



Středoškolská technika 2015

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Akumulace energie z obnovitelných zdrojů

Accumulation of energy from renewable sources

Petr Elsner



Integrovaná střední škola, 2. ročník

Kumburská 846, Nová Paka

Nová Paka 2015

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svoji práci vypracoval samostatně, použil jsem pouze podklady (literaturu, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu použité literatury (kapitola 4.3) a postup při zpracování a dalším nakládání s prací je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Nové Pace dne 19. 3. 2015

podpisy:.....

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mne jakkoliv podpořili, především panu Ing. Malému, paní Mgr. Jarošové a paní Mgr. Němcové, kteří mi poskytli možnost se na projektu SOČ podílet a kteří mi dodávali zajímavé a pro tento projekt velice cenné informace.

ANOTACE

Tato práce se zabývá problematikou akumulace elektrické energie z obnovitelných zdrojů a také jejím využitím na obytné budově. V úvodu jsou vysvětleny některé důvody akumulací a následně různými akumulační způsoby s jejich vysvětlením. V další části této práce navrhuji možnou soustavu akumulátorů pro chatu. V závěru je sepsáno přibližné zhodnocení možností akumulátorů a grafy ukazující jejich různé přednosti. Práce je doplněna obrazovou přílohou.

Klíčová slova:

Akumulace elektrické energie, obnovitelné zdroje energie, fotovoltaická elektrárna, přečerpávací elektrárna, akumulátor, energetická špička, superkondenzátor, setrvačnick, střídač, měnič, vodíkový článek, Siestorage

ANNOTATION

This work deals with the accumulation of electrical energy from renewable sources and its use to a residential building. The prologue explains some of the reasons for the accumulation and the following text describes and explains different storage methods. The third part of this work suggests the possible set of accumulators for our Cottage. In the conclusion there is the approximate evaluation of the accumulator possibilities and the graphs with their different preferences. The work includes a picture attachment.

Key words:

Electrical energy accumulation, renewable power sources, photovoltaic power station, pumped-storage power plant, accumulator, power peak, supercapacitor, flywheel, inverter, converter, fuel cell, Siestorage

Obsah

1. Úvod	6
1.1 Proč jsem si zvolil toto téma	6
1.2 Charakteristika projektu	6
1.3 Co přesně znamená akumulace energie a proč ji používáme?	6
2. Jaké jsou možné druhy akumulací elektrické energie	9
2.1 CAES (compressed air energy storage)	9
2.2 Přečerpávací vodní elektrárny	10
2.3 Setrvačnick	12
2.4 Chemická akumulace	13
2.5 Superkondenzátory	19
2.6 Vodík a palivové články	19
2.7 Supravodivé indukční akumulátory	21
3. Praktické použití akumulátoru	22
3.1 Rodinná chata	22
3.2 Potřeba el. energie	23
3.3 Návrh frekvenčního měniče	24
3.4 Návrh akumulátoru	24
4. Závěr	26
4.1 Závěr	26
4.2 Závěr k mému návrhu	28
4.3 Použité zdroje	28
4.4 Příloha	29

Akumulace elektrické energie z obnovitelných zdrojů

1. Úvod

1.1 Proč jsem si zvolil toto téma

Jedním z důvodů je fakt, že s akumulovanou energií se v dnešní době setkáváme běžně kupříkladu v podobě akumulčních baterií, nebo naopak v podobě o mnoho větších projektů, jako je přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně na východě České republiky a podobně. Dalším důvodem k tomuto tématu je, že pod něj také patří mnoho nových technologií, jelikož se vynalézají stále nové a nové způsoby, jak akumulovat elektrickou energii a jak vylepšit, nebo zlevnit již stávající technologie, takže si díky tomu i rozšířím své vědomosti v tomto směru vědy a techniky. Nejvíce mě asi motivovala návštěva již zmíněné vodní přečerpávací elektrárny Dlouhé Stráně, která přímo funguje na principu akumulace energie za pomoci kinetické energie vody.

