

# Zdroje špičkovej energie a energetické úložiská

Energie z obnoviteľných zdrojov v mnohých prípadoch nie sú k dispozícii v okamihu, keď ich najviac potrebujeme. Ako príklad je možné uviesť fotovoltaické a veterné elektrárne, či solárne ohrevy. V zariadeniach, kde je nutná trvalá dodávka energie sa na takýto zdroj energie spoľahnúť nedá. Svetová veda a technika stojí teda pred problémom, ako energiu získanú z obnoviteľných zdrojov uskladniť a využiť v požadovanom čase neskôr. Aby bolo do budúca možné masívnejšie využívať energie z obnoviteľných zdrojov, je potrebné zvládnuť uloženie tejto energie technickými prostriedkami.

Uskladnenie elektrickej energie umožňuje výrobcovi elektrickej energie poslať prebytok vyrobenej elektrickej energie cez sieť elektrických vedení na dočasné uloženie do tzv. energetických úložísk. Tieto úložiská sa v čase väčšieho dopytu po elektrickej energii stávajú zdrojom energie. Úložiská tiež optimalizujú produkciu energie ukladaním nespotrebovanej špičkovej elektrickej energie, ktorá sa využije v čase špičkového odberu. Úložisko sa tak stáva jedným obrovským akumulátorom energie - batériou. Elektrická energia získaná napríklad z fotovoltaiky alebo veterných parkov môže byť potom akumulovaná do úložiska pre špičkovú alebo nočnú spotrebu.

Pre veľkú, finančne nákladnú jadrovú alebo uhoľnú elektrárňu je optimálne, aby pracovala s vyváženým výkonom, čo je v nočnej prevádzke, keď podniky a domácnosti potrebujú približne polovicu svojho denného maxima, problém splniť. Z toho vyplýva, že energie je v noci prebytok, preto je aj „nočná“ elektrická energia lacnejšia.

Využitie prebytočného výkonu takýchto elektrární pomáha v noci napríklad prečerpávacími hydroelektrárnami na prečerpanie vody z nižšie položených do vyššie položených priehrad. Týmto efektívnym spôsobom je elektrická energia akumulovaná (uložená) v potenciálnej energii vody. Ak neskôr bude spotreba el. energie na vrchole svojho maxima (špičkový odber), alebo kedykoľvek nastane požiadavka na okamžitú dodávku väčšieho množstva el. energie, prečerpávacími hydroelektrárnami sa stane zdrojom el. energie.

Vhodne zvolenými technickými a ekonomickými prostriedkami je teda možné vytvoriť úložisko elektrickej energie pre potrebu špičkových alebo zálohových odberov. Z viacerých možností, ktoré nám dostupná úroveň techniky ponúka, vyberieme nasledovné:

