

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ  
ELEKTROTECHNIKY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Systemy záložního napájení**

**vedoucí práce: Doc. Ing. Miloslava Tesařová, Ph.D**  
**autor: Petr Kúmmel**

**2011**



## **Anotace**

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na systémy záložního napájení. Cílem této práce je informovat a objasnit čtenáři jednotlivé druhy záložních systémů a jejich použití v praxi pro širokou řadu aplikací. Jsou zde zahrnuty a vypsány informace o konstrukčním vybavení jednotlivých systémů a také informace o záložních systémech. Dále je v této práci řešeno sekundární uložení elektrické energie potřebné pro rozběh a chod systémů (především nepřerušitelný zdroj napájení - UPS). Součástí této práce je také návrh systému záložního napájení pro průmyslový provoz ze sítě 22kV.

## **Klíčová slova**

Systémy záložního napájení, studená záloha, aktivní záloha, nepřerušitelný zdroj napájení (UPS), generátorová soustrojí, akumulátorové baterie, supravodivé indukční baterie, nouzové napájení, uchování energie ve formě stlačeného vzduch (CAES), setrvačníky, super kondenzátory, skladování energie, záložní zdroje se supravodivými magnetickými systémy (SMES), setrvačníky.

## **Abstract**

The presented thesis focuses on backup power systems. The aim of this work is to inform about and to explain to the reader various types of backup systems and their wide range of practical applications. Information about the design of backup systems as well as information from individual manufacturers are listed and included. Furthermore this work deals with the secondary storage of electrical energy required for starting and running systems (especially UPS). Part of this work is also a backup power system design for industrial operation from 22 kV network.

## **Key words**

Backup power systems, cold backup, active backup, uninterruptible power supply (UPS), generator sets, accumulators, superconducting inductive batteries, emergency power, compressed air energy storage (CAES), flywheels, supercapacitors, energy storage, superconducting magnetic systems (SMES), flywheel

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou, zpracovanou na závěr bakalářského studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a dalších informačních pramenů, které jsou citovány a dále uvedeny v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne 30.6.2011

Jméno a příjmení

.....

**Obsah:**

<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>9</b>
<b>Předmluva .....</b>	<b>10</b>
<b>Úvod.....</b>	<b>11</b>
<b>Systémy záložního napájení - historie .....</b>	<b>11</b>
<b>Systémy záložního napájení - současnost .....</b>	<b>11</b>
<b>Ochrana díky záložnímu napájení.....</b>	<b>11</b>
<b>Požadavky na záložní systém .....</b>	<b>12</b>
Základní kategorie .....	13
Střední kategorie .....	13
Vysoká kategorie .....	13
Velmi vysoká kategorie.....	13
Závěr.....	14
<b>Rozdělení z hlediska spotřebičů .....</b>	<b>14</b>
Kategorie zatížení 1 .....	14
Kategorie zatížení 2.....	14
Kategorie zatížení 3.....	15
<b>Hlavní druhy systémů .....</b>	<b>15</b>
Studená záloha.....	15
Aktivní záloha (skupiny 1 + 1, N + 1, 1 + 2) .....	15
1 + 1 záloha .....	15
N+1 záloha .....	15
1 + 2 záloha .....	15
Závěr.....	16
<b>Kriteria pro záložní systémy .....</b>	<b>16</b>
<b>Volba záložního systému.....</b>	<b>17</b>
<b>Zdvojený napájecí přívod.....</b>	<b>17</b>
<b>Generátorová soustrojí (Diesel - agregáty) .....</b>	<b>17</b>
Princip .....	18
Způsoby provozu.....	18
Čtyři výkonnostní třídy pro napájení zatížení .....	18
Konfigurace Motor – generátorů.....	18
<b>Plynové turbíny .....</b>	<b>19</b>
<b>Druhá skupina generátorových soustrojí.....</b>	<b>19</b>
<b>Použití.....</b>	<b>19</b>
Závěr.....	20
<b>Akumulátorové baterie – záložní systémy .....</b>	<b>20</b>
Požadavky .....	20
Princip .....	20
Dvě hlavní cesty baterií .....	20
Druhy baterií .....	21
Olovněné akumulátory .....	21
Nikl-ocelové akumulátory (NiFe) .....	21
Nikl-kadmiové akumulátory (NiCd) .....	21
Sodíko – sírové akumulátory (NaS) .....	21
Zinek – brom akumulátory (ZnBr).....	21
Nikl - metalhydridové baterie (NiNH) .....	21
Lithiumiontové baterie .....	21
Použití.....	22
Závěr.....	22

<b>Supravodivé indukční akumulátory .....</b>	<b>23</b>
<b>Vela baterie .....</b>	<b>23</b>
<b>Trakční baterie .....</b>	<b>23</b>
3 druhy.....	23
První typ (Zaplavené trakční baterie ).....	23
Druhý typ (AGM).....	23
Třetí typ (GEL).....	23
Závěr.....	23
<b>Systemy nepřerušitelného napájení UPS (uninterruptible power supply) .....</b>	<b>24</b>
Části UPS .....	24
Spínač UPS (UPS switch) .....	24
Střídač (UPS invertor).....	24
Usměrňovač.....	24
Obchvat .....	24
Zapojení UPS .....	25
Relevantní normy pro UPS .....	25
Tři třídy UPS .....	26
Klasifikace UPS .....	26
Typ VFD .....	26
Použití VFD.....	27
Typ VI.....	27
Použití typu VI .....	27
Dvojitá konverze VFI (Double conversion).....	28
Princip typu VFI.....	28
Princip dvou AC/DC investorů typu VFI.....	28
Shrnutí systému UPS.....	29
Závěr.....	29
<b>Méně rozšířené skupiny záložních zdrojů.....</b>	<b>30</b>
<b>Uchování energie stlačeného vzduchu (CAES).....</b>	<b>30</b>
Tlakovzdušné akumulární systémy.....	30
Princip .....	30
Použití.....	30
<b>Setrvačníky .....</b>	<b>30</b>
Výroba.....	31
Vysokorychlostní setrvačníky .....	31
Nízkorychlostní setrvačníky.....	31
DYBAT .....	32
Budoucnost setrvačnicků .....	32
<b>Superkondenzátory (ultrakondenzátory) .....</b>	<b>32</b>
Princip .....	32
Skladování energie .....	32
Podskupiny ultrakapacitorů.....	32
Použití.....	33
<b>Záložní zdroje se supravodivými magnetickými systémy (SMES ).....</b>	<b>33</b>
Princip .....	33
Závěr.....	33
<b>Shrnutí krátkodobých záložních zdrojů energie .....</b>	<b>33</b>
Zálohované zdroje .....	33
Teoretický příklad záložního systému.....	34
<b>Budoucnost záložních systémů .....</b>	<b>34</b>

<b>Příklad .....</b>	<b>35</b>
<b>Závěr .....</b>	<b>41</b>
<b>Seznam použité a citované literatury .....</b>	<b>42</b>
<b>Seznam grafických příloh .....</b>	<b>42</b>
<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>43</b>



## Seznam použitých zkratek a symbolů

U	[V]	napětí
I	[A]	proud
P	[W]	činný výkon
Q	[VAr]	jalový výkon
S	[VA]	zdánlivý výkon
Cos $\varphi$	[-]	účinník
$I_k$	[A]	zkratový proud
S	[mm <sup>2</sup> ]	průřez
$Z_k$	[ $\Omega$ ]	impedance

## **Předmluva**

Tímto bych rád poděkoval své vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miloslavě Tesařové, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

## Úvod

Systémy záložního napájení se zdají být ve světě velice důležitým faktorem. Čím dál více se provádí jistá opatření pro zajištění nepřetržité dodávky elektrického proudu. Pokaždé nemáme žádná opatření proti náhodnému či nečekanému výpadku proudu, důsledek toho je omezení provozu nebo dokonce ohrožení majetku a v nejhorším případě životů apod.

Všechny záložní systémy jsou založeny na základní myšlence – v případě přerušení dodávky el.proudu ze sítě máme zajištěné dodávání z jiných dostupných prostředků. A touto problematikou se v dalších částech budu zabírat.

## Systémy záložního napájení - historie

Člověk již od začátku co vynalezl elektrickou energii vymýšlel, jak předejít náhodným poruchám, nebo jak zařídit stálý přísun energie pro svoje využití. Nicméně první záložní systémy byly vynalezeny v meziválečném období v armádě a používány pro armádní účely. Přímou se jednalo o bojové lodě a ponorky. Tyto stroje byli v tehdejší době poháněny ve velké míře parními stroji, ovšem když z jakéhokoliv důvodu přestali fungovat, stali se z nich snadné cíle. Proto byly postupně dovybavovány diesel-agregáty, které dokázali udržet lodě a ponorky stále v bojeschopném stavu. Bohužel efektivita těchto agregátů nebyla nikterak dobrá a proto se začali vymýšlet nové a nové možnosti alternativních zdrojů. Postupem času se tyto záložní zdroje dostali do podvědomí veřejnosti a začal velký rozmach v tomto směru.

## Systémy záložního napájení - současnost

V dnešní době velkého technologického pokroku existuje spousta variant a druhů vysoce efektivních záložních zdrojů energie. Záložní zdroje se velice rozšířily do odvětví průmyslu, ale také do velice citlivých budov jako jsou nemocnice, divadla, kina a velká obchodní nebo nákupní centra a to z důvodu zabezpečení dodávky elektrické energie. Zálohované systémy jsou především výrobní pásy, IT systémy, elektronické systémy, mobilní systémy, nemocniční zařízení a v neposlední řadě systémy nouzového osvětlení.

Co se týče již zmiňovaného průmyslu, zde se zálohují především kontinuální výrobní linky (tiskařský pás apod.), nicméně jako hlavní důvod bych uvedl vyšší spolehlivost dodávek energie pro výrobní komplexy. Tam když vypadne elektrická energie a nenaskočí záložní systém tak se výroba zastaví a trvá velice dlouhou dobu než se opět výroba rozjede. To samozřejmě souvisí s velkými finančními ztrátami.

## Ochrana díky záložnímu napájení

Záložní napájení by mělo zamezit a ve většině případů i úplně zamezuje těmto poruchám

- a) Blackout (výpadek dodávky z primárního vedení) – v celku nejznámější a nejrozšířenější porucha. Jedná se o úplnou ztrátu napětí v systému.
- b) Napěťové špičky – možnost poškození některého ze zařízení.
- c) Přepětí – může opět poškodit některé věci ze zařízení
- d) Podpětí – může zapříčinit nefunkčnost některého ze zařízení
- e) Ostatní – jedná se jisté formy rušení a špatné kvality elektrické energie.

Jako jsou třeba různá zkreslení, kmitočtové změny atd..

Podle statistických údajů z různých společností je okolo 95 procent všech poruch v sítích VN okolo 3 sekund. Mluvím především o poruchách atmosférických a pro příklad opětovné automatické zapínání trvá v rozmezí od 0,3 – 3 sekundy. Poruchy v delším časovém intervalu (a je jich okolo 3 procent všech poruch) jsou už způsobené vybaveností sítě a

sítovými doplňky. Ovšem tímto se zde také zabývat nebudu. A v poslední řadě jsou poruchy způsobené přetěžováním nebo mechanickou poruchou, které mohou trvat řádově minuty, hodiny, dny.

## Požadavky na záložní systém

Záložní systémy jsou navrhovány tak, aby v případě potřeby fungovaly úplně stejně nebo dokonce lépe než primární systémy napájení z veřejné sítě. Především se jedná o kapacitu zařízení, akumulované energii, době přenosu, době trvání celého systému a také náklady na údržbu a instalaci. Ideální přístroj by měl mít nekonečnou kapacitu, tím pádem energii, nekonečně dlouhé trvání a také v dnešní době nízké náklady.

V ideálním případě to znamená vyšší kvalitu a také spolehlivost dodávek energie od záložních zdrojů. Ovšem takové zdroje nejsou vždy dost dobře proveditelné. Vždy se jedná jen jako o dočasné stroje které zásobují zátěž el.energií a to pouze nezbytně nutnou dobu .

Proto obecně existují dva hlavní režimy záložních systémů a to systém s krátkou dobou dodávání energie (je jich podle odhadů okolo 97%), s možností dodávky velmi vysoké energie. A zdroje s dlouhou dobou trvání energie (hodiny minuty dny) , ale zároveň s méně velkou energií k okamžitému dodání.