1.2 Charakteristika projektu

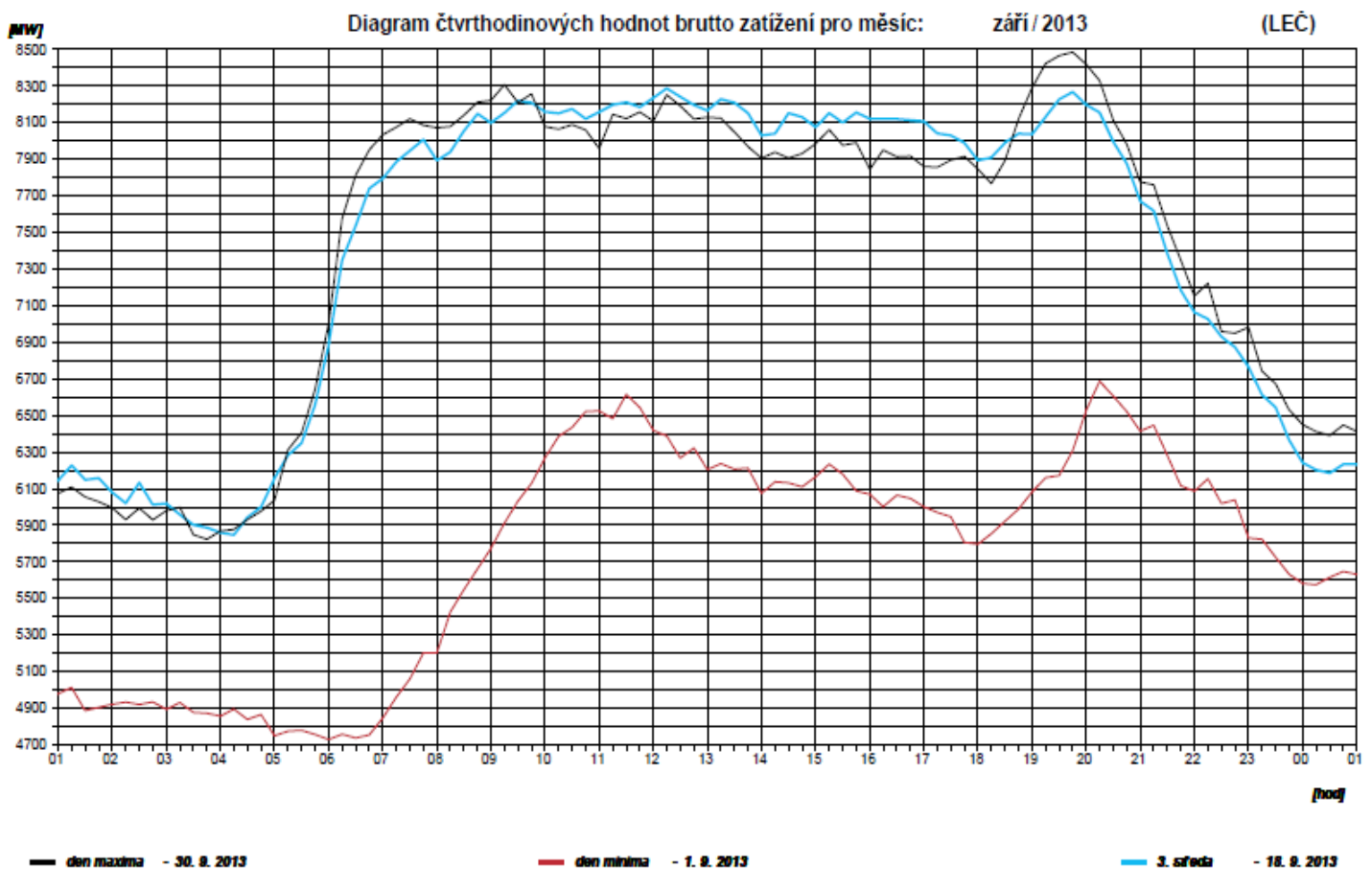
Tímto projektem bych se chtěl zaměřit zejména na různé způsoby akumulace energie z obnovitelných zdrojů a určit tak přibližně nejúčinnější a nejvýhodnější možnost akumulace této „čisté“ energie. Dále bych také přiblížil v dnešní době nejvyužívanější druhy akumulování a srovnal je právě s ostatními možnostmi uchování energie, protože nejvyužívanější neznamená nejlevnější nebo nejúčinnější.

