08	93,15	93,28	93,37
14 kW	vstupní příkon [W]	15223	15220	15208	15184	15163	15149	15121	15103	15077
	výstupní výkon [W]	14093	14093	14093	14093	14093	14093	14093	14093	14093
	účinnost [%]	92,58	92,60	92,67	92,81	92,94	93,03	93,20	93,31	93,47
16 kW	vstupní příkon [W]	17443	17428	17409	17370	17338	17306	17296	17280	17261
	výstupní výkon [W]	16117	16117	16117	16117	16117	16117	16117	16117	16117
	účinnost [%]	92,40	92,48	92,58	92,79	92,96	93,13	93,18	93,27	93,37
18 kW	vstupní příkon [W]	19694	19691	19634	19592	19566	19539	19523	19504	19476
	výstupní výkon [W]	18157	18157	18157	18157	18157	18157	18157	18157	18157
	účinnost [%]	92,20	92,21	92,48	92,68	92,80	92,93	93,00	93,09	93,23
20 kW	vstupní příkon [W]	21704	21673	21667	21671	21648	21636	21628	21611	21558
	výstupní výkon [W]	20081	20081	20081	20081	20081	20081	20081	20081	20081
	účinnost [%]	92,52	92,65	92,68	92,66	92,76	92,81	92,85	92,92	93,15

	Napětí sítě [VAC]	230	235	240	245	250	255	260	265
Zátěž									
2 kW	vstupní příkon [W]	2415	2411	2408	2405	2398	2395	2395	2396
	výstupní výkon [W]	2044	2044	2044	2044	2044	2044	2044	2044
	účinnost [%]	84,64	84,78	84,88	84,99	85,24	85,34	85,34	85,31
4 kW	vstupní příkon [W]	4460	4458	4458	4457	4456	4456	4455	4444
	výstupní výkon [W]	4042	4042	4042	4042	4042	4042	4042	4042
	účinnost [%]	90,63	90,67	90,67	90,69	90,71	90,71	90,73	90,95
6 kW	vstupní příkon [W]	6614	6606	6600	6594	6592	6588	6581	6576
	výstupní výkon [W]	6081	6081	6081	6081	6081	6081	6081	6081
	účinnost [%]	91,94	92,05	92,14	92,22	92,25	92,30	92,40	92,47
8 kW	vstupní příkon [W]	8711	8703	8694	8688	8680	8677	8674	8661
	výstupní výkon [W]	8084	8084	8084	8084	8084	8084	8084	8084
	účinnost [%]	92,80	92,89	92,98	93,05	93,13	93,17	93,20	93,34
10 kW	vstupní příkon [W]	10776	10762	10751	10740	10728	10722	10719	10708
	výstupní výkon [W]	10050	10050	10050	10050	10050	10050	10050	10050
	účinnost [%]	93,26	93,38	93,48	93,58	93,68	93,73	93,76	93,86
12 kW	vstupní příkon [W]	12966	12942	12928	12906	12888	12882	12881	12873
	výstupní výkon [W]	12111	12111	12111	12111	12111	12111	12111	12111
	účinnost [%]	93,41	93,58	93,68	93,84	93,97	94,01	94,02	94,08
14 kW	vstupní příkon [W]	15059	15036	15031	15029	15014	15003	14984	14968
	výstupní výkon [W]	14093	14093	14093	14093	14093	14093	14093	14093
	účinnost [%]	93,59	93,73	93,76	93,77	93,87	93,93	94,05	94,15
16 kW	vstupní příkon [W]	17221	17206	17167	17156	17144	17132	17129	17111
	výstupní výkon [W]	16117	16117	16117	16117	16117	16117	16117	16117
	účinnost [%]	93,59	93,67	93,88	93,94	94,01	94,08	94,09	94,19
18 kW	vstupní příkon [W]	19448	19416	19397	19363	19349	19341	19340	19312
	výstupní výkon [W]	18157	18157	18157	18157	18157	18157	18157	18157
	účinnost [%]	93,36	93,52	93,61	93,77	93,84	93,88	93,88	94,02
20 kW	vstupní příkon [W]	21529	21517	21503	21477	21435	21416	21409	21384
	výstupní výkon [W]	20081	20081	20081	20081	20081	20081	20081	20081
	účinnost [%]	93,27	93,33	93,39	93,50	93,68	93,77	93,80	93,91



Obr. 14 Graf účinnosti UPS při pohotovostním režimu - [vlastní zpracování]

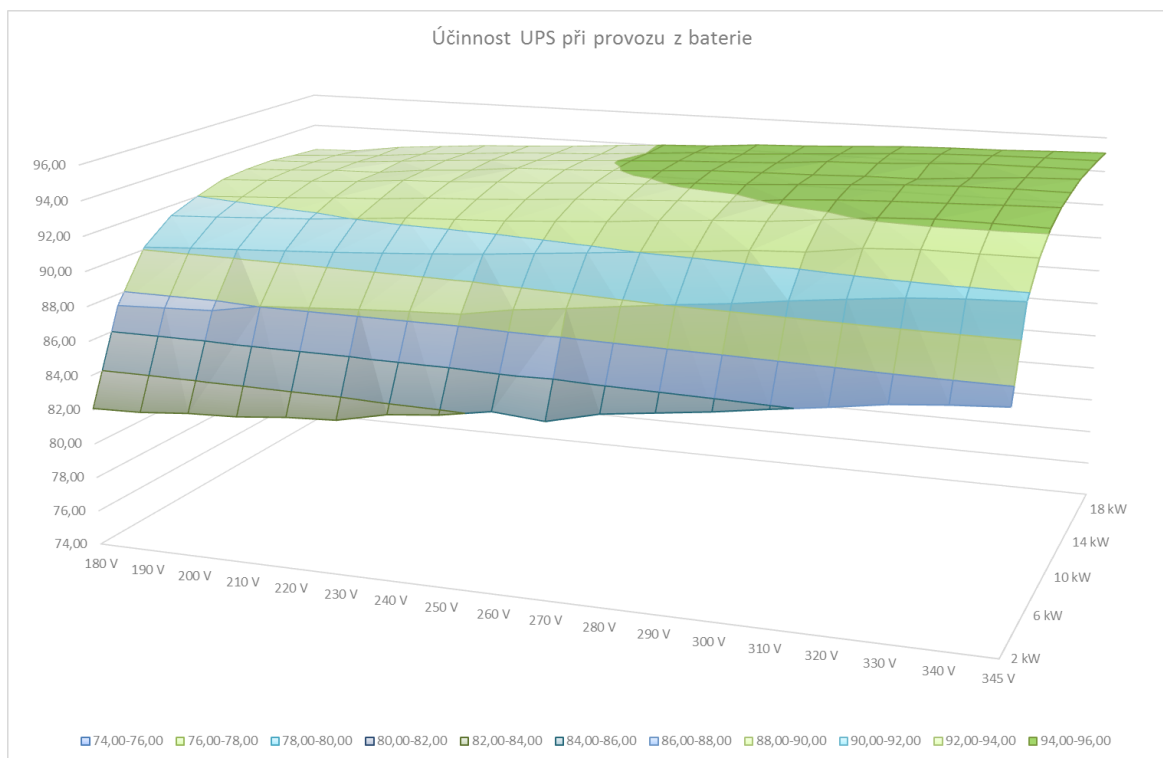
2. Naměřené a vypočítané hodnoty při nouzovém režimu UPS

Vstupní napětí DC: 180 - 345 VDC
 Výstupní napětí AC: 400/230 VAC +/-0,5%
 Výstupní výkon: 2 - 20 kW

Tab.5 Naměřené a vypočtené hodnoty při nouzovém režimu - [vlastní zpracování]