Ovšem oba tyto režimy musí splňovat následující parametry

- Vysoká akumulace energie
- Nízká samočinná rychlost vybíjení
- Vysoká rychlost nabíjení
- Nízký požadavek na udržování zařízení
- Vysoká spolehlivost
- Vysoká rychlost uvolnění energie

Obecně lze dále říci, že systémy elektrické energie respektive jejich návrhy jsou kompromisem mezi spolehlivostí a také kvalitou dodávky el. energie. Samozřejmě úplně na pomyslném vrcholku pyramidy jsou investice a také provozní náklady. Stále je na trhu velký prostor po levnějším a efektivnějším napájecím systému.

Záložní systémy potřebují velice kvalitní údržbu a servis aby správně fungovaly. Když se toto zanedbá může dojít k zvýšení ztrát systému, slabé výkonnosti, případně nepředvídatelnému provozu stroje. Což samozřejmě nechceme.

Navíc energie ze záložních zdrojů není stejnorodá. Také velice důležitým faktorem je kvalita elektrické energie ze záložního zdroje. A to má vliv samozřejmě na celý systém zatížení.

V následující tabulce jsou znázorněny kategorie zařízení, od kterých se odvíjí požadavky na záložní systémy :

<b>Kategorie zařízení</b>	<b>Požadavky na spolehlivost</b>	<b>Řešení záložních systémů</b>	<b>Koncový spotřebitel</b>
Základní	Přerušení elektrické energie a porucha v dodávce jsou relativně dlouhé řádově desítky minut	Zde je pouze jeden svod z rozvodny a žádný záložní zdroj	Jedná se o domky nebo paneláky
Střední	Přerušení dodávky energie je omezeno na desítky sekund	Zde je použit diesel agregát a také záloha pro nouzové osvětlení	Jsou to výškové budovy a bloky obytných domů
Vysoký	Porucha v dodávce elektrické energie je omezena na trvání do 1 sekundy	Zde jsou vybaveny dvěma nezávislými vedeními z dvou nezávislých rozvodů. Automatické spínání záložního zdroje	Zavádí se v nemocnicích, hotelech, nádražích, letištích apod.
Velmi vysoký	V těchto zařízeních nesmí dojít k výpadku energie	Záložní systém s nulovou dobou přechodem. Používá se diesel agregát	Použito pro banky, případně důležité budovy

Tab.1 Požadavky na záložní systém

### ***Základní kategorie***

V rodinných domech nebo v panelových domech se setkáme jen velice ojediněle se záložním systémem. V nejlepším případě se zálohují PC systémy k zamezení ztráty dat. Nebo případně záložní zařízení na ledničky a mrazničky, aby se v případě „blackoutu“ nerozmrazilo a neznehodnotilo se obsah.

### ***Střední kategorie***

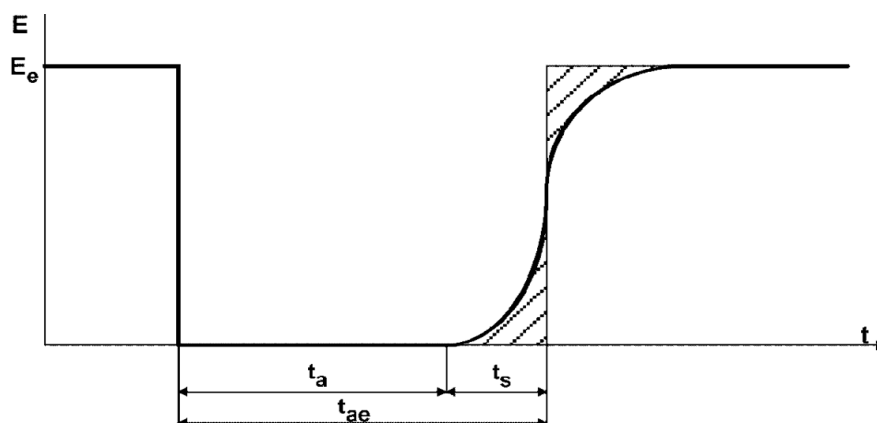
Zde jsou velice důležitá záložní zařízení na nouzové osvětlení a případně je použit diesel-agregát na nouzové pokrytí budovy elektrickou energií.

### ***Vysoká kategorie***

Jako příklad nemocnice. Tam jde o velice velké riziko v případě přerušení dodávky elektrickým proudem především u pacientů, kteří jsou zrovna operováni nebo umístěni na jednotce intenzivní péče nebo jsou na jiném důležité vyšetření, které ovšem nemůže být přerušeno. To by vedlo ke katastrofálním následkům. Toto všechno se řídí svojí normou s názvem „Elektrické rozvody v místnostech pro lékařské účely“

### ***Velmi vysoká kategorie***

Především se jedná o banky. Zde by vznikl obrovský problém, když by se operovalo přes internet s větším množstvím peněz a vypadl by proud, tak by to mělo za následek velkou finanční ztrátu. Dále bych ještě zmínil, že zde kvůli velkému zájmu zlodějů musí neustále pracovat ochranné systémy.



- E - výkonnost
- $E_e$  - standardní výkonnost
- $t_a$  - doba poruchy
- $t_{ae}$  - doba poruchy a ztráty ve výrobě
- $t_s$  - naběhnutí záložního zdroje a obnovení výroby
- t - čas

Obr.1 – Účinnost produkce při poruše napájení

### Závěr

Většina komerčních uživatelů a podnikatelů chtějí mít lepší a efektivnější spolehlivost systému než jen dodávku z veřejné sítě.

Výběr záložního systému záleží především na charakteristikách zatížení a typu, době trvání, závažnosti chyb, opakování chyb, které mohou být tolerovány a ty které nemohou být tolerovány.

Doba trvání poruchy má správně také zahrnovat, kolik času je potřeba pro obnovení dodávky záložním zdrojem do obvodu. Protože zahájení provozu na záložní pohon je jen ojediněle okamžité, protože některé stroje vyžadují vstup dřívějších etap jiných strojů. Musí se zrušit stávající sekvence a začít nanovo.

Všechny tyto scénáře poruchy a následného náběhu se svým způsobem podobají na každých záložních zařízeních, ovšem každý znázorňuje jiné průmyslové odvětví. Největší rozdíl je jen v rozdílných dobách přechodu.

## Rozdělení z hlediska spotřebičů

### Kategorie zatížení 1

Tady lze i krátkým přerušením dodávky elektrické energie ohrozit lidský život, nebo popřípadě velké materiální ztráty. Právě zde ve velké míře používáme nezbytné systémy záložních zdrojů napájení. Zde fungují záložní systémy na PC systémy k uchování důležitých dat.

### Kategorie zatížení 2

Zde může dojít až k několikaminutovému přerušení energie, nehrozí přímo ohrožení života. Nicméně když vypadne zdroj energie jsou stále velké finanční ztráty, zde se také ve velké míře používají záložní systémy především pro nouzové osvětlení nebo pro evakuační výtahy.

### **Kategorie zatížení 3**

Libovolně dlouhý výpadek elektrické energie zde nehraje velkou roli, k žádnému nebezpečí ani finanční újmě by nemělo dojít. Zde se systémy záložního napájení vyskytují jen velice ojedinelé.

## **Hlavní druhy systémů**

Když nám vypadne elektrická energie a nejsou žádné záložní zdroje třeba v takovém městě, jsou důsledky řekněme katastrofální, když nepočítám tovární a nemocniční procesy, které jsem již popsal tak toto omezení přináší velké škody, chaos, nebezpečnost – takže význam záložních systému je velice podstatný. Musíme zvýšit pohotovost, kvalitu, optimalizaci a především jistotu dodávky elektrické energie.

K dispozici je široká nabídka záložních zařízení, volba záleží především na charakteristice zatížení zařízení a typu, délce trvání a závažnosti poruchy, které lze tolerovat. Tyto tzv. 'Náhradní obvody' se instalují tak, že při jedné nebo několika málo poruch je funkčnost systému zachována. Typ a způsob zálohování se určí z udržitelné úrovně funkčnosti a počtu povolených poruch.

### **Studená záloha**

Alternativní záložní systémy jsou funkčně připraveny, ovšem jsou zapojeny až když je jich potřeba. Jsou funkční až při poruše primární dodávky energie z veřejné sítě. Nevýhodou tohoto principu je dlouhá doba mezi poruchou a uvedením daného přístroje do provozu (doba přechodu), ovšem tento systém je v praxi velice spolehlivý. Používá se v komerčních a průmyslových podnicích.

### **Aktivní záloha (skupiny 1 + 1, N + 1, 1 + 2)**

#### **1 + 1 záloha**

Tyto alternativní záložní systémy pracují současně, aniž by byly zapínány. Když je porucha na hlavním vedení a také i když porucha není. V praxi to znamená, že používáme dva paralelní zdroje ( primární a záložní zdroj) energie, které dodávají současně. V době kdy je z jakéhokoliv důvodu porouchána veřejná síť, pracuje pouze druhý zdroj.

Nejčastěji u této skupiny se považuje za záložní zdroj baterie, které jsou stále dobíjeny z primárního vedení. Ovšem záložní zdroj nikdy nemůže pokrýt celkovou energii, která protékala v bezporuchovém stavu.

#### **N+1 záloha**

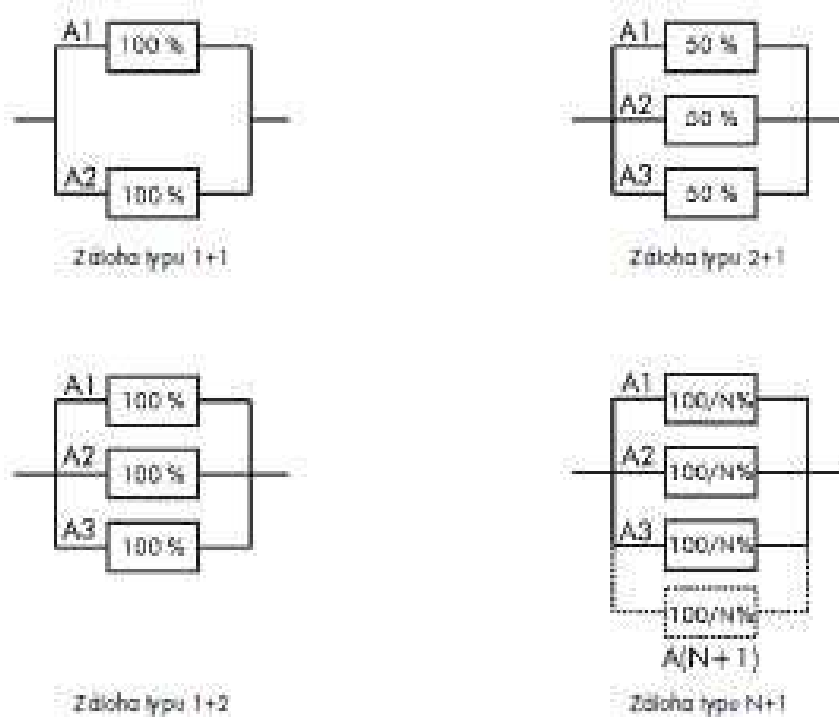
V praxi je nejvíce využívaná tato záloha. Především kvůli ekonomické stránce věci, jedná se totiž o nejméně finančně náročnou zálohu. Je to část aktivní zálohy.

V principu jsou používány více zálohovacích jednotek, které při současném běhu nahradí primární zdroj energie. Pro příklad primární zdroj nám dodává příkon 100 VA a jeden záložní zdroj má příkon 20 VA. Když je porucha tak nám pět malých záložních zdrojů dodává stejný příkon.

#### **1 + 2 záloha**

Principiálně to znamená, že máme primární zdroj energie z veřejné sítě a jeden a více záloh, které jsou dimenzovány pro celou zátěž. Prakticky se nijak neliší od zálohy N + 1 nicméně, každý stroj je schopen pokrýt celkovou spotřebu.

Tyto záložní jednotky pracují stále. Z finančního hlediska se to poměrně nevyplatí, protože je to velice náročné. A v bezporuchovém stavu se nevyplácí.