1.3 Co přesně znamená akumulace energie a proč ji používáme?

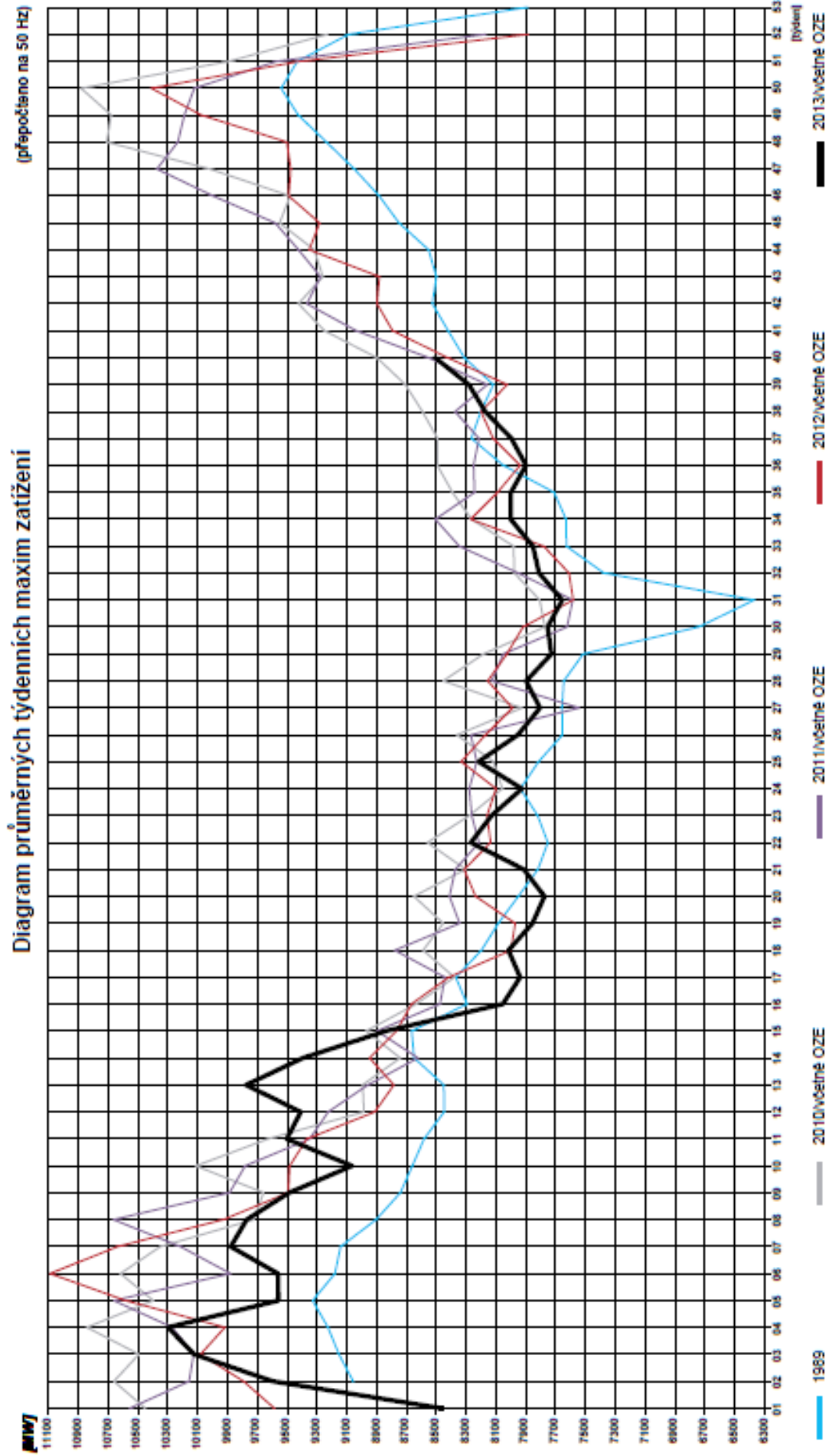
Akumulace jako samostatné slovo přímo znamená shromažďování či hromadění, ve spojitosti s energií pak mluvíme o shromažďování většinou elektrické energie a její uchování po delší dobu. Pokud by se toto téma mělo více definovat, dalo by se přímo vysvětlit tím, že vezmeme elektrickou energii, ať už z obnovitelných nebo neobnovitelných zdrojů, a převedeme ji nějakým způsobem na jinou energii, ze které se později bude moci zase převést zpět na lépe použitelnou elektrickou. Za jeden z těchto způsobů se dá považovat kupříkladu celá přečerpávací elektrárna, která dokáže převést elektrickou energii na mechanickou (za pomoci čerpadla), a naopak (za pomoci turbíny).

Technologie akumulace elektrické energie se velmi dobře využívá právě z obnovitelných zdrojů, které nemají takové podmínky jako ty neobnovitelné. V elektrárnách na neobnovitelné zdroje energie, jako třeba tepelné a jaderné elektrárny, mohou spustit výrobu energie kdykoliv, když je potřeba dodat v dnešní době tolik potřebnou energii, či dodávají energii stále bez přestání. Na druhou stranu v elektrárnách s obnovitelnými zdroji je tomu naopak, vítr nefouká vždy tak, jak člověk potřebuje a ani slunci se ne vždy chce svítit v dobách nejvyšší poptávky (tzv. špičky). Právě pro tyto důvody, ke kterým patří samozřejmě ještě několik dalších, se energie uchovává (akumuluje). V době, kdy elektrárny používající obnovitelné zdroje pracují, se energie buď hned využije (většinou jako špičková energie), nebo se přebytky zachovávají pro budoucí využití, až třeba nebude samotná elektrárna kvůli nutným podmínkám (slunce, vítr ...) energii vyrábět.