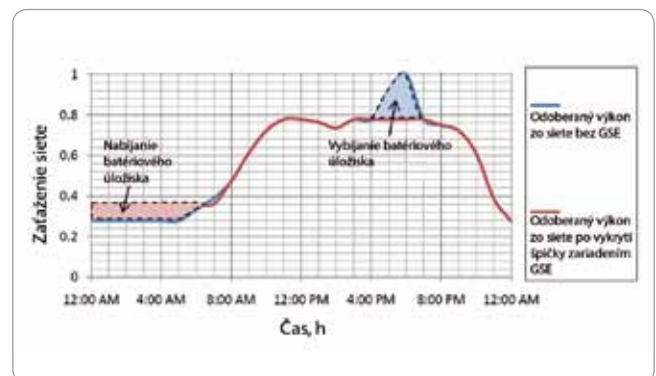
- **Prečerpávanie vody** – bolo spomenuté v predchádzajúcom príklade
- **Stlačený vzduch** – zatiaľ sa používa málo, jedná sa o stlačenie vzduchu kompresormi pomocou lacnej (nočnej) energie s následným využitím pohonu turbín v čase špičky
- **Teplé úložisko** – využitie rastie, len je spojené s dosť vysokými finančnými nárokmi, funguje na princípe ohrevu transformátora oleja pomocou solárnych zrkadiel s následným uskladnením v podzemných tepelne izolovaných nádržkách. V čase špičky sa toto médium využije na pohon turbíny a generátora. Oplatí sa budovať pre veľké farmy a v miestach s dobrými slnečnými podmienkami.
- **Zotrvačnické úložisko** – perspektívne sa rozvíjajúce technické úložisko s množstvom výhod. Jedná sa o vysokoobrátkové zotrvačnické s 30 000 až 100 000 ot/min. Ložiská týchto zotrvačnickov vyžadujú magnetické závesy a vlastný zotrvačnický pracuje zvyčajne vo vákuu.
- **Supravodivá magnetická energia** – jej využitie je obmedzené veľmi vysokými finančnými nákladmi
- **Vodík** – ukazuje sa ako jedno zo sľubných sa rozvíjajúcich odvetví. Momentálne sa účinnosť vodíkových systémov v celom cykle (elektrina – vodík – elektrina) pohybuje od 40 do 60 %. Ekonomika závisí od spôsobu výroby vodíka. Zrejme, ak by sa aj automobilový priemysel začal orientovať smerom k vodíkovým pohonom, budú sa výraznejšie hľadať ekonomické spôsoby výroby a bezpečné uskladnenia vodíka. V súčasnosti sa javí ako veľmi perspektívny vynález nemeckého pôvodu: karbazol – kva-palina, ktorá dokáže na seba viazať vodík, v palivovom článku ho odovzdávať a vyrábať z neho elektrickú energiu. Karbazol je len nosič energie – pri procese sa nespotrebuje a jeho veľkou výhodou je, že aj nasýtený vodíkom je nevybušný. Tento princíp

bol vyvinutý hlavne pre automobilový priemysel, ale je veľkým predpokladom jeho využitia na bezpečné uskladnenie vodíka aj v energetike.

- **Elektrické akumulátorové batérie** – u nich problematiku rozvedieme podrobnejšie, nakoľko technológie výroby batérií sa v poslednom období výrazne posunuli smerom dopredu. Súvisí to aj s blížiacim sa prechodom automobilového priemyslu na elektrické (hybridné) pohony. Väčšia sériovosť výroby a väčšie prostriedky vložené do ich vývoja otvárajú ďalšie možnosti pre znižovanie ceny batérií a vylepšovanie ich technických parametrov. Paralelne s nasadzovaním výkonných akumulátorov ako zdrojov elektrickej energie ide aj perspektívny trend využitia energie z nabitých superkapacitorov hlavne pre vykrytie krátkodobých špičiek. Znižovaním cien batérií, znižovaním ich hmotnosti a vylepšovaním ich kvality sa otvárajú dvere aj použitiu týchto batériových systémov ako pomocný zdroj napájania budov a priemyselných podnikov.
- **Batérie** boli používané už v raných začiatkoch používania elektrických prístrojov, ale pre rôzne problémy (vetranie nabíjarní, bezpečnosť pri práci...) sa využitie batériových systémov obmedzilo. Dnes vďaka výraznému pokroku v technológiách výroby sa batérie ako zdroj energie začínajú objavovať opäť. Mnoho domácich systémov bez prístupu k energetickým sieťam (rovnako ako väčšina telefónnych systémov) sa spolieha na energiu z batérií – tzv. ostrovné systémy. V ostrovných systémoch do 100 kVA sa darí riešiť dodávku elektrickej energie kombináciou rôznych zdrojov pripojených k centrálnej výkonovej jednotke (invertor s riadiacim systémom obsluhy zariadení). Pod rôznymi zdrojmi v ostrovných systémoch môže ísť o batérie, fotovoltaické, veterné, vodné elektrárne, spaľovací motorgenerátor a pod.

Skladovanie veľkého množstva energie pre priemyselné využitie sa už vo vyspelých krajinách dostáva do praxe. Cena batérií neustále klesá pri ich rastúcich technických parametroch (vysoký počet nabíjajúcich cyklov, kapacita, bezúdržbovosť, životnosť).