Obr. 2 Příklad aktivních záloh

### Závěr

Tímto jsem uvedl záložní systémy v různých kombinacích a uvedl jsem jejich vlastnosti. Za zmínku stojí, že všechny záložní systémy musíme volit velice pečlivě. Musíme diagnostikovat a lokalizovat případné nejslabší místo kde by byl nejpravděpodobnější výskyt poruchy a největší negativní důsledek na celý elektrický systém. A tím pádem toto místo zabezpečit tak, aby v případě výpadku primárního systému byla zajištěna nutná dodávka elektrické energie. Pro příklad čím více přídavných jednotek tím větší je pravděpodobnost, že se mohou také porouchat, zkrátka není to tak jednoduché.

### Kriteria pro záložní systémy

Základní kritéria každého záložního zdroje jsou :

- Doba přechodu - myslíme dobu ve které vypne primární zdroj energie a zapne se záložní zdroj.
- Výkonová kapacita a akumulovaná energie
- Maximální doba trvání výroby
- Účinnost
- Náklady na údržbu

Z teoretického hlediska by měl mít ideální zdroj nekonečnou kapacitu elektrické energie. Teoreticky to možné je, ovšem v praxi se s takovým strojem nikdy nesetkáme. Dále bych rád zmínil, že nejlepší doba přechodu, která může nastat je doba nulová. Jelikož takový záložní zdroj v praxi neexistuje, musí se použít různá alternativní řešení.



## Volba záložního systému

Volba zálohy závisí na aplikaci a požadavku na záložní systém. Pro příklad IT systémy vyžadují nepřetržité a plynulé zásobování energií a samozřejmě také nulovou dobou přechodu, abychom neztratily důležité dokumenty. Poté je požadavek na spořádané vypnutí počítačů, řádově se pohybujeme okolo 20 minut.

Při delší době potřebné k chodu záložního napájení umístíme do obvodu jiný záložní systém. Samozřejmě v nemocnicích a ve fabrikách je toto časové kritérium nesmyslné a proto se používá neustálé zdroje záložní energie. Pro příklad Diesel - agregát a UPS, které současně pokryje spotřebu a rozběhový čas diesel - agregátu.

Ovšem v některých odvětvích, třeba ve výrobnách papíru nelze použít UPS, protože je tam především motorická zátěž. Toto se může řešit třeba zdvojeným přístupovým vedením z jiné rozvodny .

Zde je tabulka hlavních typů záložních systémů

Typ	Výkonová kapacita	Doba přechodu	Náklady
Zdvojený přívod z napájecí sítě	Nekonečná	Velice krátká	Velmi vysoké
Generátory	Skoro nekonečná	Od dlouhé po velice krátkou	Střední až vysoké
Baterie	Střední	Velice krátká	Nízké
UPS systémy	Střední	Velice krátká	Střední až vysoké
Stlačený vzduch	Nízké až střední	Velice krátká	Střední až vysoké

Tab. 2 Hlavní typy záložních systémů

## Zdvojený napájecí přívod

Jedná se o velice drahý a nákladný způsob systému záložního napájení. I když je velice efektivní. Používá se zejména v továrnách při výrobě papíru nebo oceli, zkrátka u nepřetržitého provozu továrny nebo také es používá u výkonnějších serverů v IT sítích. Tento zdvojený přívod dává smysl pouze tehdy, je-li každý přívod samostatně nezávislý.

Tzn. Když se stane porucha na prvním přívodu tak druhý funguje bez problému a není ovlivněn prvním přívodem.

Mezi největší výrobce těchto záložních systémů se řadí společnost EATON, která uvedla na trh novinku pod názvem EATON STS 16, která vychází v přepočtu nejlépe v poměru cena / kvalita.

Samozřejmě zdvojený napájecí přívod neznamena, že není třeba dalších záložních systémů, ovšem tato možnost velice zmenšuje možnost vážného přerušeni nebo ztráty el. energie v továrně. Tato možnost sniží počet nebo vážnost poruch..

## Generátorová soustrojí (Diesel - agregáty)

Jedná se prakticky o nejrozšířenější a relativně dobře finančně přijatelný způsob záložního napájení. Tento celý systém se skládá z jednoho ale častěji z více dieselagregátů. Princip těchto diesel agregátů je velice prostý a to, že převádí mechanickou energii na elektrickou. Používá se zpravidla v řídicích a regulačních systémech a také často v nemocnicích rozvodnách. Důvodem použití je relativně dlouhý provoz. Můžeme ho využít hodiny, případně i dny a dokonce může být zkonstruován na provoz trvalý. Tento záložní

system je k dostání v mnoha variantách a v mnoha jmenovitých výkonech. Řádově se pohybujeme od desítek kW po několik MW.

### **Princip**

Základ se skládá ze spalovacího motoru. Zde je přeměna paliva na mechanickou energii, poté následuje generátor, který přeměňuje mechanickou energii na elektrickou energii a přes další komponenty jako jsou regulátor otáček a napětí, přes kontrolní mechanismus a samozřejmě vypínač až do rozvaděče kde máme výslednou záložní energii.

Tyto agregáty se pohybují příkonem od 1 kVA do 6 MVA a mohou se použít pro jakékoliv režimy provozu. Způsob provozování generátoru je velice důležitý. Ovlivňuje to jeho životnost, účinnost apod. Z toho důvodu se musí volit takový stroj, který doporučí výrobce na dané podmínky.

### **Způsoby provozu**

**Nepřetržitý provoz** : Dodává energii v případě poruchy ovšem, za normálních okolností se tento stroj točí naprázdno.

**Přerušovaný provoz** : Generátor pracuje pouze v předem stanovených intervalech (může také pokrývat špičky napětí) nebo jen v případě poruchy, pracuje buď do bezpečného vypnutí stroje nebo stále. Výhoda těchto agregátů je v tom, že mohou pracovat v libovolném množství paralelně a musí být synchronizovány s napájecí sítí.

### **Čtyři výkonnostní třídy pro napájení zatížení**

**G1** : To jsou motor – generátory pro všeobecné účely. Zátěž má základní parametry. Může se vyskytovat dočasné změny napětí a frekvence. Jako příklad je elektrické topení

**G2** : Požadavky jsou podobné jak na G1, ovšem odchylky napětí a frekvence by měly být velice krátkodobé. Používají se na čerpadla, nebo také na osvětlovací systémy

**G3** : Zvýšené požadavky na kvalitu napájení k zátěži.

**G4** : Mimořádné vysoké požadavky na kvalitu napájení

**S nulovou dobou přechodu** - to se rozumí bez ztráty napětí na zátěži.

**Krátká doba přechodu** – řádově do desítek sekund

**Dlouhé trvání beznapětového stavu** – jak už název vypovídá, řádově i 30 minut

V dnešní době se nejčastěji používá generátorová soustrojí s dlouhým trváním beznapětového stavu. Logicky jsou z finančního hlediska nejlevnější a nejvýkonnější. Zpravidla se tyto systémy v případě poruchy automaticky zapnou. Navíc se v poslední době velice uplatňuje zkrácení doby najetí.

Cílené zkrácení doby najetí záložního systému se dělá ohříváním soustrojí. Toto zahřívání soustrojí se zapíná zpravidla automaticky. Výkon ohříváče je přímo úměrný na výkonu generátoru.

### **Konfigurace Motor – generátorů**

Energetická konfigurace musí být navržena tak, aby se vyprodukovaná energie nevracela zpět do primárního vedení, když je závada na vedení odstraněna. Existují manuální způsoby kdy záložní zdroj odpojíme od sítě, musí být použity manuální vypínače. Ačkoliv v praxi jsou použity častěji automatické vypínače – tzn. Stand-by systém. Tento systém má mechanické a elektrické blokování.

## Plynové turbíny

Krom tohoto je také možné použít tzn. **Plynové turbíny**. Ty se liší pouze tím, že místo nafty je soustředěn do nádrže plyn. Tyto záložní systémy používáme tam kde se vyžadují velké výkony, řádově MW. Nebo také se mohou použít pro pokrytí špičkového zatížení.

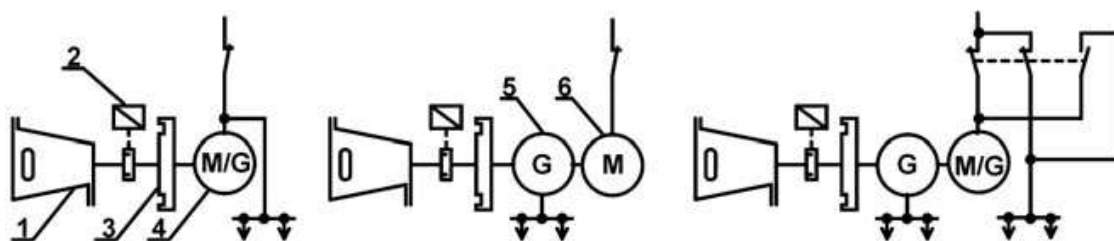
Mohou fungovat jak v době poruchy tak v bezporuchovém stavu. Tyto turbíny potřebují pro spuštění energii z pomocných baterií. V tomto uspořádání je velmi zřejmé zpoždění mezi dobou poruchy a dobou plného chodu. Můžou se spouštět manuálně nebo automaticky. Nejednodušší uspořádání se zapíná manuálně. Ovšem to není zcela praktické a ani to není ekonomické. Navíc doba plného zatížení je poměrně dlouhá. Častěji jsou k vidění v praxi turbíny, které jsou spínány automaticky, nicméně pro malé jednotky je doba rozběhu okolo 6 – 15 sekund a u velkých zařízení je tato doba okolo 180s.

Jen okrajově se uplatňuje v praxi tato doba rozběhu 180s, která je pro některé podniky stále velká a proto se vynalezlo řešení, které spočívá v tom, že generátorová soustrojí jsou v pohotovostním stavu stále zahřívána na provozní teplotě. Po tomto opatření se zmenší doba rozběhu.

## Druhá skupina generátorových soustrojí

Toto soustrojí má menší dobu zapnutí, řádově se tato doba pohybuje okolo 2 sekund a méně. V některých případech se dokonce udává doba přechodu 0. Toto generátorové uspořádání obsahuje odlišné věci od 1 již zmiňované skupiny. Především jsou vybaveny vysokorychlostním setrvačником, který je spojen mechanicky s generátorem.

Principiálně to funguje tak, že když není k dispozici elektrická energie tak generátor a setrvačnik jsou poháněny potřebnou rychlostí motorem. Samozřejmě mezi tímto je elektromagnetická spojka, která spojí setrvačnik se spalovacím motorem, který pohání generátor. Toto všechno je ovládáno automaticky během 0,5 – 2 sekund.



- 1) Spalovací motor
- 2) Spojka elektromagnetická
- 3) Setrvačnik
- 4) Motor/generátor
- 5) Generátor
- 6) Elektromotor

Obr.3 Generátorová soustrojí se setrvačniky

## Použití

Tyto systémy najdou své uplatnění prakticky všude. Od nemocnic, po velké průmyslové podniky a také fungují v jaderných elektrárnách jako záložní zdroje na vodní okruhy. Generátorového soustrojí se také používají tam, kde je možná krátkodobá a zároveň velice velká spotřeba. Například televizní sportovní přenosy nebo zpravodajství.

V dnešní době existuje nepřehledné množství výrobců motorogenerátorů a ještě větší

škála dieselagregátů.. Zejména od společnosti EuroSystems a jejich dieselagregátová řada EDP s motory PERKINS. Jsou nejen vysoce efektivní, ale také velice příjemné na finanční stránku věci.

### **Závěr**

Rád bych podotknul, že vhodně navržená generátorová soustrojí mohou být velice efektivní a za velice výbornou cenu. Navíc kvalita této energie je vysoká.

To byly takové celkové klady, ovšem tyto systémy nejsou bez záporů. Zaprvé tyto systémy jsou velice hlučné, obzvláště jednotky s velkými výkony. Řádově se tato hodnota hluku pohybuje okolo 70 – 95 dB. Navíc jsou velké a velice prostorově náročné. V neposlední řadě také vyžadují velké sklady s pohonnými hmotami, a také systémy na odsávání zplodin a podobně. Právě z toho důvodu jsou generátory vystavěny a instalovány v oddělených budovách. Relativně vzdálených od ostatních budov

## **Akumulátorové baterie – záložní systémy**

Jako další možností záložního zdroje napájení se používají akumulátorové baterie. Hlavní typy a základní parametry jsou určeny zde v tabulce.