	Napětí baterie [VDC]	180	190	200	210	220	230	240	250	260
Zátěž										
2 kW	vstupní příkon [W]	2488	2486	2479	2476	2468	2464	2446	2438	2424
	výstupní výkon [W]	2042	2042	2042	2042	2042	2042	2042	2042	2042
	účinnost [%]	82,07	82,14	82,37	82,47	82,74	82,87	83,48	83,76	84,24
4 kW	vstupní příkon [W]	4632	4627	4622	4596	4588	4580	4573	4568	4543
	výstupní výkon [W]	4046	4046	4046	4046	4046	4046	4046	4046	4046
	účinnost [%]	87,35	87,44	87,54	88,03	88,19	88,34	88,48	88,57	89,06
6 kW	vstupní příkon [W]	6744	6732	6722	6712	6702	6689	6676	6661	6642
	výstupní výkon [W]	6078	6078	6078	6078	6078	6078	6078	6078	6078
	účinnost [%]	90,12	90,29	90,42	90,55	90,69	90,87	91,04	91,25	91,51
8 kW	vstupní příkon [W]	8851	8839	8824	8811	8789	8766	8755	8744	8726
	výstupní výkon [W]	8089	8089	8089	8089	8089	8089	8089	8089	8089
	účinnost [%]	91,39	91,51	91,67	91,81	92,04	92,28	92,39	92,51	92,70
10 kW	vstupní příkon [W]	10922	10903	10886	10864	10848	10820	10806	10785	10761
	výstupní výkon [W]	10048	10048	10048	10048	10048	10048	10048	10048	10048
	účinnost [%]	92,00	92,16	92,30	92,49	92,63	92,87	92,99	93,17	93,37
12 kW	vstupní příkon [W]	13100	13082	13062	13038	13003	12988	12964	12948	12921
	výstupní výkon [W]	12116	12116	12116	12116	12116	12116	12116	12116	12116
	účinnost [%]	92,49	92,62	92,76	92,93	93,18	93,29	93,46	93,57	93,77
14 kW	vstupní příkon [W]	15220	15201	15174	15164	15113	15084	15033	15021	15001
	výstupní výkon [W]	14096	14096	14096	14096	14096	14096	14096	14096	14096
	účinnost [%]	92,61	92,73	92,90	92,96	93,27	93,45	93,77	93,84	93,97
16 kW	vstupní příkon [W]	17406	17388	17354	17312	17271	17236	17206	17176	17144
	výstupní výkon [W]	16124	16124	16124	16124	16124	16124	16124	16124	16124
	účinnost [%]	92,63	92,73	92,91	93,14	93,36	93,55	93,71	93,88	94,05
18 kW	vstupní příkon [W]	19624	19588	19554	19498	19455	19409	19377	19351	19305
	výstupní výkon [W]	18148	18148	18148	18148	18148	18148	18148	18148	18148
	účinnost [%]	92,48	92,65	92,81	93,08	93,28	93,50	93,66	93,78	94,01
20 kW	vstupní příkon [W]	21728	21706	21613	21560	21508	21476	21438	21389	21342
	výstupní výkon [W]	20068	20068	20068	20068	20068	20068	20068	20068	20068
	účinnost [%]	92,36	92,45	92,85	93,08	93,30	93,44	93,61	93,82	94,03

	Napětí baterie [VDC]	270	280	290	300	310	320	330	340	345
Zátěž										
2 kW	vstupní příkon [W]	2431	2411	2401	2391	2379	2368	2356	2349	2344
	výstupní výkon [W]	2042	2042	2042	2042	2042	2042	2042	2042	2042
	účinnost [%]	84,00	84,70	85,05	85,40	85,83	86,23	86,67	86,93	87,12
4 kW	vstupní příkon [W]	4527	4509	4492	4477	4458	4442	4427	4418	4413
	výstupní výkon [W]	4046	4046	4046	4046	4046	4046	4046	4046	4046
	účinnost [%]	89,37	89,73	90,07	90,37	90,76	91,09	91,39	91,58	91,68
6 kW	vstupní příkon [W]	6624	6605	6587	6567	6558	6529	6518	6519	6518
	výstupní výkon [W]	6078	6078	6078	6078	6078	6078	6078	6078	6078
	účinnost [%]	91,76	92,02	92,27	92,55	92,68	93,09	93,25	93,24	93,25
8 kW	vstupní příkon [W]	8709	8684	8664	8650	8624	8594	8582	8584	8589
	výstupní výkon [W]	8089	8089	8089	8089	8089	8089	8089	8089	8089
	účinnost [%]	92,88	93,15	93,36	93,51	93,80	94,12	94,26	94,23	94,18
10 kW	vstupní příkon [W]	10744	10725	10711	10674	10653	10639	10630	10619	10611
	výstupní výkon [W]	10048	10048	10048	10048	10048	10048	10048	10048	10048
	účinnost [%]	93,52	93,69	93,81	94,14	94,32	94,44	94,52	94,62	94,69
12 kW	vstupní příkon [W]	12904	12871	12855	12828	12804	12780	12766	12761	12762
	výstupní výkon [W]	12116	12116	12116	12116	12116	12116	12116	12116	12116
	účinnost [%]	93,89	94,13	94,25	94,45	94,63	94,80	94,91	94,95	94,94
14 kW	vstupní příkon [W]	14970	14942	14931	14922	14906	14901	14864	14832	14816
	výstupní výkon [W]	14096	14096	14096	14096	14096	14096	14096	14096	14096
	účinnost [%]	94,16	94,34	94,41	94,46	94,57	94,60	94,83	95,04	95,14
16 kW	vstupní příkon [W]	17112	17092	17068	17023	17009	16979	16952	16950	16946
	výstupní výkon [W]	16124	16124	16124	16124	16124	16124	16124	16124	16124
	účinnost [%]	94,23	94,34	94,47	94,72	94,80	94,96	95,12	95,13	95,15
18 kW	vstupní příkon [W]	19260	19242	19206	19168	19131	19101	19084	19076	19074
	výstupní výkon [W]	18148	18148	18148	18148	18148	18148	18148	18148	18148
	účinnost [%]	94,23	94,31	94,49	94,68	94,86	95,01	95,10	95,14	95,15
20 kW	vstupní příkon [W]	21316	21262	21239	21206	21171	21152	21143	21120	21104
	výstupní výkon [W]	20068	20068	20068	20068	20068	20068	20068	20068	20068
	účinnost [%]	94,15	94,38	94,49	94,63	94,79	94,88	94,92	95,02	95,09



Obr. 15 Graf účinnosti UPS při nouzovém režimu - [vlastní zpracování]

4.3 Závěr z vlastního měření účinnosti na záložním zdroji UPS

První měření v pohotovostním režimu:

V tomto případě byla měřena účinnost při simulaci běžného provozu tj. včetně instalované baterie s kapacitou 62 Ah a počtem článku 2x 126. V průběhu tohoto měření byl zjištěn rozdíl účinnosti mezi naměřenými údaji a údajem uváděným výrobcem. Tento rozdíl je způsoben rozdílným postupem měření. Výrobce udává účinnost UPS bez připojených baterií tj. uvádí vlastní účinnost modulu UPS, zatímco provedené měření více odpovídá skutečnému provozu UPS (baterie v udržovacím nabíjení, hlavní tok energie: vstupní síť-usměrňovač-střídač-spotřebič).

Na základě měření lze konstatovat, že optimální provozní zatížení UPS je nad 50 % výkonu. Nejmenší účinnost UPS je při malém zatížení 2 kW, což odpovídá cca 12,5% zatížení. Dále účinnost UPS stoupá se zvyšujícím se napětím primární sítě, ovšem tato hodnota je dána připojovacími podmínkami a zpravidla je neměnná.

Druhé měření v nouzovém režimu:

V tomto případě byla měřena účinnost při bateriovém provozu (hlavní tok energie: baterie-střídač). Zjištěná účinnost je zpravidla vyšší než při pohotovostním režimu. Toto je dáno úbytkem jednoho stupně přeměny elektrické energie (usměrňovače). Z naměřených hodnot vyplývá, že v tomto případě také se stoupajícím zatížením stoupá účinnost UPS. Nejnižší účinnost je znovu při malém zatížení 2 kW a neoptimálnější provoz UPS je při zatížení nad 50 %.

4.4 Praktický příklad

Jako praktický příklad uvádím realizovanou výměnu stávající UPS o výkonu 160 kVA (2x 80 kVA, kompaktní systém), která byla nahrazena novou modulární UPS.

Stávající UPS byla provozována v paralelním zapojení s plnou redundancí výkonu n+n. Každá UPS byla provozována s cca 40% zatížením, aby v případě poruchy jedné UPS, mohla celou zátěž převzít druhá, plně redundantní UPS.

Nově instalovaná UPS je tvořena jednou systémovou skříní pro 6 modulů, která je osazena 5 moduly. Nová UPS je provozována v zapojení s redundancí výkonu n+1 (v případě poruchy jednoho modulu zůstane k dispozici jmenovitý výkon).

Důvodem pro výměnu kompaktní za modulární UPS je především úspora elektrické energie, zajištění servisu s návazností na rychlost opravy (průměrná doba opravy kompaktní UPS je 3-5 dní; oproti tomu oprava formou výměny porouchaného modulu nové UPS lze provést do 5 minut).

Výpočet ročních nákladů na provoz kompaktní UPS (při pohotovostním režimu, bez poruchy zařízení):

Celkový instalovaný činný výkon UPS:	128 kW
Redundantní /záložní výkon:	64 kW
Naměřený výstupní činný výkon z UPS:	51,068 kW
Naměřený vstupní činný výkon do UPS:	61,918 kW
Účinnost při cca 40% zatížení:	82,5 %
Celková roční spotřeba:	542,402 MWh
Celková cena roční spotřeby el. energie:	1.898.407 Kč (při sazbě 3,50 Kč/ kWh)

Výpočet ročních nákladů na provoz modulární UPS (při pohotovostním režimu, bez poruchy zařízení):

Celkový instalovaný činný výkon UPS:	80 kW
Redundantní/ záložní výkon:	16 kW
Výstupní činný výkon z UPS:	51,068 kW
Účinnost při 64% zatížení:	93,38 % (vstupní napětí 235 VAC)
Spočítaný odebíraný činný příkon:	54,688 kW
Celková roční spotřeba:	479,067 MWh
Celková cena roční spotřeby el. energie:	1.676.735 Kč (při sazbě 3,50 Kč/ kWh)

Celková roční úspora nákladů na spotřebě el. energie:	221.672 Kč
Pořizovací náklady modulární UPS (odhad):	690.000 Kč
Návratnost investice v tomto případě:	cca 3,11 roky*

*V případě zahrnutí nákladů na servis se návratnost investice ještě zkrátí.