Pre rozsiahle ukládanie energie sa používajú prietokové batérie. Ide o batérie s prvkami sodík-síra, ktoré môžu byť pomerne lacné pre použitie vo veľkom rozsahu v sieťach energetických úložísk. Tieto batérie sú už používané pre energetické úložiská v Austrálii, Írsku, Japonsku a v Spojených štátoch (výkony od 12 do 24 MW) Obrovskou výhodou je, že úložisko na báze prietokových batérií má relatívne dobrú účinnosť t. j. v porovnaní: Li-ion batérie okolo 90 % a prietokové batérie cca 80 – 85 %.



Odhadované zaťaženie siete s inštalovaným batériovým úložiskom

Ďalšiu možnosť nasadzovania batériových úložísk ponúka priamo rozvíjajúci sa automobilový priemysel smerom k elektrickým pohonom. Každý automobil obsahujúci batériu pre pohon možno zmeniť na zdroj energie napájajúci sieť pre vybalansovanie spotreby v sieti, alebo v prípade naliehavého odberu energie v sieti (vykrytie špičkového odberu), alebo ako zálohu pri totálnom výpadku.

## Ekonomika

Vo všeobecnosti platí, že úložisko energie je ekonomické vtedy, keď cena energie (elektriny) z úložiska je vyššia ako cena energie spotrebovaná pri jej uložení do batérií (úložiska).

Úložisko energie funguje na princípe zabezpečenia lacného uloženia energie v čase nadvýroby z klasických elektrární (zvyčajne v noci) a spätnej dodávky špičkovej (podstatne drahšej) energie v čase potreby.

Pre podniky malého a stredného rozsahu odberov (100 až 5000 kVA) už môže byť takéto úložisko zaujímavé aj s ohľadom na dohodnuté odberové diagramy s rozvodnými závodmi. Tu je treba ekonomicky každú situáciu posúdiť zvlášť. U niektorého podniku môže byť prioritou neobmedzovanie výroby, (napr. výroba potravín, biotechnológie, strojárské linky, odpojovanie zariadení, ktoré by mohli ohroziť zdravie ľudí...), u iného zníženie platieb za dohodnuté diagramy, prípadne iný dohodnutý odberový diagram, nakoľko si bude vedieť pokryť špičkovú energiu z vlastného zdroja.

Ak nie je možné urobiť opatrenie na odpojenie spotrebičov z uvedených dôvodov neostáva podnikateľovi nič iné, len zvýšiť technické maximum odberu do vyššej hladiny. Keďže za prekročenie dohodnutých odberov sú vysoké penalizácie, v každej väčšej výrobnej ale aj nevýrobnej prevádzke je nutné veľmi dôkladne sa pozrieť na dohodnuté odberové diagramy, na dohodnutú rezervovanú kapacitu a na časový priebeh skutočného odberu elektrickej energie. Na základe rozboru situácie by malo nasledovať ekonomické vyhodnotenie, či je vhodné zmeniť dohodnutú rezervovanú kapacitu na inú hodnotu, resp. odstrániť špičkový odber odstavením časti výrobnej technológie (napr. ventilácia, kúrenie), alebo vyriešiť kompenzáciu odberných špičiek nákupom vhodného zariadenia, ktoré dokáže dodať potrebnú špičkovú energiu do siete a tým umožní neprerušovanú činnosť výroby bez penalizácie za prekračovanie dohodnutých odberových diagramov rozvodnými závodmi.

## Modelovanie nasadenia GSE

Na dvoch modelových príkladoch ukážeme ekonomický rozbor možného nasadenia generátora špičkovej energie (GSE) na vykrytie odberu špičkového výkonu.

V príkladoch je uvedené použitie GSE na princípe uloženia elektrickej energie v akumulátorových batériách s elektronickým riadeným striedačom, umožňujúcim dodávku do podnikovej elektrickej siete v potrebných okamihoch na základe povelov z riadiaceho dispečingu alebo na základe príslušného riadiaceho systému.

V cenách neuvádzame cenu za odobranú energiu (ktorá pri výpočte návratnosti GSE nemá uplatnenie), ale len platby za dojednaný odobraný výkon.