	<b>Uzavřené olovněné</b>	<b>NICd</b>	<b>NIMH</b>	<b>Li Ion</b>
<b>Cena</b>	Nízká	Střední	Vysoká	Velmi vysoká
<b>Hustota energie (Wh/kg)</b>	30	50	70	100
<b>Napětí článku ( V )</b>	2,27	1,25	1,25	3,6
<b>Proud zátěže</b>	Nízký	Velmi vysoký	Mírný	Vysoký
<b>Počet cyklů nabití/vybití</b>	200 až 2000	1500	500	300 až 500
<b>Samovybití</b>	Nízké	Mírně	Vysoké	Nízké
<b>Min. dostupný čas ( hod )</b>	8 až 16	1 až 2	2 až 3	3 až 6
<b>Požadavek na využití</b>	180 dní	30 dní	90 dní	Žádný
<b>Riziko vlivu na životní prostředí</b>	Vysoké	Vysoké	Nízké	Vysoké

Tab. 3 Hlavní parametry baterií

### **Požadavky**

Od těchto typů baterií, které mají využití v záložních systémech se požaduje co největší provozní spolehlivost a také vysoká životnost. Pro začátek existují baterie bezúdržbové, dobíjecí a podobné.

### **Princip**

Primární napáječ nabíjí zátěž a zároveň baterii. Ale jakmile dojde k poruše na primárním napáječi a dojde k přerušení tak ihned zasáhne baterie a napájí zátěž. Z toho nám vyplývá velice krátká doba přechodu a díky tomu je tento systém nejvhodnější k napájení počítačových systému. Obecně je velice vhodný pro elektronické systémy.

Skoro nulová doba přechodu je velická výhoda, ovšem trochu to koliduje se spolehlivostí systému. Vyšší spolehlivosti dosáhneme když baterii napájíme přes samostatný usměrňovač.

### **Dvě hlavní cesty baterií**

**První :** Záleží na tom ,aby kapacita baterie vydržela do obnovení dodávky primárním vedením.

**Druhá :** Záleží na tom, aby baterie vydržela tak nezbytně dlouho jak je třeba, než

vyžadovaná funkce nebude dokončena a následně se zastavila.

Obecně lze říci, že doba nabíjení baterií vysoce převyšuje vybíjení. V praxi se používá velice krátký pracovní cyklus těchto baterií. To znamená, že úplně vybitá baterie je nabita za dobu okolo 6h.

Bohužel každým nabitím baterie se snižuje její kapacita. Což je výhledově dočasná záležitost, ale to zde také řešit nebudu. Navíc schopnost baterie dodat potřebný výkon je dána jejím vnitřním odporem, který postupem času je větší a větší a to je přímo směřné na čas.

## **Druhy baterií**

### **Olovněné akumulátory**

Skládají se z olovněných desek ponořených do kyseliny sírové. V dnešní době mají největší využití v automobilovém průmyslu. Účinnost těchto akumulátorů se pohybuje okolo 82 procent a tyto baterie vydají velice velké proudy a průměrná životnost je cca. 350 nabíjecích cyklů. Ovšem jsou velice náchylné na nárazy. Jako jejich velkou nevýhodu se považuje nebezpečnost životnímu prostředí, proto jsou dnes tyto baterie nahrazovány.

**Nabíjení :** Připojíme stejnosměrné napětí na elektrody, tvoří se oxid olovičitý, tím se stvořil galvanický článek a na jednom článku změříme napětí 2,1V.

**Vybíjení :** Probíhá opačná chemická reakce.

### **Nikl-ocelové akumulátory (NiFe)**

Jsou málo choulostivé na otřesy. Desky niklové a ocelové se střídají a nakonec jsou ponořeny do elektrolytu. Tyto baterie mají velmi snadnou údržbu. Napětí článku je 1.4V a používají se pro akumulátorové nástroje, jen z části na záložní systém.

### **Nikl-kadmiové akumulátory (NiCd)**

Tyto baterie snáší velmi dobře nabíjecí cykly a jsou relativně cenově dobré. Navíc se velice rychle nabíjí, ovšem jsou postiženy tzv. Paměťovým efektem, tzn. že se musí tyto baterie nejprve vybit než je začneme nabíjet, jinak ztrácí výrazně kapacitu. Navíc v současné době existují baterie 15 minute Charge & Go, které jsou schopny být nabitě za dobu 15 minut.

### **Sodíko – sírové akumulátory (NaS)**

Nejčastěji mají využití pro záložní zdroje s vyššími výkony. Zajímavé je, že pracují okolo teplotách 300 °C. Tyto baterie mají 2 elektrody, jednu ze síry a druhou negativní ze sodíku. Jedná se o bezúdržbovou baterii. Ovšem životnost těchto baterií je velice krátká.

### **Zinek – brom akumulátory (ZnBr)**

Jedná se o baterie z elektrod zinku a porézního uhlíku. Pracují na okolní teplotě. Ovšem tyto baterie mají veliké náklady na údržbu.

### **Nikl - metalhydridové baterie (NiMH)**

Mají podobné vlastnosti jako Nikl-kadmiové, nicméně jejich nesporná výhoda je v tom, že nejsou tak těžce ekologicky závadné a netrpí paměťovým efektem. Tyto baterie jsou v současné době stále hodně ve vývoji. Navíc lze tyto baterie velkou rychlostí nabíjet, musíme pouze kontrolovat, aby se nám nepřehřály.

### **Lithiumiontové baterie**

Mají třikrát větší kapacitu než akumulátory NiMH a jejich velká výhoda je v tom že už netrpí paměťovým efektem. Jejich kapacita z časového hlediska klesá jen velice málo.

Navíc tyto baterie nejsou ekologicky nebezpečné. Ovšem jejich závislost je na nabíjecím napětí, teplotě a také věku baterie, to vše ovlivňuje životnost baterie. Jako stávající nevýhoda těchto článků je stále jejich velká cena. Dnes se uplatňují jako záložní systémy pro UPS, ale nadále také v kamerách nebo počítačích apod.

## Použití

Tyto baterie se používají převážně v elektronických UPS systémech.

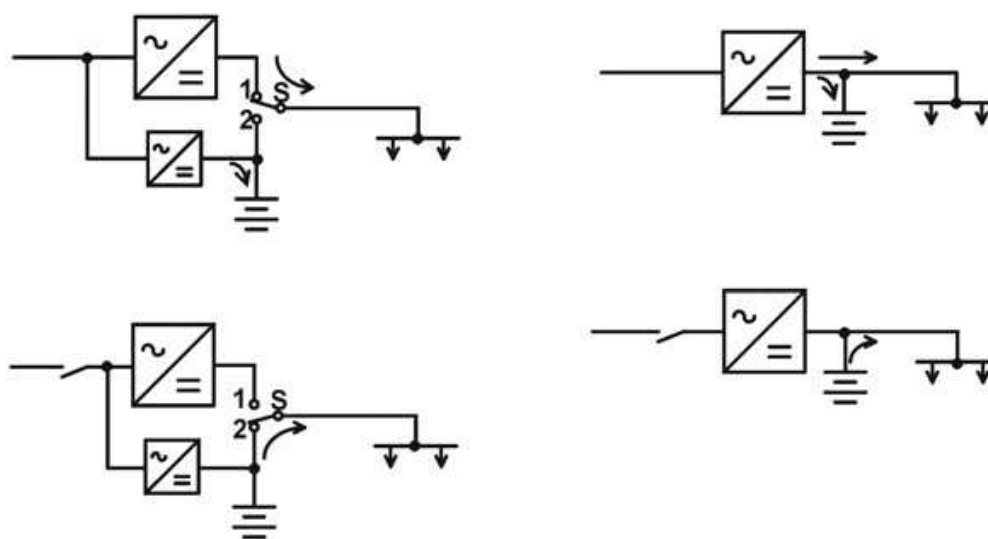
A jak jsem již zmiňoval v některých případech mohou tyto baterie spouštět diesel - generátory a mohou napájet jejich řídicí obvody. Větší využití mají ovšem jako záložní napájení pro nouzová osvětlení, různá bezpečnostní, telekomunikační a počítačové systémy.

Jako největší oblast, kde jsou používány řadím ovšem jako záložní systémy pro napájení stejnosměrných zátěží. Ještě bych rád dodal, že baterie, které jistí střídavé systémy jsou vybaveny střídači, které změni stejnosměrný proud na střídavý.

Dále i zde se mohou tyto baterie použít jako akumulátory elektrické energie pro pokrytí špiček z denního diagramu zatížení. Ovšem tímto se zde zabývat nebudu.

Existují **dvě možná řešení** jak zapojit a zároveň efektivně napájet zařízení. V prvním případě je logické, že hlavní vedení napájí zařízení do poruchy tak je vypnuto, poté je tento alternativní záložní systém použit a napájení jde z akumulátorových baterií. V druhém případě se jedná o to, že akumulátory pracují stále a primární vedení neustále nabíjí tyto akumulátory.

V obrázcích pod tímto jsou různé případy napájení které jsem popsal. Pro největší efektivitu se baterie zapojují paralelně na požadovanou zátěž



- 1 ) Systém s možným paralelním chodem
- 2 ) Nepřetržitá dodávka elektrické energie
- 3 ) Napájení ze sítě
- 4 ) Napájení z baterie

Obr.4 Různé možnosti zdrojů s bateriovými záložními zdroji energie

## Závěr

Obecně lze říci, že v praxi se tyto záložní systémy vyskytují velice často. Už i proto že účinnost těchto záloh se pohybuje okolo 90 -97 procent. Dále opět záleží na celkových parametrech baterie. Myslím tím především kapacitu, která musí být pro každou zátěž dostatečně velká. A pak už jde jen o to co má ta konkrétní baterie plnit. Tyto baterie se používají převážně jako záložní systémy pro počítačové systémy.

## Supravodivé indukční akumulátory

Zcela ve vývoji je tento převratný systém. Principiálně máme smyčku z mražené rtuti v kapalném heliu. Tam se indukuje elektrický proud přes induktor, který tam velice dlouho obíhá smyčku i když je induktor dávno odpojen. Ano jedná se stav supravodivosti.

Využití v záložních systémech by mohlo být velice dobré, představíme si supravodivé vinutí záložního generátoru, tím pádem máme skoro maximálně využitý generátor.

Mimo jiné bylo realizováno už pár supravodivých akumulátorů. Ty se využívají zejména k překonávání výpadků proudu v závodech s elektronickými systémy. Ano jedná se o systémy UPS. Pracují se supravodivou cívkou ponořenou do kapalného helia, která je nabíjena přes usměrňovač. Zpravidla reagují do 0,2 milisekundy. Proud z cívky se převede přes kondenzátor do invertoru, který je schopen po překlenovací dobu dodávat (nazývá se to SMES – supravodivé akumulátory)

## Vela baterie

Tyto baterie mají v podstatě stejný chemický základ, jako elektrolytické baterie. Elektrolyt těchto baterií je na základě gelu a je absorbován elektrodami. Baterie je uzavřená epoxidem. Tyto baterie mohou být použity prakticky všude. Jsou výlučně nepropustné. Hodí se do aplikací jako UPS, úniková osvětlení, či invalidní vozíky. Tyto baterie mají články s napětím 2, 4, 6 a 12V.

## Trakční baterie

Navenek se nijak neliší od klasických baterií, nicméně uvnitř je úplně jiná. Odlišnost je především technického směru, to zde nebudu rozebírat, ale především to, že tento zdroj má v sobě uloženou energii, ale uvolňuje ji velice pomalu a ne rychle naráz až do úplného vybití. Navíc velice dobře odolává nabíjecím a vybíjecím cyklům. Každý cyklus u normálních baterií velice snižuje schopnost kumulovat energii.

### 3 druhy

#### První typ (Zaplavené trakční baterie)

Je to použití s kapalným elektrolytem. Používají se jako záložní systémy určitých elektronických věcí a jsou odděleny od ostatní sítě.

#### Druhý typ (AGM)

Elektrolyt se nachází ve skelném rouchu, výkonnější, ale náchylnější na údržbu, nesmí se přebíjet velkým proudem.

#### Třetí typ (GEL)

Jedná se o nejvýkonnější, nejdelší životnost, nejchoulostivější. Nesmí se přebíjet.