Mezi výhody kromě poměrně rychlé návratnosti investice lze zařadit také možnost zvýšení instalovaného výkonu UPS v závislosti na rostoucím odběru spotřebičů a to v krátkém časovém horizontu (odpadá nutnost investovat do UPS s maximálním výkonem v jeden okamžik, můžeme rozložit tak investiční náklady dle potřeby). Rozšíření výkonu UPS o 16 kW (jeden modul) lze provést téměř okamžitě. Rozšíření výkonu o dalších šest modulů na celkový výkon 192 kW, 240 kVA lze provést instalací druhé systémové skříně. Tyto varianty zvýšení výkonu mohou být provedeny za provozu, což je další nesporná výhoda velkých modulárních UPS.

4.5 Příklad modulární UPS

V příloze č. 3 až č. 12 jsou uvedeny pro ilustraci příklady modulárních UPS od předního výrobce a možnost jejich osazení.

5 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo ověření účinnosti v současnosti vyráběného zdroje nepřetržitého napájení. Aby bylo dosaženo tohoto cíle, bylo žádoucí se nejprve seznámit s širokou problematikou záložních zdrojů UPS, zjistit jejich hlavní části, prozkoumat princip činnosti UPS v typu zapojení a způsobu činnosti. V teoretické části byly popsány výhody jednotlivých druhů zapojení a uspořádání záložních zdrojů podle typu provozu. Dále jsou představeny různé druhy zásobníků energie pro záložní zdroje. V práci jsou také uvedeny základní normy a požadavky na zdroje nepřerušovaného napájení a jejich přiřazení dle stupňů důležitosti zálohovaného zařízení. Jedná se například o normy ČSN EN 62040 a ČSN 34 1610. Následně jsou zde zmíněny i poruchy napájení z primární sítě a přiřazení třídy UPS.

Pro dosažení hlavního cíle bakalářské práce byl nejprve vybrán zdroj nepřetržitého napájení UPS k provedení měření účinnosti, dále pak měřicí přístroje a byly stanoveny provozní režimy pro samotné měření tj. pohotovostní a nouzový. Toto měření bylo provedeno s přihlédnutím na skutečný provoz UPS tj. zapojení záložního zdroje včetně akumulátoru. Výsledky měření byly zaneseny do tabulek a grafů. Následně jsou zhodnoceny naměřené a vypočtené hodnoty. Dále je zde uveden praktický příklad výměny kompaktní UPS za modulární UPS a je proveden vlastní výpočet potencionálního snížení provozních nákladů vyplývající z této výměny UPS. Lze tedy konstatovat, že cíl práce byl splněn.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] PLATTS, JOHN and JOHN St. AUBYN. Uninterruptible power supplies. London, United Kingdom: Peter Perginus Ltd., 1992. ISBN 08 634 1263 7.
- [2] Rtuťový usměrňovač [online]. Wikipedia [cit. 2015-12-10]. Dostupné z :<https://cs.wikipedia.org/wiki/Rtu%C5%A5ov%C3%BD_usm%C4%9Br%C5%88ov a%C4%8D>.
- [3] VRÁNA, V., KOČMAN, S. Náhradní zdroje elektrické energie [online]. [cit. 2015-12-10]. Dostupné z :<http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/nahradni%20zdroje.pdf>.
- [4] HÄBERLE G. A KOLEKTIV. Elektrotechnické tabulky pro školu i praxi. 1.vyd. Praha: Europa-Sobotáles.cz, 2006. ISBN 80 867 0616 8.
- [5] HORČÍK J. Palivové články [online]. HYBRID.CZ [cit. 2016-01-06]. Dostupné z:<<http://www.hybrid.cz/slovnicek/palivove-clanky>>.
- [6] ČSN 34 1610, Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách. Elektrotechnické přepisy ČSN. Platná od 1.10.1963
- [7] Palivové články [online]. ©ENVIROS. [cit. 2016-01-13]. Dostupné z:<http://www.enviros.cz/palivove_clanky/2_typy_palivovych_clanku.html>.
- [8] CETL, T. Aplikace elektrochemických zdrojů. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80 01 02859 3
- [9] JINDRA, J. A TÝM AUTORŮ. Akumulátory od principu k praxi. 1. Vyd. Praha: FCC PUBLIC s.r.o., 2003. ISBN 80 86534 03 0.
- [10] PORŠ, Z. Palivové články [online]. ©ČEZ. [cit. 2016-01-22].]. Dostupné z:<<https://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/palivove-clanky.pdf>>.
- [11] ŽÁČEK, J. Zdroje nepřerušovaného napájení [online]. Časopis ELEKTRO 10/2001 [cit. 2016-01-23].]. Dostupné z:< <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/zdroje-nepreperusovaneho->

napajeni-ups--15062>.

[12] HÚSEK, D. Architektura UPS – normalizace a praxe. [online]. Časopis ELEKTRO 10/2000 [cit. 2016-01-23]. Dostupné

z: <<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/architektura-ups-normalizace-a-praxe--15134>>.

[13] DELATTRE, F. Setrvačnický: Alternativa zajištění napájení. [online]. CONTROL ENGINEERING Česko 9/2010. [cit. 2016-01-28].]. Dostupné

z: <<http://www.controlengcesko.com/hlavni-menu/casopis/archiv/zari-2010/>>.

[14] Poklesy a přerušení napětí [online]. VŠB-TU Ostrava [cit. 2016-01-29]. Dostupné

z: <http://homen.vsb.cz/~san50/Ceska/GACR/Poklesy_a_preruseni_napeti1.doc>.

[15] VRÁNA, V. a KOL. Stupně zajištění dodávky el. energie a záložní zdroje.

[online]. VŠB-TU Ostrava. 2006. [cit. 2016-01-29].]. Dostupné z: <

http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/rozvody_lomy/07_zajisteni_dodavky_zdroje.pdf>.

[16] MORAVEC, J. Záložní zdroje elektrické energie – 2.díl: Statické

zdroje [online]. O ENERGETICE.CZ. [cit. 2016-01-29]. Dostupné

z: <<http://oenergetice.cz/technologie/zalozni-zdroje-elektricke-energie-2-dil-staticke-zdroje/>>.

[17] Interní materiály firmy Enersys

[18] ZAJAC, J. Jak uložit energii. [online]. Časopis 3POL 6/2006 [cit. 2016-01-23]

Dostupné z: <<http://www.3pol.cz/cz/rubriky/fyzika-a-klasicka-energetika/744-jak-ulozit-energii>>.

[19] Interní materiály firmy Benning CR

[20] Elektrochemické zdroje proudu. [online]. © BATTEX [cit. 2016-05-15].

Dostupné z: <<http://www.battex.info/elektrochemicke-zdroje-proudu-obecne/definice>>.

Seznam obrázků

Obr. 1 Principiální schéma zapojení DC motoru se záložními akumulátory

Obr. 2 Rtuťový usměrňovač bez proudu

Obr. 3 Zapálení pomocnými elektrodami ve spodní části

Obr. 4 Rtuťový usměrňovač v provozu

Obr. 5 UPS při normálním provozu

Obr. 6 UPS při nouzovém provozu

Obr. 7 Principiální schéma stejnosměrného záložního zdroje

Obr. 8 Principiální schéma náhradního zdroje off-line

Obr. 9 Principiální schéma záložního zdroje line-interactive

Obr. 10 Principiální schéma záložního zdroje on-line s jednou konverzí

Obr. 11 Principiální schéma náhradního zdroje on-line s dvojitou konverzí

Obr. 12 Principiální schéma náhradního zdroje on-line s delta konverzí

Obr. 13 Uzavřený olověný ventil řízený akumulátorem

Obr. 14 Graf účinnosti UPS při pohotovostním režimu

Obr. 15 Graf účinnosti UPS při nouzovém režimu

Seznam tabulek

Tab.1 Vliv okolní teploty na kapacitu akumulátorů – převzato z [4]

Tab.2 Nejčastější poruchy sítě – převzato z [4]