### Cena za rezervovanú kapacitu:

RK = rezervovaná kapacita

MRK = maximálna rezervovaná kapacita = technické maximum

### Platby za RK podľa doby dohodnutej platnosti:

12 mesačná: cena 5,35 € /kW

3 mesačná kvartálne: cena 6,16 € /kW

1 mesačná platnosť: cena 7,0 € /kW

### Cena za ¼ hodinové maximum:

V prípade, že ¼ hodinové maximum prekročí RK je poplatok mesačne 33,- € / za každý kW

V prípade, že ¼ hodinové maximum prekročí MRK je poplatok mesačne 99,- € / za každý kW

## Príklad A: Čistička odpadových vôd, pri silnej búrke (cca 2-krát do roka) sa prudko zvyšuje potrebný výkon čerpadiel

- Zmluvne dojednané RK = 200 kW
- Zmluvne dojednané MRK = 500 kW

V priebehu roka 2 x ¼ hodinové maximum priemerne vyskočí na 400 kW

(V prípade, že by ¼ hodinové maximum vyskočilo na 400 kW počas 3 alebo viac mesiacov, je už výhodnejšie dojednať zvýšenie RK.)

Výnimočne 1 x do roka ¼ hodinové maximum vyskočí na cca 520 kW)

Ceny za ¼ hodinové maximá v priebehu kalendárneho roku = 25 740,- €

2 mesiace je ¼ hodinové maximum 400 kW

2 x (400 – 200 kW) x 33 € = 13 200,- €

1 mesiac je ¼ hodinové maximum 520 kW

1 x (520 – 200 kW) x 33 € + 1 x (520 – 500 kW) x 99 € = 10 560 € + 1 980 € = 12 540,- €

Nasadenie GSE v príklade A:

Nasadenie GSE odstráni platby za ¼ hodinové maximá nad RK aj nad MRK

Vstupné náklady: 3 x GSE 400/100 kW v predpokladanej cene: 3 x 45 000,- € = 135 000,- €

Návratnosť: 5,2 roka

## Príklad B: Strojárska firma, niekoľkokrát denne sa výkonovo prelínajú technológie výroby

### Priemerný odber 450 kW

### MRK – technické maximum je 600 kW

Špičkový denný odber 540 kW – 2 x denne po cca 10 min (v rámci ¼ hodinového maxima)

Špičkový ročný odber 730 kW – 2 x ročne ¼ hodinové maximum  
Doporučujeme zmluvne dojednať: Zmenu RK za 450 kW na 540 kW

(pri RK = 450 kW niekoľkonásobne viac stojí prekročenie ¼ hodinového maxima na 540 kW)

Ceny za ¼ hodinové maximá v priebehu kalendárneho roku = 41 880,- €

12 mesiacov je ¼ hodinové maximum 540 kW, zvýšenie RK z 450 na 540 je v nákladoch:

12 x (540 – 450 kW) x 7 = 7560,- €

Prevýšenie technického maxima 2 x ročne:

2 x (730 – 600 kW) x (33 + 99) = 34 320,- €

Nasadenie GSE v príklade B:

Nasadenie GSE 2 x 100 kW odstráni prekročenie RK

(v prípade nasadenia GSE postačuje RK = 450 kW) aj MRK

Vstupné náklady: 2 x GSE 400/100 kW v predpokladanej cene: 2 x 45 000,- € = 90 000,- €

Návratnosť: 2,2 roka

## Prehľad batériových zdrojov energie pre použitie v GSE úložiskách elektrickej energie v malých a stredných podnikoch:

### Li-ion akumulátory

Novšie Li-ion batérie môžu byť hlboko opakovane vybíjané viac ako 25 000 krát. Účinnosť systému s týmito batériami je cca 90 % a viac. Ceny týchto batérií s rozvojom automobilového priemyslu klesajú. Je ich možné použiť pre súkromné budovy a menšie podniky do výkonov cca 100 kVA.

### Prietokové baterie

Prietokové batérie sa skladajú z dvoch nádrží naplnených elektrolytom prúdiacim v elektrochemickom článku. Účinnosť týchto batérií je od 75 % do 85 %. Svojou vysokou kapacitou sú prietokové batérie vhodné na dlhodobé zálohovanie a vyššie výkony (0,1 – 10MW).