### Závěr

**Výhody:** Veliká výhoda je v kvalitě elektrorozvodné sítě.

**Nevýhody:** Velice krátká životnost, velké náklady na údržbu a likvidaci, závislost na okolní teplotě ale především na podmínkách vybíjecích a nabíjecích cyklů.

Omezen u baterií je i nabíjecí proud díky tomuto, nicméně bateriím obecně nesvědčí velké nárazové proudy. Vyhovuje jim spíše konstantní zátěž. Nejmenší odpor mají baterie NiCd, ovšem zase z finančního hlediska jsou nejlépe k dostání baterie olovněné. Poslední typ baterií Li-Ion mají velkou energetickou hustotu.

## **Systémy nepřerušitelného napájení UPS (uninterruptible power supply)**

Konečně se dostávám k dalšímu velice důležitému bodu a to je UPS systém. Záložní zdroje schopné bez přerušení nahradit výpadek elektrické energie. Tyto systémy se dají rozdělit podle mnoha kritérií. Obecně mohou napájet zátěž od několika minut po desítky minut. Především bych chtěl zdůraznit, že se tyto záložní systémy běžně používají na kritické zátěže, kde doba přechodu musí být žádná.

UPS je velice snadno dostupné, je k dostání v široké škále jmenovitých výkonů od 200 VA do 50KVA a od jednofázových provedení až po třífázové systémy od 10kVa do 4000kVA. Používají se v záložních systémech elektrické energie. Jejich způsobem získávání energie je využívání akumulátorů již výše uvedených. A v neposlední řadě se využívají jako prostředek pro zlepšení kvality dodávky el.energie. A to z toho důvodu, že UPS je velice účinné, protože ztráty jsou jen v rozsahu 3 – 20 procent. Tyto systémy se také dají navrhnout a dimenzovat z činných a jalových výkonů.

V případném nedostatku energie z UPS, tento systém přepne na další alternativní zálohu (třeba další paralelní UPS) a opět můžeme dodávat potřebný výkon. Pokud dodává UPS jalový výkon větší než je jeho jmenovitá hodnota, činný výkon by se měl automaticky snížit, aby nedošlo k přetížení měniče. A to vše hlídá jejich elektronický systém.

UPS může také zásobovat zátěž s velkým nárazovým proudem, ovšem tyto proudy nesmí překročit jmenovité proudy UPS jinak hrozí poškození zařízení. Ještě bych rád doplnil, že spolehlivost UPS může být vyšší tím, že se přidá do obvodu diesel - agregát. Tímto dodáme systému bezpečnost před pádem systému. Diesel se umísťuje paralelně s UPS. Při poruše hlavního přívodu se ihned nastartuje systém UPS a poté diesel agregát, který je schopen pracovat prakticky nepřetržitě.

UPS by mělo být dimenzováno na předpokládanou sílu zatížení. Výkon zátěže by neměl překročit výkon UPS, nicméně při návrhu záložního systému se počítá s 10 – 20 procenty výkonové rezervy a to pro případ dočasného zvýšení zátěže.

### **Části UPS**

Zde bych vyjmenoval nejpodstatnější části tohoto systému.

#### **Spínač UPS (UPS switch)**

Tato součást slouží k odpojení a připojení UPS k zátěži, případně k přepojení na další záložní systém. Většinou se ovládá automaticky, občas manuálně a typ vypínače je nejčastěji použit elektromechanický nebo elektronický.

#### **Střídač (UPS inverter)**

Tato položka slouží ke změně stejnosměrného napětí na střídavé z baterií. Používají se nejčastěji tranzistory.

#### **Usměrňovač**

Opět zařízení sloužící k přeměně stejnosměrného napětí na střídavé, které dále pokračuje na zátěž.

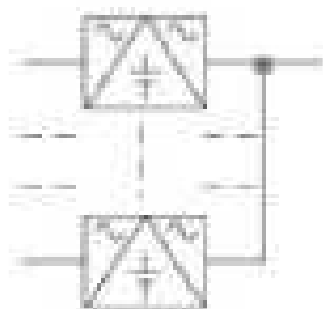
#### **Obchvat**

Jedná se o takový zařízení, které v případě nefunkčnosti UPS přemostí napájení z UPS na jiný zdroj elektrické energie.



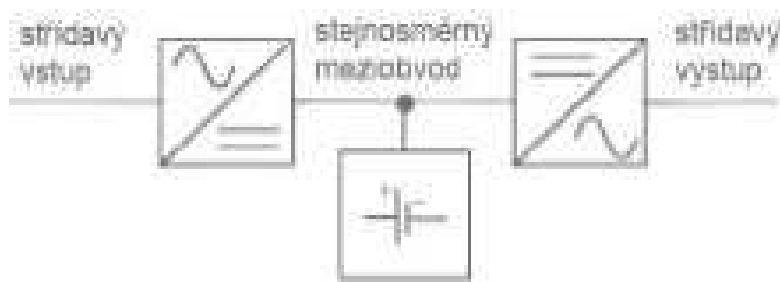
## Zapojení UPS

- **Paralelní** - Používá se v případě velkých výkonů. Může být doplněný obtokem



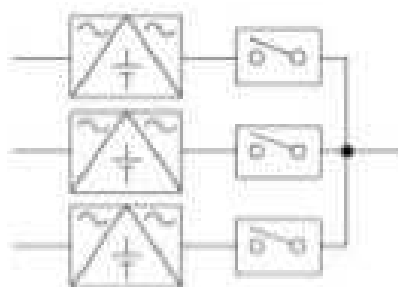
Obr. 5 Klasické paralelní zapojení UPS

- **Jednodílné** - Zde je pouze jedna jednotka UPS.



Obr. 6 Typické zapojení jednodílné jednotky

- **Redundantní** - Jedná se o paralelní zapojení dvou a více UPS. Zde je použit také obtok. Většinou se dimenzuje o jednu jednotku UPS více pro případ poruchy, aby systém zůstal stále funkční



Obr. 7 – Zapojení více paralelních UPS

## Relevantní normy pro UPS

Základní klasifikace systému UPS je dána normou IEC 62040-3 z roku 1999, ČSN EN 62040-1 („Všeobecné a bezpečnostní požadavky na UPS“), ČSN EN 62040 („Požadavky na elektromagnetickou komptabilitu pro UPS“) a dále pak normu ČSN EN 62040 – 3 („Metoda na stanovení požadavků na funkci a na zkoušení UPS“). V těchto normách se ovšem můžeme setkat s mírnými rozdíly na požadavky UPS z hlediska záložního systému.

Taty normy obecně rozdělují UPS na 3 třídy:

### Tři třídy UPS

**VFD** – výstupní frekvence a napětí jsou závislé a dodávce z hlavního napáječe (pasivní záloha)

**VI** – výstupní napětí nezávislé na dodávce z hlavního napáječe (interaktivní vedení)

**VFI** – výstupní napětí a frekvence nezávislé na dodávce z hlavního napáječe (dvojitá konverze)

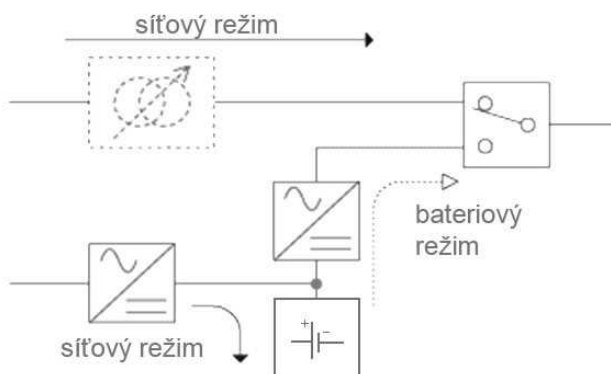
### Klasifikace UPS

Typ	VFD	VI	VFI
Záloha	Pasivní záloha	Interaktivní vedení	Dvojitá konverze
Náklady	Nejnižší	Střední	Nejvyšší
Regulace napětí	Žádná	Omezená	Ano
Regulace frekvence	Žádná	Žádná	Ano
Doba přechodu	Krátká	Nulová	Nulová

Tab. 4 Klasifikace UPS

### Typ VFD

Jedná se o nejjednodušší a také nejlevnější systém UPS. Můžeme s ním zálohovat méně náročné zátěže s menšími výkonovými parametry. Existují dva režimy.



Obr. 8 Pasivně pohotovostní UPS

#### První režim

Princip jednoho je, že energie je dodávána do zátěže normálně z primárního zdroje napájení. UPS je pouze nabíjeno. Napětí v síti je v toleranci, nedochází k zapojení UPS do systému. Proud může jít přes filtr a také kondicionér a to proto, aby se odstranily výkyvy napětí nebo přechodové jevy.

#### Druhý režim

Princip druhého je v režimu 'uskladněné energie'. Tato energie je v případě poruchy poskytnutá zátěži přes invertor. Přejchod mezi těmito režimy se realizuje tak, že když je napětí primárního napájení mimo stanovené tolerance tak systém zareaguje a energie je poskytnuta z baterií. Tento systém má velice krátkou dobu přechodu.

Výdrž baterií se reálně pohybuje okolo 3 h. Což není mnoho.

### Použití VFD

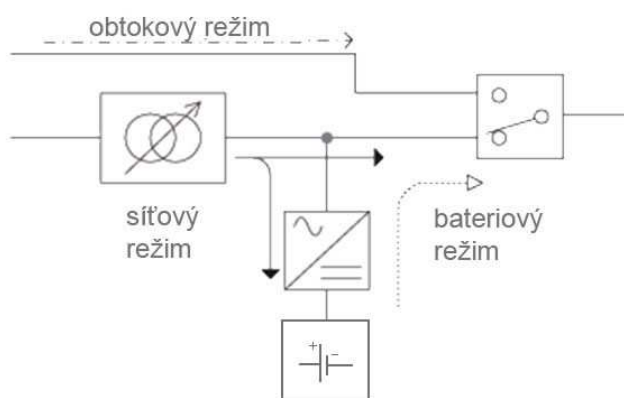
Toto řešení je v praxi nejvíce používané, jedná se o systém nejjednodušší, nejkompaktnější a nejméně finančně náročný. Ovšem jak už to bývá má také své nevýhody. Vyjmenoval bych ty největší a to zejména, že tento systém neposkytuje žádnou ochranu proti rušení zátěže a také neposkytuje žádné regulace napětí ani frekvence.

Doba přechodu je krátká, ovšem pro elektronické a IT systémy nevhodné, protože existuje krátké, ale pro tyto systémy velice citlivé přerušení napájení. Málo kde se můžeme setkat s tímto systémem. Možná jen u zastaralých systémech.

Tato záloha se už moc nepoužívá.

### Typ VI

U těchto zařízení je skoro stejná koncepce jako u předchozího příkladu, nicméně rozdíl je patrný u prvního režimu, kdy tady lze napájet zátěž kvalitně i za trvání přepětí nebo podpětí.



Obr. 9 Síťové interaktivní UPS

#### První režim

Ten nastává za normálního provozu kdy je zátěž napájena transformovanou elektrickou energií přes spínač statický. V tomto případě se rozšíří toleranční meze pro síťový režim a tím pádem i je zajištěna úspora baterií. Systém jde buďto naprázdno a nebo se podílí jen velice nepatrným výkonem na síťovém napětí.

#### Druhý režim

Při provozu „ukládání elektrické energie“ je zátěž napájena elektrickou energií z baterie přes invertor.

Spínač statický se otevře a to proto aby zabránil elektrické energii v cestě do primárního napáječe.

#### Třetí režim

Systém se nachází v tzn. Obtokovém režimu. Dochází k poruše na UPS, která je následně odpojena a zátěž je automaticky připojena na jiný napěťový vstup.

### Použití typu VI

Zprv má tato UPS daleko nižší finanční náklady a požadavky než ta předchozí, ale zároveň má i své nevýhody.

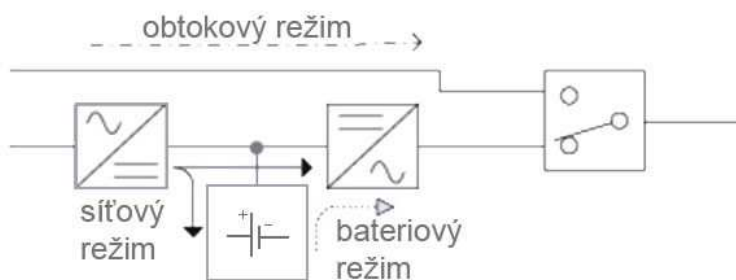
Opět tady nelze regulovat kmitočet. Rozdíl oproti předchozímu UPS je už ovšem patrný a to v izolaci od zátěže, která je znatelně větší. To je izolace proti přechodným jevům, přepětí, ale stále je tato izolace slabá.