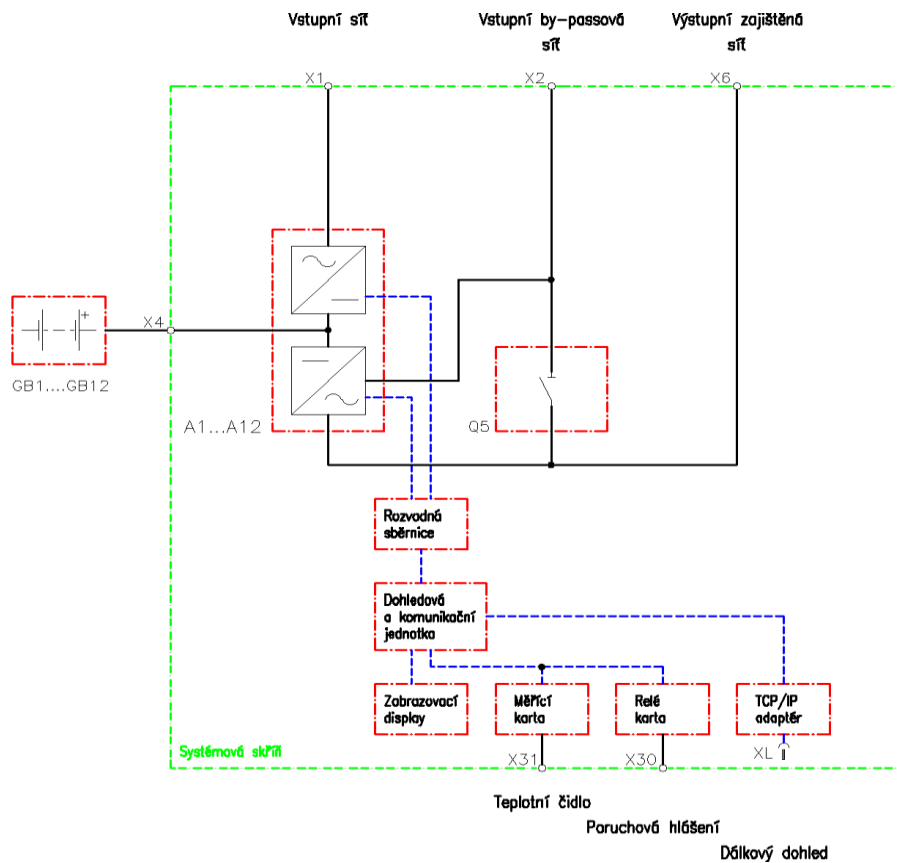
Tab.3 Klasifikace UPS dle ČSN EN 62040 – převzato z [16]

Tab.4 Naměřené a vypočtené hodnoty při pohotovostním režimu [vlastní zpracování]

Tab.5 Naměřené a vypočtené hodnoty při nouzovém režimu [vlastní zpracování]

Přílohy

Příloha 1 – Blokové schéma



A1-A12	moduly UPS
GB1-GB12	baterie
Q5	manuální (servisní) by-pass

Příloha 2 – Datový list

Druh přístroje	: Nepřerušitelný zdroj napájení
Jmenovitý výstupní výkon UPS	: 20 kVA (při $\cos\varphi = 0,8$ ind.)
Vstupní síť usměrňovače (data usměrňovače):	
Maximální jmenovitý vstupní výkon	: 21,5 kW (s nabíjením baterie) 17,02 kW (bez nabíjení baterie)
Jmenovité vstupní napětí	: 3× 400/230 V AC s neutrálním vodičem (neutrální vodič nezbytně nutný) ±15 % 3-fázové (-20 % při symetrickém napájení: snížení výkonu na 18 kVA)
Jmenovitý vstupní proud	: 31,0 A (při max. bateriovém nabíjecím proudu) 24,9 A (bez nabíjení baterie)
Jmenovitá vstupní frekvence	: 47,5-52,5 Hz při $f = 50$ Hz (2) 57,0-63,0 Hz při $f = 60$ Hz (3)
Transformátor	: Není
Vstupní účinnost / $\cos\varphi$: 0,99 při jmenovité zátěži; $\geq 0,97$ již při 25 % zátěži
Zapínací proud	: < jmenovitý vstupní proud
Požadované jištění sítě	: Závisí na počtu modulů (Diazed / NH typ gL/gG)
Zpětné působení sítě	: THD I < 4 % pro > 75 % zátěž
Doba náběhu vč. přednabití	: 30 sekund
Vstupní síť by-passu (data statického by-passu):	
Sestava	: Statický (elektronický) by-pass se skládá ze 3 antiparalelních tyristorových modulů
Jmenovité napětí	: 3× 400 V AC s neutrálním vodičem (neutrální vodič nezbytně nutný)
Jmenovitá frekvence	: 50 Hz nebo 60 Hz
Přetížení	: 500 % po 100 ms; 150 % po 10 minut
Hranice přepnutí	: ±10...15 % napětí (nastavitelné) ±1...5 % frekvence (nastavitelná)
Doba přepnutí střídač → by-pass	: Chyba střídače: typicky 2 ms Přetížení nebo ruční přepnutí: typicky 2 ms
Doba přepnutí by-pass → střídač	: Typicky 2 ms
Jištění	: 50 A (interní jištění vestavěno, přístupné zepředu)
Data baterie:	
Počet bateriových článků	: 2× 108 až 2× 144
Nabíjecí napětí	: 2× 240 V až 2× 330 V
Maximální stejnosměrný proud	: Závislý na počtu bateriových článků
Maximální nabíjecí proud	: 8 A
Jmenovitý výkon nabíjení baterie	: 4 kW
Přednastavený nabíjecí proud	: Normálně: I_{10}
Napětí udržovacího nabíjení	: 2,23...2,3 V/čl. (volitelně teplotní kompenzace)
Konečné napětí vybití	: 1,65 V/čl.
Tolerance napětí	: ±1 %
Zvlnění	: ≤1 %
Nabíjecí charakteristika	: IU
Data střídače:	
Jmenovitý vstupní činný výkon	: 17 kW ($\cos\varphi = 0,8$ ind.)
Jmenovitý výstupní činný výkon	: 16 kW ($\cos\varphi = 1$)

Jmenovité výstupní napětí	: 3× 400 V s neutrálním vodičem (nastavitelné 3× 380 V ... 3× 415 V)
Jmenovitý výstupní proud	: 28,9 A (cosφ = 0,8 ind.) 23,1 A (cosφ = 1)
Jmenovitá výstupní frekvence	: 50 Hz nebo 60 Hz
Transformátor	: Není
Tolerance napětí	: ±1 % staticky ±1 % při 50 % nesymetrické zátěži ±2 % při 100 % nesymetrické zátěži ≤5 % dynamicky se 100 % skokovou zátěží
Doba ustálení	: <20 ms
Úhlová odchylka	: <1 ° při symetrické zátěži <2 ° při 50 % nesymetrické zátěži <3 ° při 100 % nesymetrické zátěži
Tolerance frekvence	: Řízení sítí: ±1 % (nastavitelný rozsah synchronizace ±5 %) Vlastní řízení: ±0,1
Činitel zkreslení (ČSN EN 62040-1)	: ≤2 % s lineární zátěží ≤5 % s nelineární zátěží
Činitel výkyvu	: ≤3
Přetížení	: 150 % po 1 minutu; 125 % po 10 minut
Chování při zkratu (ČSN EN 62040-1-1)	: 200 % po 3 s odpojení po max. 3 s, není-li by-passové napětí; střídač sám je odolný proti zkratu

Výstupní data při by-passovém provozu:

Sestava	: Statický (elektronický) by-pass se skládá ze 3 antiparalelních tyristorových modulů
Jmenovité napětí	: 3× 400 V AC s neutrálním vodičem (neutrální vodič nezbytně nutný)
Jmenovitá frekvence	: 50 Hz nebo 60 Hz
Přetížení	: 500 % po 100 ms; 150 % po 10 minut
Hranice přepnutí	: ±10...15 % napětí (nastavitelné) ±1...5 % frekvence (nastavitelná)
Doba přepnutí střídač → by-pass	: Chyba střídače: typicky 2 ms Přetížení nebo ruční přepnutí: typicky 2 ms
Doba přepnutí by-pass → střídač	: Typicky 2 ms
Jištění	: 50 A (interní jištění vestavěno, přístupné zepředu)

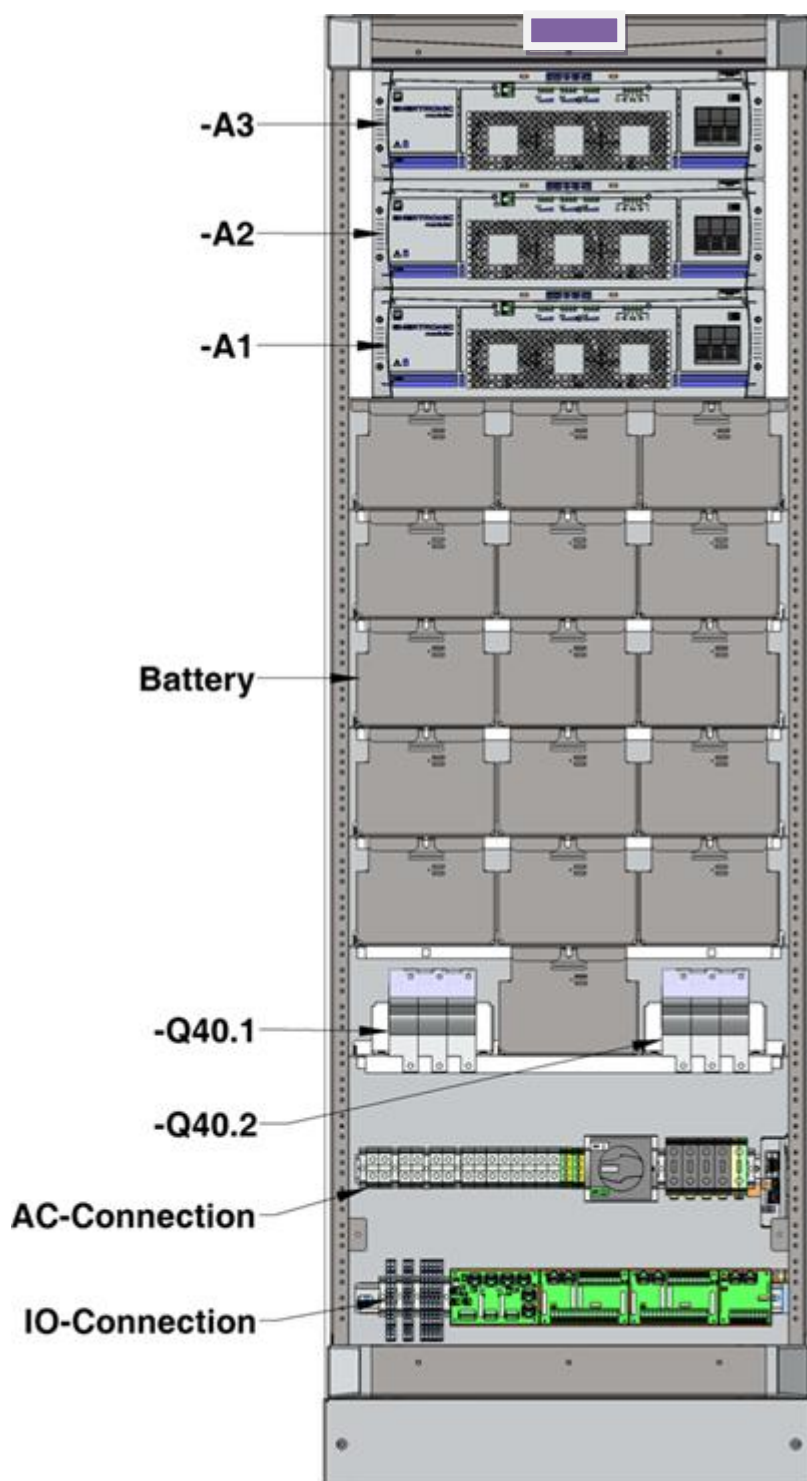
Výstupní data při střídačovém provozu:

Jmenovitý vstupní činný výkon	: 17 kW (cosφ = 0,8 ind.)
Jmenovitý výstupní činný výkon	: 16 kW (cosφ = 1)
Jmenovité výstupní napětí	: 3× 400 V s neutrálním vodičem (nastavitelné 3× 380 V ... 3× 415 V)
Jmenovitý výstupní proud	: 28,9 A (cosφ = 0,8 ind.) 23,1 A (cosφ = 1)
Jmenovitá výstupní frekvence	: 50 Hz nebo 60 Hz
Transformátor	: Není
Tolerance napětí	: ±1 % staticky ±1 % při 50 % nesymetrické zátěži ±2 % při 100 % nesymetrické zátěži ≤5 % dynamicky se 100 % skokovou zátěží
Doba ustálení	: <20 ms
Úhlová odchylka	: <1 ° při symetrické zátěži <2 ° při 50 % nesymetrické zátěži <3 ° při 100 % nesymetrické zátěži

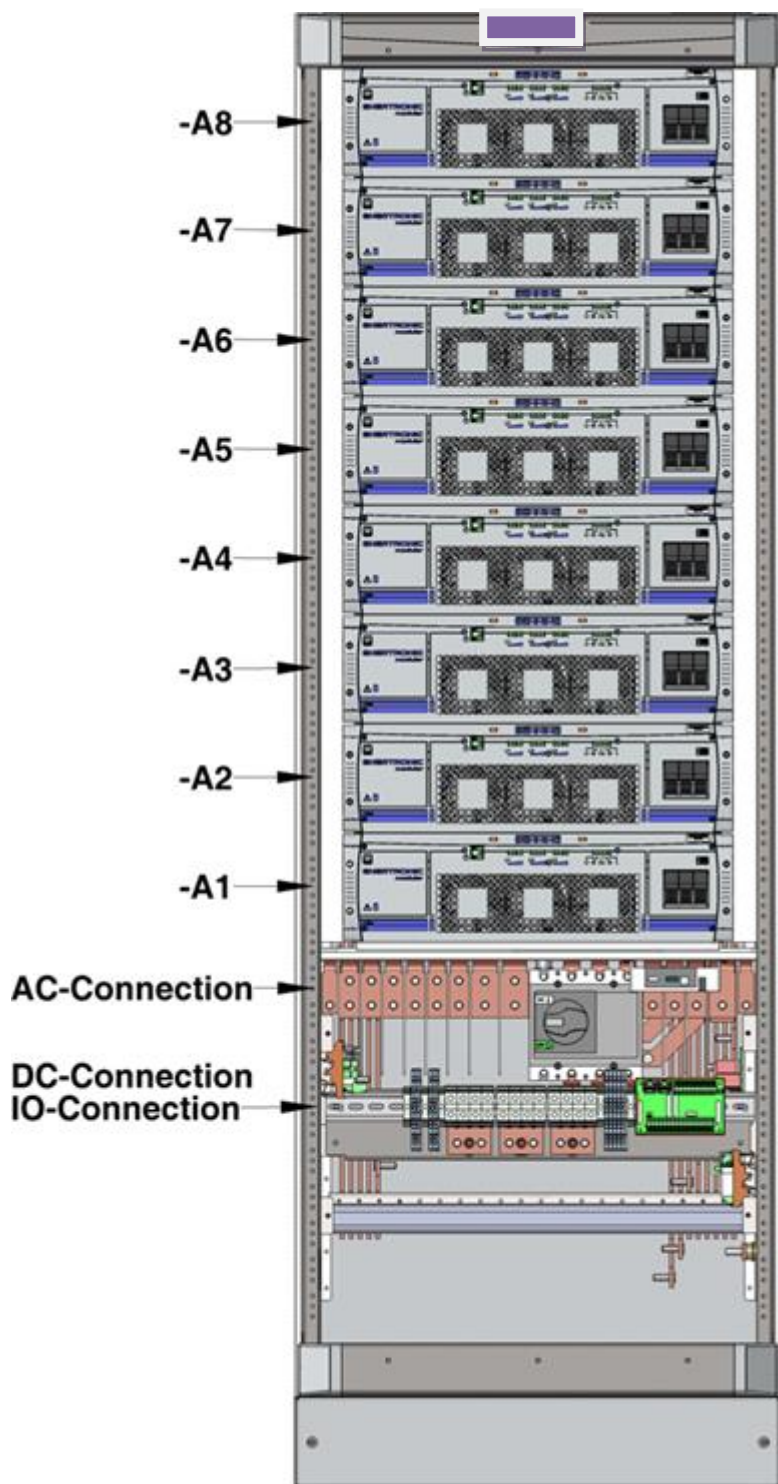
Tolerance frekvence	: Řízení sítí: ± 1 % (nastavitelný rozsah synchronizace ± 5 %) Vlastní řízení: $\pm 0,1$
Činitel zkreslení (ČSN EN 62040-1)	: ≤ 2 % s lineární zátěží ≤ 5 % s nelineární zátěží
Činitel výkyvu	: ≤ 3
Přetížení	: 150 % po 1 minutu; 125 % po 10 minut
Chování při zkratu (ČSN EN 62040-1-1)	: 200 % po 3 s odpojení po max. 3 s, není-li by-passové napětí; střídač sám je odolný proti zkratu
Všeobecná data:	
Krytí (DIN/VDE 0470 část 11/92, IEC 529)	: IP20, vyšší na vyžádání
Izolační třída (DIN/VDE 0110)	: Přepětová kategorie 2
EMC třída (IEC 62040)	: C3
Celková účinnost, bez nabíjení baterie	: 93,5 % při 100 % zátěži 93,5 % při 75 % zátěži 93,0 % při 50 % zátěži 90,0 % při 25 % zátěži
Ztrátový výkon	: 1,2 kW při 100 % zátěži typicky $< 0,1$ kW při 0 % zátěži
Provedení modulu	: HOT-PLUG ve skříni xxxxx
Přívod kabelů do skříně	: Spodem; volitelně horem (přes kabelovou skříň o šířce 200 mm)
Chlazení	: Ventilátory, teplotou řízené a hlídáné ventilátory mohou být měněny zepředu; výkonový blok je hlídán proti přehřátí (hlášení poruchy)
Teplota přiváděného vzduchu	: 0 °C až +40 °C / +32 °F až +104 °F
Omezení výkonu nad 40 °C, 104 °F	: 12,5 % na 5 °C/9 °F (max. 50 °C/122 °F)
Relativní vlhkost vzduchu	: 0 až 95 % (bez kondenzace) třída F podle DIN/IEC 721 2-1-09/86
Teplota skladování	: -40 °C až +85 °C / -40 °F až +185 °F
Výška instalace	: do 2000 m n. m. bez omezení snížení výkonu 10 % na 1000 m nad 2000 m n. m.
Technika připojení	: Na zadní sběrnici (HOT-PLUG)
Rozměry (V×Š×H)	: 221,4 mm × 536,0 mm × 541,0 mm
Hmotnost	: cca 47 kg každý modul
Nátěr	: RAL7035, jiný na vyžádání
Třída ochrany	: I
Hladina hluku (1 m)	: Závislá na druhu vybavení, zátěži a okolí < 60 dB(A) v normálním provozu < 65 dB(A) při plné zátěži a vysoké teplotě
Optická hlášení	: Slepé schéma zapojení v LCD zobrazovacím poli 13 + 4 LED pro jednotlivá hlášení
Paměť událostí	: 250 hlášení (nezávislá, ukládání podle FiFo)
Standardní samostatné kontakty relé (beznapěťové přepínací kontakty)	: Síťový provoz (sít' v pořádku) Bateriový provoz By-passový provoz Ruční by-pass zapnut Podpětí baterie Sumární porucha UPS (volitelná přídatná karta se 4 nezávisle programovatelnými relé)
Externí funkce (digitální vstupy)	: Dálkové vypnutí Generátorový provoz Přetavení bateriové pojistky