## Superkondenzátory

Superkondenzátory vynikajú svojou schopnosťou prijať veľké množstvo náboja v priebehu niekoľkých sekúnd. Elektrický náboj totiž nie je uchovaný chemicky – ako v batériách, ale elektrostaticky na povrchu elektród. Superkondenzátory se veľmi dobre hodia na krátkodobé vykrytie špičkových prúdov a je ich možné kombinovať s batériovým úložiskom.

AKUMULÁTORY	VÝHODY	NEVÝHODY	VYUŽITIE
<b>Pb</b>	cena dobrá hustota energie i výkonu	ekológia, účinnosť, nabíjacie cykly, hmotnosť	pre špičkové zdroje sa používajú málo
<b>Ni-Cd</b>	cena, dobrá hustota energie i výkonu, účinnosť	ekológia, nabíjacie cykly	pre špičkové zdroje sa používajú málo
<b>Li-ion</b>	dobrá hustota energie i výkonu, účinnosť, vysoká životnosť	cena (táto prudko klesá s rozvíjajúcim sa automobilovým priemyslom)	výkony od 1 – 100 kW
<b>Prietokové batérie</b>	veľká kapacita, nízke náklady na prevádzku	relatívne nízka hustota energie	výkony nad 0,1 – 5 MW
<b>Superkondenzátory superkapacity</b>	špičkový výkon, účinnosť, vysoká životnosť	nízka hustota energie samovybíjanie	v kombinácii s batériami a zdrojmi DC výkonu

### Tabuľkové prehľadové porovnanie súčasných akumulátorov pre uloženie energie

Na Slovensku sa problematikou tzv. „zelených energií“ zaoberá niekoľko spoločností, ktoré majú vlastný vývoj aj výrobu. Medzi takéto zaujímavé firmy patrí napr. VONSCH s.r.o. z Brezna, ktorá má medzičasom zavedenú a zabehnutú vlastnú výrobu fotovoltaických invertorov, invertorov pre malé vodné elektrárne resp. veterné generátory. V súlade so svetovými trendmi v oblasti využitia výkonovej elektroniky pre oblasť úložísk elektrickej energie tiež vyvinula nové zariadenia pod názvom GSE (generátor špičkovej energie). Tieto zariadenia obsahujú vlastnú výkonovú jednotku, ktorá dodáva energiu do siete, zdroj energie pre dodávku (veľkosť a typ podľa požadovaných odberov-výkonov), riadiacu jednotku automatiky a ostatné potrebné vybavenie. Zdrojom energie môžu byť batérie v prevedení Li-ion, prietoková batéria a pod. Pri verzii s Li-ion batériou môžu byť pomocným zdrojom energie aj prídavné superkapacity. Ku zdroju energie je možné pripojiť za podmienok hardverového dovybavenia napríklad aj fotovoltaické elektrárne, vodnú alebo veternú elektrárňu. Tým sa stáva tento generátor špičkovej energie súborom pre trvalú dodávku energie napríklad v ostrovných systémoch. Každá jednotka je navrhnutá s ohľadom na parametre danej sústavy, aby sa optimalizovala technická časť a ekonomika zariadenia. Jednotky sa v súčasnosti pohybujú vo výkonovom rozpätí od 40 kVA do 125 kVA. Výhodou je možnosť paralelného radenia jednotiek, čo umožňuje zostaviť generátory rádu MVA. Prednosťou zariadenia je najmä jeho ekologickosť, okamžitá možnosť dodávky energie do siete (pohotovosť) a stavebnicové riešenie pre paralelné spájanie. Súčasťou zariadenia je programovateľná jednotka s nabíjačkou pre automatické nabíjanie batérií v čase „lacnej“ energie. Nabíjačka využíva hardverové vybavenie GSE v inverznom režime, čo znižuje cenu zariadenia. Pridaním superkapacitorov sa ďalej zvyšuje okamžitý špičkový výkon zdrojovej jednotky pre krátkodobé preťaženia.



**VONSCH s. r. o.**

Ing. Pavol Šperka  
Ing. Ivan Vonkomer  
vonsch@vonsch.sk