Ovšem za normálních podmínek bez ohledu na napětí je sekundární baterie stále napájena. Frekvenčně je toto UPS nezávislé, v obtokovém režimu jsou parametry shodné se záložním zdrojem.

Vesměs se může použít jako záložní systém pro širokou skupinu strojů a zařízení nepřerušovaného napájení.

### **Dvojitá konverze VFI (Double conversion)**

Principiálně je to sériové spojení s výstupním investorem. Vlastně celková elektrická energie zátěže jde přes tento inverter. Nutno dodat, že má nesporně nejkvalitnější napětí tento systém. Je frekvenčně nezávislý. V praxi se zpravidla synchronizuje výstupní napětí se sítí. Opět má tento systém tři režimy.



Obr. 10 UPS s dvojitou konverzí

#### **První režim**

Sít'ové napájení je v toleranci, energie je dodávána především na střídač, který dělá napětí pro zátěž. V případě potřeby jsou dobíjeny baterie tohoto systému.

#### **Druhý režim**

Sít'ové napájení je mimo toleranci a energie dodávaná na střídač je použita z baterií.

#### **Třetí režim**

Když je k dispozici obtokový režim, sít'ové napájení je v toleranci, ovšem na UPS je chyba nebo porucha, tak je odpojena a zátěž napájí jiný zdroj energie.

### **Princip typu VFI**

Baterie je do tohoto obvodu neustále připojena. V případě poruchy inverter napájí zátěž přímo. Je zde nulová doba přechodu, tak je tento systém velice vhodný pro elektronické a IT systémy.

Bezespory velké výhody tohoto systému jsou také velmi dobrá izolace od napájecí sítě a v neposlední řadě regulace frekvence a napětí.

Ovšem nutno dodat, že tento systém je velice finančně náročný, ačkoliv velmi spolehlivý, ale zároveň je zde menší účinnost. Toto UPS je vybaveno dvěma AC/DC invertory. Jedná se o hlavní inverter a delta inverter. Delta inverter je připojen ke stejné sekundární baterii. Je tam z důvodu zvýšení efektivity UPS.

### **Princip dvou AC/DC investorů typu VFI**

Náplň práce delta invertoru je vyrobit proud, který je transformován na primární vinutí, které hlídá rozdíl elektrické energie mezi sítí a bodem rovnováhy. Když je překročena mez rovnováhy, UPS zareaguje a spustí se záložní zdroj. Navíc Delta inverter se velice hodí také udržování účinnosti blízko jedné.

Práce hlavního invertoru spočívá v tom že kompenzuje harmonické složky tím pádem má proud dodávaný do sítě sinusový tvar. Tento systém UPS se nejvíce v praxi používá.

Při normálním provozu, kdy je napětí vedení stejné jako v UPS a napětí v primárním

vinutí transformátoru je rovno 0. Oba inventory jsou zapnuty a zátěž je napájena pouze ze sítě. To platí především pro nesinusové proudy zátěže, kdy inventory společně opravují účinník. Jestliže ovšem napájecí napětí klesne a překročí kritickou hranici a napětí v primárním transformátoru je nenulové tak hlavní investor dodává do sítě potřebnou část proudu a delta invertor také indukuje proud, který jde do primárního vedení, které společně se síťovým zdrojem dodává potřebný proud.

A jako poslední možnost, je-li síťové napětí vyšší než v bodě rovnováhy, jedná se tedy o přepětí tak je proces opačný než u podpětí. To znamená že delta invertor je napájen ze sítě malým proudem a přídatný proud je dodáván do bodu rovnováhy přes delta a hlavní invertor. Aby se zajistil proud zátěže na požadovanou hodnotu.

## **Shrnutí systému UPS**

**Závěrem k systémům UPS bych rád řekl, že když použijeme tento systém tak se může zamezit různým druhům rušení**

- 1 - Výpadky napájení, >10 ms
- 2 - Rychlé změny napětí, <16 ms
- 3 - Krátkodobá přepětí, 4-16 ms
- 4 - Dlouhodobé poklesy napětí
- 5 - Dlouhodobá přepětí
- 6 - Efekty blesku
- 7 - Přepětíové rázy, <4 ms
- 8 - Změny frekvence
- 9 - Zkreslení křivky napětí
- 10 - Napětíové harmonické

Začal bych třídou VFD ,která velice efektivně omezuje první 3 druhy rušení. Tyto systémy se dají použít pro systémy tehdy, když nevadí krátké výpadky elektrické energie. Tyto systémy UPS s interaktivním vedením (VI), které zajišťují vyšší úroveň stability napětí omezují celkem prvních 5 poruch.

A jako poslední a to jmenovitě systémy VFI eliminují všech 10 poruch a omezení. Zátěže z VFI vyžadují tu nejlepší kvalitu a samozřejmě nejvyšší zabezpečení dodávky energie. Obecně lze říci, že tyto systémy jsou velice spolehlivé, ovšem když se stanou neprovozuschopné, což se může stát třeba zanedbanou údržbou, tak důsledky jejich poruchy jsou velmi vážné.

Toto se dodatečně jistí přímým přemostěním UPS (obtokový režim). To znamená, že máme v tomto případě zátěž, která není chráněna proti poruchám nebo výpadku napětí. A právě většina UPS systému jsou vybaveny paralelním obvodem, který v případě nouze poskytne alternativní cestu pro elektrickou energii.

Tou alternativní cestou myslím především další záložní jednotky. Vesměs se jedná o více jednotek paralelně umístěných.

## **Závěr**

V systémech UPS kromě operací nabíjení a vybíjení záleží také na tom jaké jsou ztráty naprázdno. V praxi jsou tyto ztráty velmi velké, protože UPS se nejčastěji nachází v systému zálohovaném. Z toho nám vyplývá, že další podstatnou věcí výkonností systémů uložení energie jsou měrné ztráty na Wh. Což je opět dlouhodobě z finančního hlediska velice zajímavé.

## Méně rozšířené skupiny záložních zdrojů

Postupem času a samozřejmě nových technologií se vyskytlo spousta nových alternativních možností záložních zdrojů. Myslím tím **setrvačníky**, **superkondenzátory** a jako novinka **supravodivé magnetické uchování energie**. Největší rozdíl mezi sekundárními bateriemi a těmito novými systémy je hlavně v uschované energii, která může být okamžitě dodána.

Zatímco sekundární baterie jsou schopné dodávky ve velice krátkých intervalech, jedná se o sekundy až maximálně minuty a pro dlouhé úseky od minut po hodiny tak tyto nové systémy mají možnost pracovat a dodávat do sítě elektrickou energii především na krátká časová období sekundy až desítky sekund pro snížení vlivu poklesu napětí a také pro pokrytí velmi krátkých přerušení napájení. Tyto nové systémy jsou trvale udržovány v nabitěm stavu a když dojde k poruše tak jsou vybíjeny na zátěž. Zároveň jsou velice rychle nabity a připraveny k dalšímu použití.

## Uchování energie stlačeného vzduchu (CAES)

### *Tlakovzdušné akumulací systémy*

Když nám dodává energii primární zařízení do zátěže, tak je možnost, že část nevyužitá energie ze zdroje se použije pro chod kompresorů, které vhánějí vzduch do velkých nádob, kde vzniká vysoký tlak.. Používá se také jako špičkové elektrárny. V tomto systému je energie ve formě stlačeného vzduchu použita k pohonu vzduchových turbín elektrických generátorů. Tyto systémy se mohou použít nejenom jako záložní zdroje, ale také jako zdroje pro špičkové zatížení.

### *Princip*

Vzduch je stále tlakován kompresorem na určitý tlak, dokud je dostupná elektrická energie. Tyto systémy jsou vybaveny vzduchovými nádržemi, kde se stlačený vzduch uchovává. Jakmile není dostupná elektrická energie, automaticky se přepne na tento systém. Doba přechodu je minimální, skoro nulová. Stlačený vzduch proudí přes generátor a tím pádem vyrábí elektrický proud.

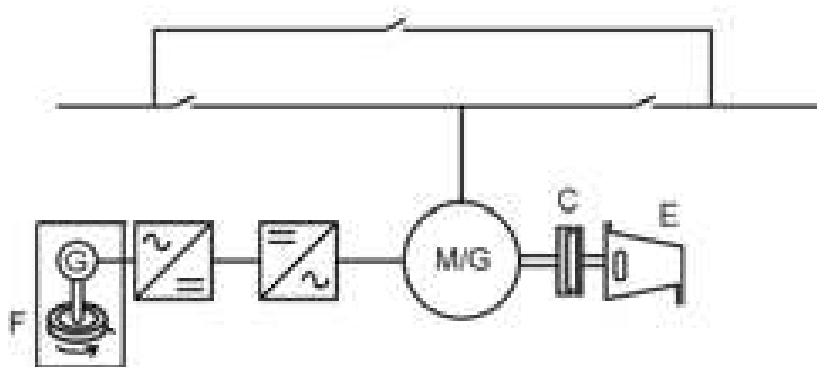
### *Použití*

Výkony se pohybují zpravidla od 10 – 100 KVA. Ovšem u tohoto záložního systému je třeba mít velikou nádobu na stlačený tlak. V praxi se to řeší tím, že se natlakují bývalé důlní prostory nebo zemní kapsy. Používá se jako záložní systém důlních eskalátorů.

## Setrvačníky

Použití tohoto záložního systému jsou možno u jakýkoliv motorgenerátorů. Principiálně uchovávají dlouhodobě elektrickou energii ze spuštění spalovacích motorů. Ovšem v tomto případě může být jen 5 procent energie použito přímo na výrobu elektrické energie ze setrvačníku.

Jestliže setrvačník myslíme jako zdroj energie je koncepce docela jiná. Setrvačník je nabíjen v tomto případě stále hlavním pohonem. Když se hlavní zdroj porouchá je energie ze setrvačníku dána pro generaci elektrické energie na proměnné frekvenci a napětí. To znamená nepříliš kvalitní energii.



- 1) F – setrvačnickový systém pro krátkou akumulaci
- 2) G – motorgenerátor pro setrvačnickovou akumulaci
- 3) M/G – motorgenerátor
- 4) Elektromagnetická spojka
- 5) Dieselmotor, nebo plynová turbína

Obr. 11 Kombinované schéma – systém setrvačnicku a motorgenerátoru

## Výroba

Setrvačnický se momentálně z velké většiny vyrábí z lehčími a menšími čokovitými setrvačnický z vyztužených plastů, které pracují s ložisky ve vakuu. Tím pádem se mohou více otáčet a více akumulovat energii.

Pro zajímavost – Rotor drží setrvačnick 0,6 kg kolem indukčních cívek a koná neuvěřitelných 1 milion otáček za minutu.

Dělíme dvě možné rozdělení setrvačnicků. Na vysokorychlostní setrvačnický a nízkorychlostní setrvačnický.

## Vysokorychlostní setrvačnický

Tyto vysokorychlostní setrvačnický jsme schopni zkonstruovat ze skla nebo uhlíkových vláken. V tomto setrvačnicku dochází k velkému tepelnému namáhání a také k velkým odstředivým silám a proto je tam trvalý magnet. Tyto setrvačnický jsou v provozu od 10000 až do 100000 otáček za minutu. Momentálně jsou k dostání na trhu s výkony okolo 250 kw až 8 MW. Rotor rotuje ve vakuu.

## Nízkorychlostní setrvačnický

Zatímco nízkorychlostní setrvačnický jsou v provozu okolo 6 000 otáček/minuta. V těchto setrvačnických je větší setrvačnický moment a tím pádem nám vychází také vyšší hmotnosti těchto setrvačnicků.

Všechny typy setrvačnicků jsou vyrobeny z oceli, nicméně v nízkootáčkových soustrojích není nezbytné aby se rotor pohyboval ve vakuu, může být použit plyn o nízké hustotě, pro případ snížení třecích ztrát. Tyto stroje mají buďcí vinutí na rotoru, tím pádem tyto vinutí vytvářejí ztráty tepelné, ovšem oproti vysokorychlostnímu setrvačnicku zde můžeme regulovat otáčky.