Analogové vstupy	:	1× teplota
Rozhraní	:	RS232 nebo RS485; volitelně: síťový adaptér Ethernet / MODBUS adaptér na RS232
Hlídní (samopotvrzovací)	:	Napětí usměrňovače Napětí střídače Napětí baterie Přehřátí
Normy (v platném znění):		
ČSN EN 60950 / UL 1950	:	Bezpečnost - vyhovuje
ČSN EN 62040-2, třída C3	:	Zdroje nepřerušovaného napájení (UPS) - Část 2: Požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu (EMC)
ČSN EN 61000-4-2, úroveň 3 (4 kV / 8 kV)	:	Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-2: Zkušební a měřicí technika - Elektrostatický výboj - Zkouška odolnosti
ČSN EN 61000-4-3, úroveň 3 (10 V/m, 80-1000 MHz)	:	Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-3: Zkušební a měřicí technika - Vyzařované vysokofrekvenční elektromagnetické pole - Zkouška odolnosti
ČSN EN 61000-4-4, úroveň 4 (vstup usměrňovače, vstup střídače, výstup systému - 4 kV)	:	Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-4: Zkušební a měřicí technika - Rychlé elektrické přechodné jevy/skupiny impulzů - Zkouška odolnosti
ČSN EN 61000-4-5, úroveň 4 (vstup usměrňovače, vstup střídače, výstup systému - 2 kV sym. / 4 kV asym.)	:	Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-5: Zkušební a měřicí technika - Rázový impulz - Zkouška odolnosti

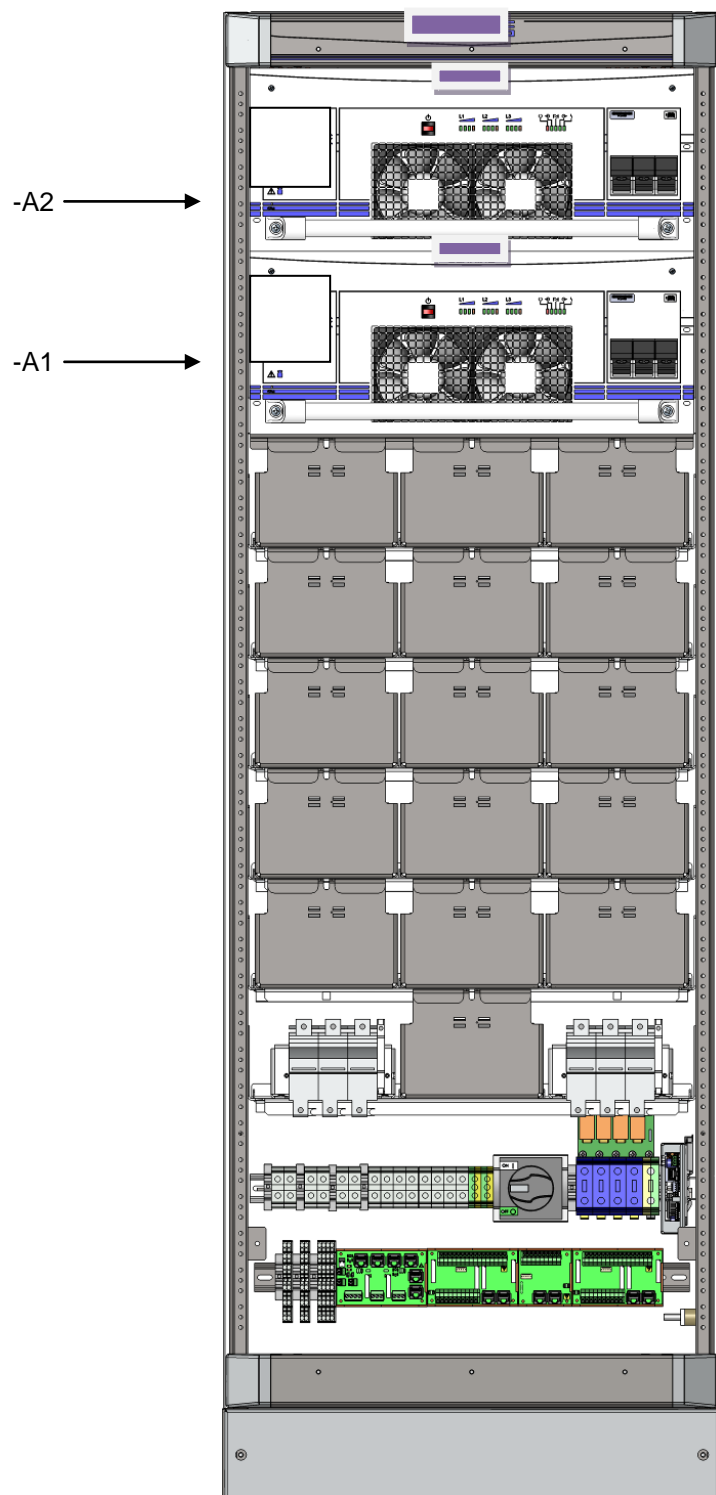
Příloha 3 – Osazení UPS skříně, 3 x 10 kVA s vestavěnou baterií