Nízkorychlostní stroje mohou dosahovat jmenovitých výkonů až do 2 MVA a dodávají energii 1 – 30 vteřiny. Mohou být použity spolu s tradičními generátory a mohou být řazeny paralelně vedle sebe. Zvýší účinnost celého systému. Setrvačnický poskytují energii mezi přerušením veřejného napětí a obnovením napájení a nebo začátkem působení dostatečného záložního zdroje energie.

## **DYBAT**

Existuje třeba systém DYBAT, dokáže dodávat do sítě 70kW po dobu 30s. Tento záložní systém má naprázdno okolo 20 000 otáček za minutu. Tento systém má velice dobrou účinnost (cca 80 procent), tím pádem jsou zatím nejlepší alternativa, protože překonávají ve většině případů akumulátory. Samozřejmě se mohou tyto stroje paralelně zálohovat s bateriemi.

## **Budoucnost setrvačníků**

Ve vývoji je takový setrvačník, že jeho rotor se točí ve vakuu a je magneticky nadnášen – tím pádem dochází k malému tření. Součástí rotoru jsou permanentní cívký, které ho roztáčejí nebo když brzdí tak generují proud v cívkách. Toto všechno hlídá elektronický systém, který zajišťuje plnohodnotnou funkci systému.

## **Superkondenzátory (ultrakondenzátory)**

Jsme u dalšího zajímavého záložního zdroje. Mají extrémně vysokou kapacitu, díky používání aktivního uhlíku a také uhlíkových vláken. Jsou to tzn. elektrodové materiály. Tyto kondenzátory slouží především jako záložní zdroje stejnosměrných systémů a poskytují elektrickou energii obzvláště během krátkodobých výpadků energie.

Kombinací super kondenzátorů s UPS akumulátorů jsou sníženy cykly baterií, protože tyto baterie poskytují energii při dlouhodobějších výpadcích a prodlužujeme tím jejich dobu životnosti. Toto je prakticky jediný způsob jak skladovat energii v elektrickém náboji. Mají nepatrný vnitřní odpor, tak se energie dostane ven velice rychle. Vlastnostmi těchto super kondenzátorů jsou něco mezi bateriemi a kondenzátory. U těchto superkondenzátorů je dána velice velká kapacita tím, že jsou ze speciálního materiálu elektrody s velkým povrchem, tím pádem vzdálenost mezi nabitými vrstvami je velice malá. Tím pádem nám vzniká kapacita cca tisíce faradů, více než u normálních kondenzátorů.

## **Princip**

Tímto se tyto systémy používají i pro pokrytí špičkových cyklů u elektronických zařízení. Nicméně tyto superkondenzátory jsou stále ve vývoji.

Očekává se, že v budoucnosti budou velice často používané a že to budou velice výkonné zdroje záložní energie. Superkondenzátory nemají nedostatky jako baterie, nicméně mají schopnost rychle vydat a akumulovat elektrickou energii, dále bych mohl pokračovat tím, že mají mnohem delší životnost než baterie a nejsou tak moc citlivé na teplotu prostředí a navíc nevyžadují skoro žádnou údržbu. Ovšem cena těchto zařízení zatím velká, ovšem s velkou produkcí rychle klesá.

## **Skladování energie**

Dále bych se částečně zaobral skladování energie. Protože toto téma je velice důležité a zároveň je na něj kladen velký důraz obzvláště v poslední době. Momentálně známe setrvačnický, baterie v různých formách (např. ultrakapacity).

Ultrakapacity uchovávají energii ve svém elektrickém poli. Prakticky generuje elektrickou energii mezi dvěma kovovými deskami, které jsou paralelně. Tyto kondenzátory a jejich druhy se dělí na 3, každý má jinou kapacitu.

### **Podskupiny ultrakapacitorů**

- a) klasické standardní kondenzátory
- b) dvouvrstvý kondenzátor
- c) dvouvrstvý kondenzátor s uhlíkem nano-trubic elektrody



## Použití

Superkondenzátory by se měli nejlépe použít se sekundárními bateriemi jako systém záložního napájení a nebo pro pokrytí krátkodobého nebo přechodného stavu a samozřejmě k větší životnosti baterie. Mají vysokou životnost a účinnost, ovšem mají nejnižší poměr uložené energie na váhu.

## Záložní zdroje se supravodivými magnetickými systémy (SMES)

Pod tímto systémem si můžeme představit energii, která se uchovává v magnetickém poli velké cívky se stejnosměrným proudem a poté může být převeden na střídavý, jak je u některých přístrojů požadováno.

Samozřejmě se tyto systémy musí chladit nejlépe tekutým heliem, aby měli tyto systémy velkou účinnost. Tyto systémy již dnes jsou k zakoupení. Ovšem jsou poměrně finančně náročné. Nicméně existují také systémy vysokoteplotní supravodivé, které se chladí tekutým dusíkem a které mohou být účinnější. Nicméně momentálně jsou stále ve vývoji a počítá se s nimi v budoucnosti.

## Princip

Stejný proud cirkuluje v uzavřené supravodivé cívce. energii získáme tak, že opakovaně otevíráme a zavíráme polovodičovým spínačem průchod proudu. Cívka se díky své velké indukčnosti chová jako zdroj a nabíjí přilehlý kondenzátor z něhož jde energie do inventuru, který vyrábí požadované střídavé napětí.

## Závěr

Výkony těchto systémů se pohybují od 1 až do 100 MW. Doba přechodu 0,1 – 1 sekunda. Účinnost nad 95 procent a doba nabíjení a vybíjení je extrémně malá.

## Shrnutí krátkodobých záložních zdrojů energie

Musím opět dodat, že krátkodobé záložní zdroje energie jsou stále hodně ve vývoji. Takže logicky jsou náklady na tyto zařízení obecně velmi velké. Ovšem v blízké budoucnosti se počítá s zlepšením materiálů, návrhů a zlepšenou výrobou a to vše s sebou přinese finanční pokles cen těchto systémů.

Typ záložního zdroje	Měrné ztráty	Samovybíjecí čas
Supravodivé magnetické systémy (SMES)	35 W	1,7 minuty
Nízkootáčkové setrvačníky (LSFW)	2,2 W	30 minut
Akumulátorové baterie (SB)	0,023 W	Několik měsíců
Vysokootáčkové setrvačníky (HSFW)	1,2 W	50 minut
Superkondenzátory (SC)	0,026 W	1,6 dne

Tab. 5 Shrnutí krátkodobých záložních systémů

## Zálohované zdroje

Tyto zdroje záložního systému jsou na nepřetržitou dodávku napětí do systému. Ke svému chodu potřebují baterii o 12 nebo 24 V stejnosměrného napětí. Zde máme nadstandardně vybaveno signalizační výstupy spolu s odpojovačem akumulátoru. Tento systém je vytvořen především pro záložní systém nouzového osvětlení, nebo se běžně využívá

také jako nabíječka pro akumulátory. Skládá se z elektronického modulu a akumulátoru ve svítidle, nebo v záložním obvodu. Má dva pracovní režimy

**a) Osvětlení stálé a nouzové**

**b) Osvětlení pouze nouzové**

Tento systém se uplatňuje pro nouzové osvětlení a osvětluje únikovou cestu ven z objektu. Ovšem po čase se musí doplňovat tekutiny do baterií. Nouzové osvětlení svítí po dobu výpadku energie, v praxi se běžná doba udává okolo 60 minut svícení a po 6 hodinách se to znova nabije.

### ***Teoretický příklad záložního systému***

Pro příklad jedna velká pražská fakultní nemocnice:

Z pohledu záložních systémů se přivádí do areálu 2 různé soustavy elektrické energie z dvou rozvodů. Pokud se přeruší dodávka z jedné, tak se během 5 minut rozjede dodávka z druhé rozvodny.

Obecně mají nemocnice vlastní distribuční soustavu elektrického proudu, do které samozřejmě může vyrábět záložní systém. V těchto areálech se používají především diesel agregáty. Tyto stroje jsou tak mohutné, že samotný rozběh jim zabere okolo 20 minut času. V každé nemocniční budově jsou i zálohované rozvaděče pro případ poruchy, nicméně jsou dimenzovány na vysoké nároky z důvodu modernizace strojů a zařízení.

Rád bych podotknul, že průměrná nemocnice má odběr okolo 1,5 MW. Záložní zdroje energie fungují v případě výpadku velice rychle aby neohrozili životy pacientů apod. Řádově se doba naběhnutí pohybuje okolo 0 – jednotky sekund – toto zařizují systémy UPS, které standartně vydrží pokrýt spotřebiče energií okolo 3 hodin. Tím jsou myšleny především zařízení na operačních sálech, jednotky intenzivní péče apod.

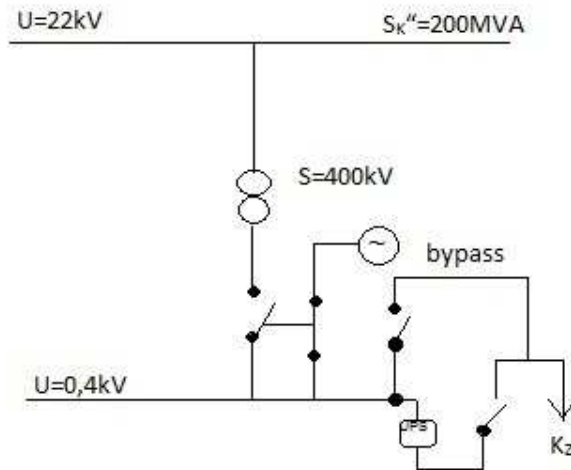
Ovšem závěrem bych řekl, že tyto systémy jsou od sebe odděleny a to je velice důležité, neboť v tomto případě nemůže dojít k poruše, nebo zkratu, který by eventuelně mohl ohrozit jiný systém. Ovšem pro porovnání, energie ze záložních zdrojů je poměrně drahá (stojí okolo 30 Kč), namísto toho energie ze sítě stojí nemocnici okolo 2 korun.

### **Budoucnost záložních systémů**

V blízké budoucnosti se také počítá s návrhem, že bateriové záložní systémy by nemusely být nutně napájeny pouze z těchto zdrojů energie. Velice se uvažuje o tom, že tyto záložní systémy by mohli být napájeny také tzn. Hybridním napájecím systémem. Zpravidla se jedná o napájení obnovitelnými zdroji energie. Mohly by být napájeny třeba paralelní spoluprací větrných a fotovoltaických elektráren. Tyto systémy ovšem nemohou sloužit pokaždé když potřebujeme, proto se přidává paralelně záložní systém, který není ovlivněn okolními venkovními vlivy. V neposlední řadě se bude v budoucnosti dbát na efektivnější záložní systémy například ve vodíkových systémech.

## Příklad

**Návrh záložního napájení pro průmyslový provoz napájený ze sítě 22kV ( $S_k''=200\text{MVA}$ ) transformátorem 400kVA.**



### Nekritická zátěž:

250kW  
 $\cos \varphi=0,8$   
 $\beta=0,8$   
 $\text{THD}_I=5\%$

### Kritická zátěž:

- ventilátor pro odvětrávání místnosti s UPS:
  - $P_m=5\text{kW}$
  - $\varphi=0,9$
  - $\cos \varphi_n=0,85$
  - $\cos \varphi_r=0,3$
  - $i_K=5$
- nouzové osvětlení:
  - 4kW
  - $\cos \varphi =0,9$
- systém IT:
  - 1KW
  - $\cos \varphi =0,8$

Kritická zátěž napájena z UPS.

V případě vypnutí transformátoru bude napájení celé zátěže zajišťovat elektrocentrála (diesel) – připne se ručně.

Nadimenzovat připojení kabelu k centrále.