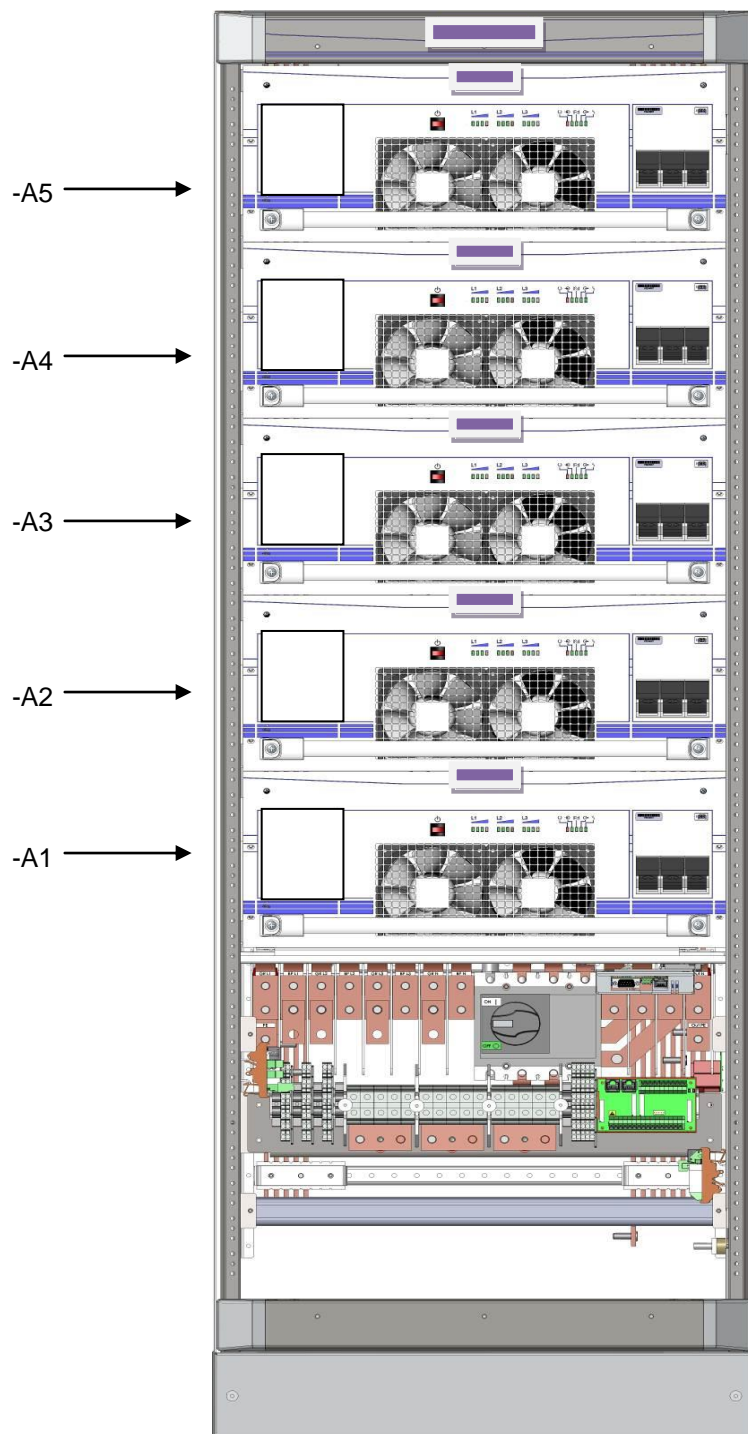


Příloha 4 – Osazení UPS skříně, 8 x 10 kVA

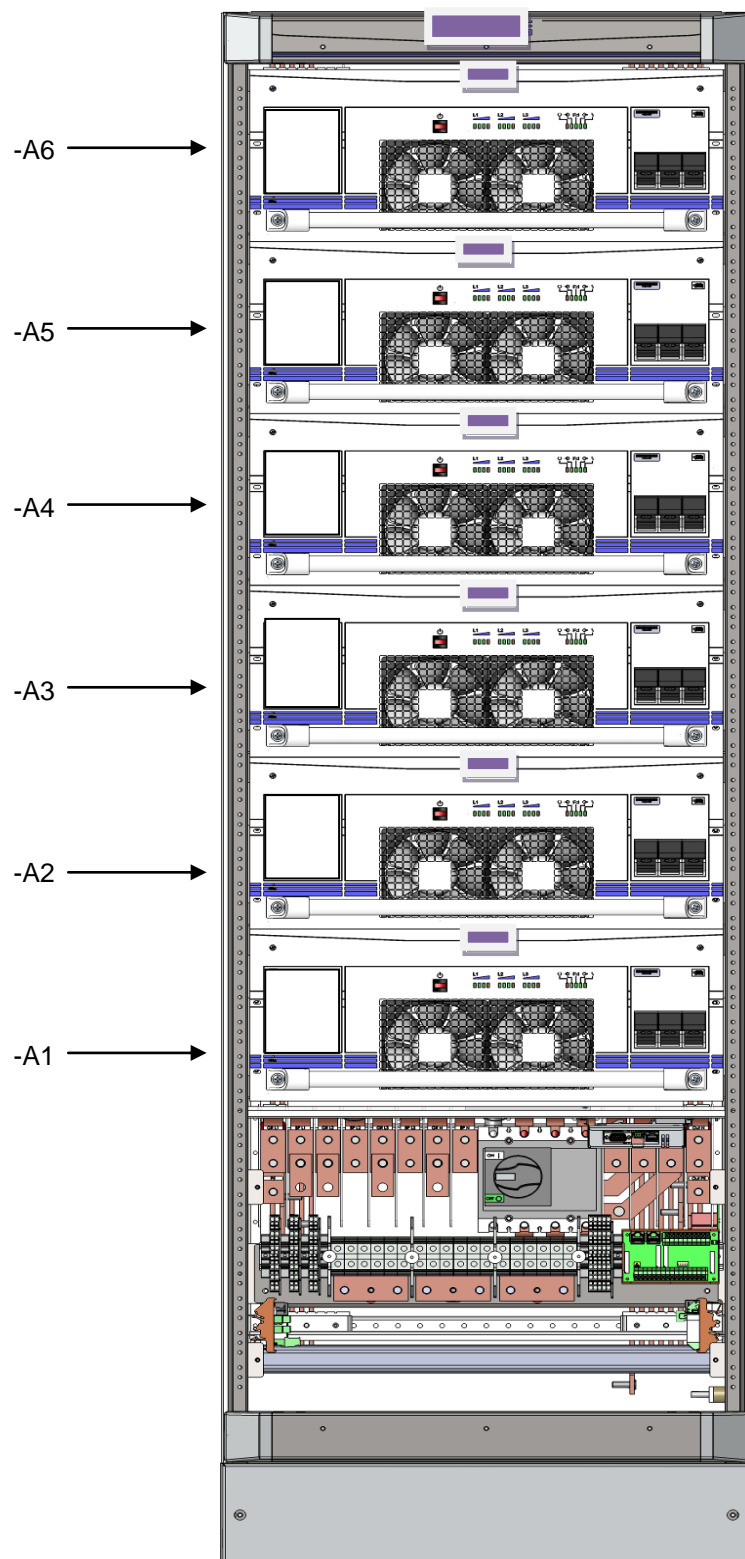


Příloha 5 – Osazení UPS skříně, 2x 20 kVA s vestavěnou baterií

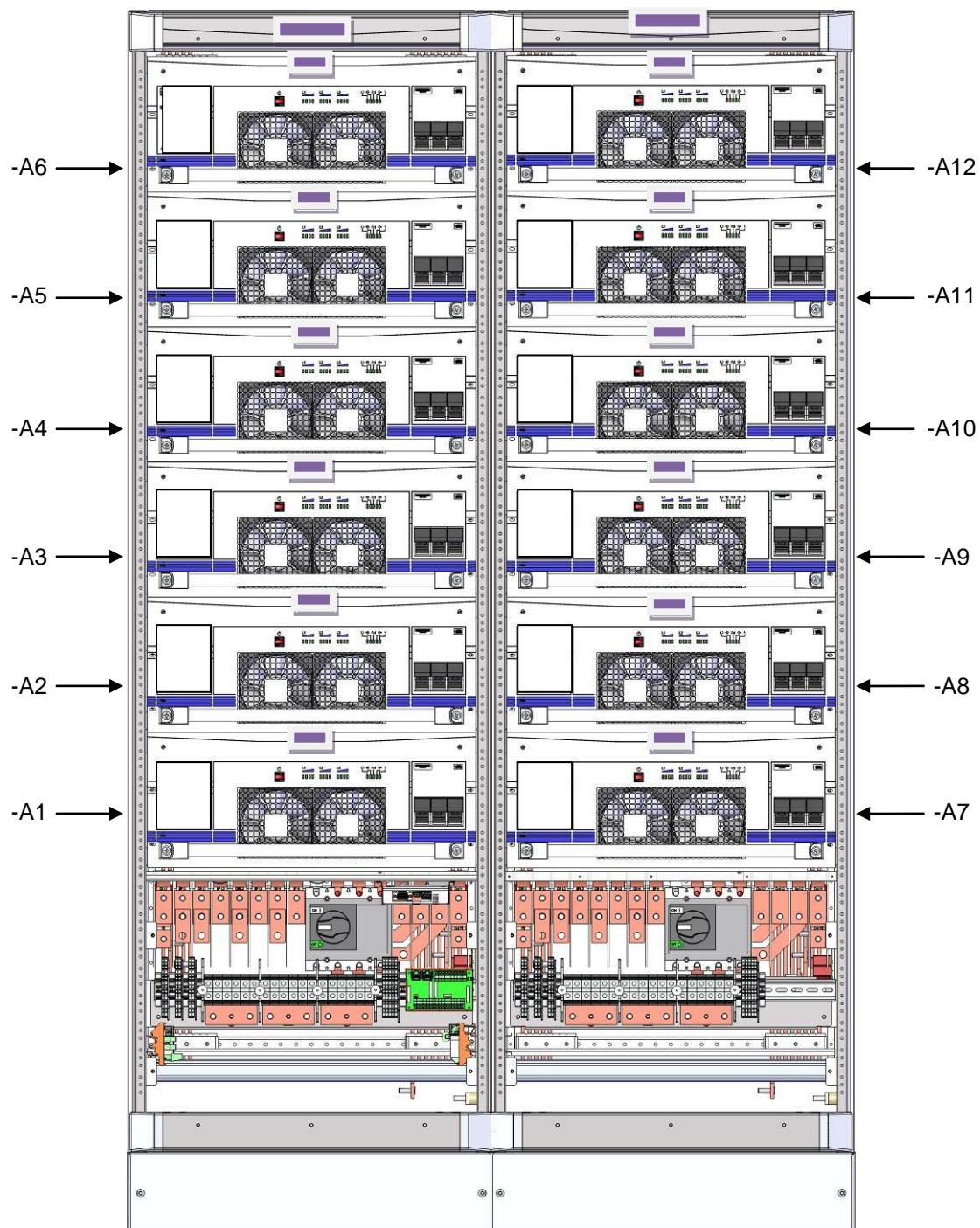


Příloha 6 – Osazení UPS skříně, 5 x 20 kVA

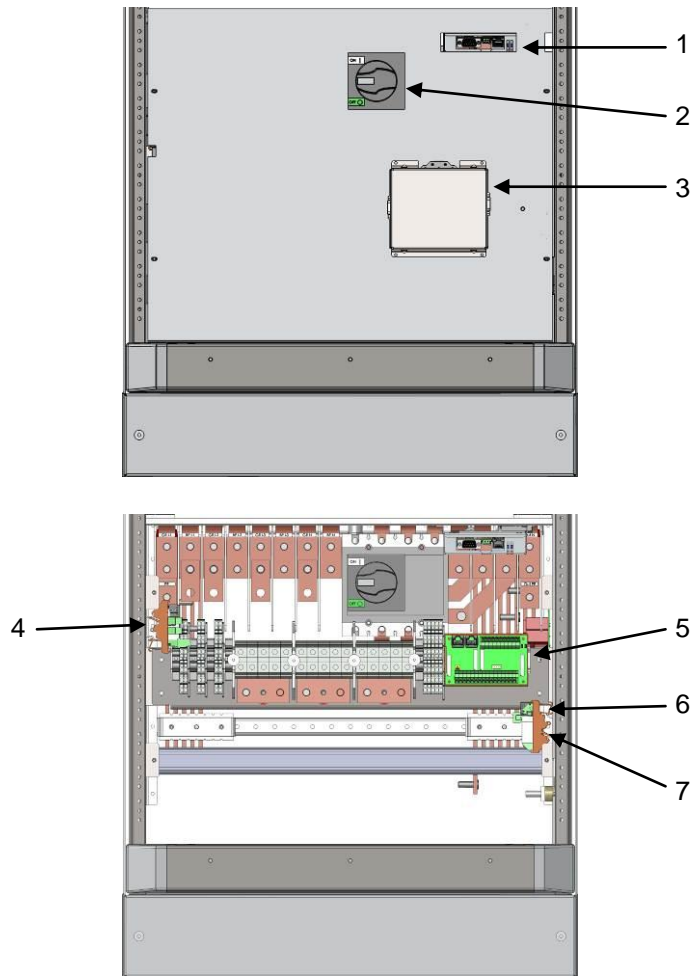
Příloha 7 – Osazení UPS skříně, 6 x 20 kVA