**1) Návrh UPS**

Kritická zátěž:

a) pro motory:  $P_n = 5 \text{ kW}$ 

$$\eta = 0,9$$

$$\cos \varphi_n = 0,85$$

$$\cos \varphi_{str} = 0,3$$

$$i_k = 5$$

$$P_1 = \frac{P_n}{\eta} = 5,555 \text{ kW}$$

$$Q_1 = P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi = 3,442 \text{ kVAr}$$

$$S_1 = \frac{P_n}{\cos \varphi \eta} = \frac{5000}{0,85 \cdot 0,9} = 6,536 \text{ kVA}$$

b) pro nouzová osvětlení:  $P_2 = 4 \text{ kW}$ 

$$\cos \varphi = 0,9$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,48$$

$$P_2 = 4 \text{ kW}$$

$$Q_2 = P_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi = 4000 \cdot 0,48 = 1,937 \text{ kVAr}$$

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = 4,444 \text{ kVA}$$

c) pro IT systémy:  $P_3 = 1 \text{ kW}$ 

$$\cos \varphi = 0,8$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,75$$

$$P_3 = 1 \text{ kW}$$

$$Q_3 = P_3 \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1000 \cdot 0,75 = 750 \text{ Var}$$

$$S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2} = 1,250 \text{ kVA}$$

Celkový činný výkon pro kritickou zátěž:

$$P_c = P_1 + P_2 + P_3 = 5,555 + 4 + 1 = \mathbf{10,555 \text{ kW}}$$

Celkový jalový výkon pro kritickou zátěž:

$$Q_j = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 3,442 + 1,937 + 750 = \mathbf{6,129 \text{ kVAr}}$$

Celkový zdánlivý výkon pro kritickou zátěž:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 = 6,535 + 4,444 + 1,250 = \mathbf{12,229 \text{ kVA}}$$

Celkový proud:

$$I = \frac{S}{U \cdot \sqrt{3}} = \frac{12,229}{0,4 \cdot \sqrt{3}} = \mathbf{17,64 \text{ A}}$$

Celkový  $\cos \varphi$ :

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \mathbf{0,86}$$

Navrhnul jsem UPS typ FT 15 od firmy Eurosystems

Parametry UPS:            S = 15 kVA  
                                   P = 13,5 kW  
                                   cos φ = 0,99  
                                   THDi = 3%

Výpočet deformačního faktoru:       $W = \left(\frac{100}{100+THDi}\right)^2$  – viz tabulka pro jednotlivá THDi

THDi	W
3%	0,95
5%	0,99
8%	0,86
10%	0,83

Použiji deformační faktor  $W = 0,95$

Výpočet činného a zdánlivého výkonu UPS:

$$P_{UPS} \cong \frac{P_Z}{W}$$

$$P_{UPS} \cong 13288$$

$$\mathbf{13500 \cong 13288}$$

$$S_{UPS} \cong \frac{P_{UPS}}{\cos\phi_{UPS}}$$

$$15000 \cong 13422$$

$$\mathbf{S_{UPS} \cong S}$$

$$P_Z = \frac{P}{W}$$

$$P_Z = \frac{10555}{0,95}$$

$$\mathbf{P_Z = 11,111 kW}$$

$$p = \frac{\cos\phi_Z}{\cos\phi_{UPS}}$$

$$p = \frac{0,8}{0,99}$$

$$\mathbf{p = 0,8}$$

$P_Z$  - nelineární příkon

$P$  – požadovaný výkon

$W$  – deformační faktor

$p$  – využití faktorů

**2) Návrh celkového diesel agregátu**

Nekritická zátěž:

$$P_n = 250 \text{ kW} \quad \beta = 0,8 \quad \text{tg } \varphi = 0,75$$

$$\cos \varphi = 0,8 \quad \text{THD}_i = 5$$

$$P_4 = P_n \cdot \beta = 200 \text{ kW}$$

$$Q_4 = P_4 \cdot \text{tg } \varphi = 150 \text{ kVAr}$$

$$S_4 = \sqrt{P_4^2 + Q_4^2} = 250 \text{ kVA}$$

Vyjádření deformačního faktoru:

$$W = \left( \frac{100}{100 + \text{THD}_i} \right)^2 - \text{viz tabulka pro jednotlivá THD}_i$$

THD <sub>i</sub>	W
3%	0,95
5%	0,99
8%	0,86
10%	0,83

Použiji W = 5% → 0,91

Vypočítám P s deformačním faktorem:

$$P_D = \frac{P_4}{W} = 220 \text{ kW}$$

$$Q_D = P_D \cdot \text{tg } \varphi = 164 \text{ kVAr}$$

$$S_D = 274,901 \text{ kVA}$$

Dále celkový a P a S a cos φ:

$$P = 13,5 \text{ kW} + 220 \text{ kW} = 233,5 \text{ kW}$$

$$S = S_D + S_{\text{UPS}} = 15 + 274,901 = 289 \text{ kVA}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = 0,8$$

A tak navrhuji dieselagregátor typ EDV 360 od firmy Eurosystems s parametry:

1. režim standby:  $P = 264 \text{ kW}$   
 $S = 330 \text{ kVA}$

2. režim stálého chodu:  $P = 240 \text{ kW}$   
 $S = 300 \text{ kVA}$

### 3) Dimenzování kabelu k dieselagregátu

Volím měděný kabel s PVC izolací s průměrem 240 mm<sup>2</sup>.

$$I_p = \frac{S}{U \cdot \sqrt{3}} = \frac{330}{0,4 \cdot \sqrt{3}} = 476 \text{ A} \quad k_1 = 1$$

$$I_{Nmin} = \frac{I_p}{k_1 \cdot k_2} = \frac{476}{1 \cdot 0,93} = 511 \text{ A} \quad k_2 = 0,93$$

$$I_N > I_{Nmin} \quad I_N = 563 \text{ A}$$

Výpočet dovoleného úbytku napětí:

$$\begin{aligned} \Delta U &= 5\% & l &= 50 \text{ m} \\ \sin \varphi &= 0,6 & R &= 0,09 \ \Omega \\ \cos \varphi &= 0,8 & X &= 0,07 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta U &= R \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot l \cdot \sin \varphi \\ \Delta U &= 0,09 \cdot 476 \cdot 0,05 + 0,07 \cdot 476 \cdot 0,05 \cdot 0,6 \\ \Delta U &= 1,71 + 0,9 \\ \Delta U &= \mathbf{2,7 \text{ V} \rightarrow 0,38\%} \end{aligned}$$

Výpočet zkratového účinku:

$$X_G = 0,12 \quad S = 330 \text{ kVA}$$

$$I_K = \frac{c \cdot U_n}{X_G \cdot \sqrt{3}} = 2116 \text{ A}$$

Počítám s příspěvkem motoru:

$$\begin{aligned} K_e &= 1,02 & I_{KE} &= I_K \cdot K_e = 12955 \text{ A} \\ K &= 73 & t_K &= 1 \text{ s} \end{aligned}$$

$$Z_K = \frac{1}{i_K} + \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{1}{5} + \frac{0,4^2}{6,535 \cdot 10^{-3}} = 4,9 \ \Omega$$

$$I_K = \frac{c \cdot U_n}{Z_K \cdot \sqrt{3}} = 52 \text{ A}$$

$$S_{min} > S = \frac{I_K \cdot \sqrt{t_K}}{K} = 30 \text{ mm}^2 < 240 \text{ mm}^2$$

**4) Dimenzování vodiče k UPS**

Volím měděný kabel s PVC izolací s průměrem 16 mm<sup>2</sup>.

$$I_p = \frac{S}{U \cdot \sqrt{3}} = 17,64 \text{ A}$$

$$k_1 = 1$$

$$I_{Nmin} = \frac{I_p}{k_1 \cdot k_2} = 18,56 \text{ A}$$

$$k_2 = 0,95$$

$$I_N > I_{Nmin}$$

$$I_N = 67 \text{ A}$$

Výpočet dovoleného úbytku napětí:

$$\Delta U = 5\% \quad l = 50 \text{ m}$$

$$\sin \varphi = 0,51 \quad R = 0,62 \ \Omega$$

$$\cos \varphi = 0,86 \quad X = 0,13 \ \Omega$$

$$\Delta U = R \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot l \cdot \sin \varphi$$

$$\Delta U = 0,62 \text{ V}$$

$$\Delta U = \mathbf{0,62 \text{ V} \rightarrow \mathbf{0,26\%}}$$

Výpočet zkratového účinku:

$$X_G'' = 0,12 \quad S = 330 \text{ kVA}$$

$$X_V = X \cdot l = 0,035 \ \Omega$$

$$X_C = X_G'' + X_V = 0,155 \ \Omega$$

$$I_K'' = \frac{c \cdot U_n}{X_G'' \cdot \sqrt{3}} = 1638,9 \text{ A}$$

Počítám s příspěvkem motoru:

$$K_e = 1,04 \quad I_{KE} = I_K'' \cdot K_e = 1704,4 \text{ A}$$

$$K = 73 \quad t_K = 0,5 \text{ s}$$

$$Z_K = \frac{1}{i_K} + \frac{U_n^2}{S_n} = 4,9 \ \Omega$$

$$I_K'' = \frac{c \cdot U_n}{Z_K \cdot \sqrt{3}} = 52 \text{ A}$$

$$S_{min} > S = \frac{I_K'' \cdot \sqrt{t_K}}{K} = \mathbf{15,86 \text{ mm}^2} < \mathbf{16 \text{ mm}^2}$$



## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo seznámit čtenáře s hlavními a nejpoužívanějšími systémy záložního napájení. V této práci jsem uvedl stručnou historii těchto systémů, jejich rozdělení a topologii.

Dále jsem poměrně podrobně rozebral jednotlivé druhy systémů. Jedná se zejména o generátory, akumulátorové systémy a nejvíce mé pozornosti si zasloužil systém UPS, který si myslím je z pohledu zálohy energie nejefektivnější. Dále jsem se zaměřil na jiný způsob zálohování energie a to na tzn. zásobníky energie. To jsou superkondenzátory, systémy stlačeného vzduchu (CAES), setrvačníky, které uchovávají energii v rotačním pohybu a další zařízení.

V tomto dokumentu jsem dále napsal použití jednotlivých strojů, které jsou vhodnější na citlivé systémy a které se mohou použít v nemocnicích nebo průmyslových podnicích. Na konci této práce se věnuji již jen návrhu záložního zdroje dle zadání.

Dále jsem v této práci uvedl příklad na záložní systém. Vypočetl a navrhl jsem záložní diesel-agregát a k tomu také UPS systém pro záložní napájení daného obvodu. Poté jsem navrhl a dimenzoval kabely jak k elektrocentrále tak i k systému UPS. Jsem velice rád, že jsem si mohl vyzkoušet postupy výpočtů těchto zařízení, které se vyskytují běžně v praxi.

V dnešní době se lidé snaží udělat zařízení o velké pracovní spolehlivosti, životnosti a za nejmenší možnou cenu, takže je velice nesnadné nalézt optimální cestu pro efektivní a zároveň finančně optimální systém záložního napájení. Věřím, že moje bakalářská práce mi pomůže tyto systémy charakterizovat, utřídit a pomoci řešit technicko-ekonomické výzvy spočívající v návrhu systému záložního napájení.

## Seznam použité a citované literatury

<http://www.medportal.cz/>

<http://www.eurosystems.cz/>

<http://www.wikipedia.cz/>

<http://www.eaton.cz>

<http://www.eon.cz>

<http://3pol.cz/>

<http://www.alen.cz/>

[http://www.dedalebeda.wz.cz/skola/upload/02FM1/super\\_capacitor.pdf](http://www.dedalebeda.wz.cz/skola/upload/02FM1/super_capacitor.pdf)

<http://www.nktcables.cz/>

Bomáč a Dembovský: Elektroenergetika

## Seznam grafických příloh

Obr. 1 Účinnost produkce při poruše napájení

Obr. 2 Příklad aktivních záloh

Obr. 3 Generátorová soustrojí se setrvačníky

Obr. 4 Různé možnosti zdrojů s bateriovými záložními zdroji energie

Obr. 5 Klasické paralelní zapojení UPS

Obr. 6 Typické zapojení jednodílné jednotky

Obr. 7 Zapojení více paralelních UPS

Obr. 8 Pasivně pohotovostní UPS

Obr. 9 Síťové interaktivní UPS

Obr. 10 UPS s dvojitou konverzí

Obr. 11 Kombinované schéma – systém setrvačníku a motorgenerátoru

## **Seznam tabulek**

Tab.1 Požadavky na záložní systém

Tab. 2 Hlavní typy záložních systémů

Tab. 3 Hlavní parametry baterií

Tab. 4 Klasifikace UPS

Tab. 5 Shrnutí krátkodobých záložních systémů