Příloha 8 – Osazení UPS skříně, 12 x 20 kVA



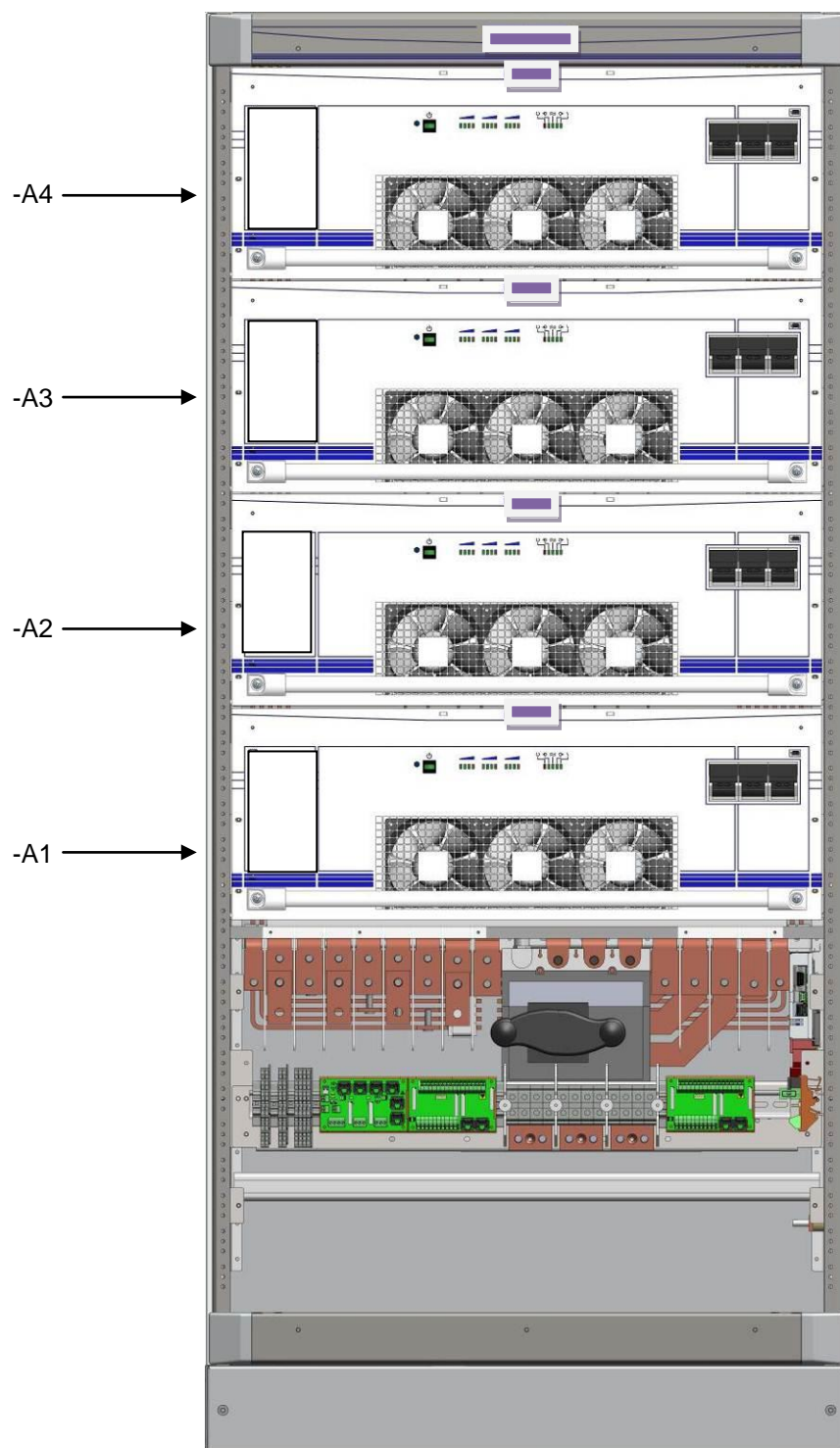
Příloha 9 – Umístění různých klíčových prvků, 5 x 20 kVA, 6 x 20 kVA



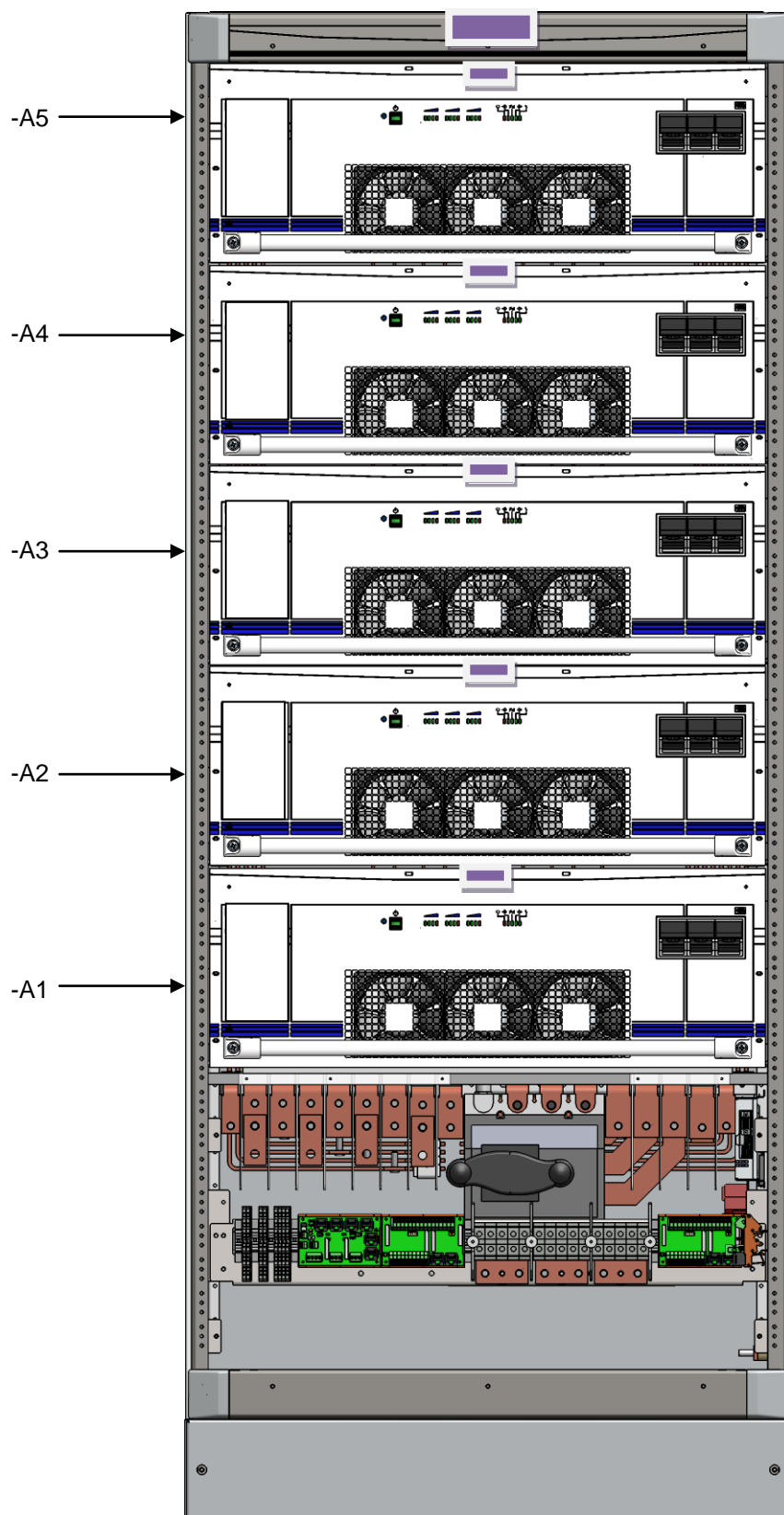
Klíčové prvky:

Pozice	Označení	Popis
1	-A30	Dohledová a komunikační jednotka
2	-Q5	Manuální (servisní) by-pass
3	-A40	TCP/IP adaptér
4	-A20	Rozvodná sběrnice
5	-A60	Relé karta
6	-A61	Relé karta (optional)
7	-A70	Měřicí karta

Příloha 10 – Osazení UPS skříně, 4× 40 kVA



Příloha 11 – Osazení UPS skříně, 5 × 40 kVA



Příloha 12 – Osazení UPS skříně, 12× 40 kVA