Energetická špička je jedním z důvodů, proč akumulujeme. Myslí se tím hlavně nějaká určitá doba během dne, kdy je zvýšený odběr elektrické energie. Kupříkladu když si vezmeme jeden normální pracovní den, v prvních hodinách je odběr energie menší, jelikož je většina lidí doma a spí. Od páté hodiny začne odběr stoupat, lidé se probouzejí a jdou do práce, stroje ve firmách se zapínají a začínají odebírat spousty energie. Takhle to jde přes poledne, kdy se vařívají obědy, až do večera, kdy pracující lidé přicházejí domů a kdy se také ještě zvedne odběr energie. Na konci dne vše utichá, stroje se vypínají a lidé chodí spát, a odběr energie začne klesat. Nakonec odbije půlnoc a vše se začne znovu opakovat. Tento koloběh je také dobře vidět na obrázcích číslo 1 a 2, kde jsou zobrazeny diagramy hodnot zatížení jednoho dne a průměrných týdenních hodnot. Samozřejmě tu působí různé ovlivňující elementy, když se třeba mění roční období a lidé si na zimu přitápějí, což logicky dále ovlivňuje spotřebu, nebo naopak v letních měsících vytápění není vůbec potřeba.



Obr.č.1 Diagram čtvrt hodinových hodnot brutto zatížení pro 18. Září 2013



Obr.č.2 diagram průměrných týdenních maximálních zatížení

2. Jaké jsou možné druhy akumulací elektrické energie

Mezi nejlepší možnosti akumulování elektrické energie můžeme řadit:

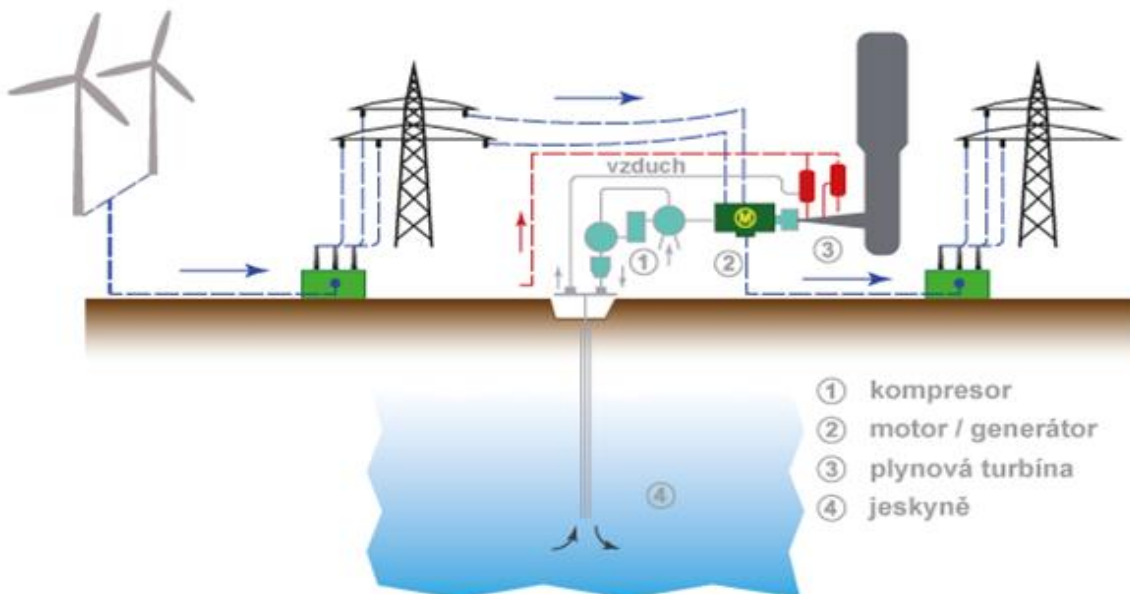
- CAES – metoda využívající stlačený vzduch,
- vodní elektrárny – metoda využívající průtok vody,
- setrvačnická – metoda využívající rotační kinetickou energii,
- chemická akumulace – metoda využívající chemickou energii,
- superkondenzátory – metoda využívající technologii elektrotechnické součástky,
- supravodivý indukční akumulátor – metoda využívající magnetické pole,
- vodík a palivové články – metoda využívající vodík.

2.1 CAES (compressed air energy storage)

CAES systém je zajímavou možností akumulace za pomoci normálního vzduchu, který je všude kolem nás. Princip je přitom snadný (viz obr.č.3), v čase mimo špičku, kdy by samozřejmě bylo nevhodné ještě ubírat z výkonu elektráren, se využije přebytečná energie na pohánění kompresoru, který pumpuje vzduch z okolí do nějakého vzduchotěsného podzemního prostoru (solné jeskyně, vytěžené doly apod.). Dal by se využít vlastně každý větší prostor, který by byl patřičně upravený a utěsněný a nacházely by se na výhodném místě, jelikož již existující kaverna v nepřístupných oblastech by nebyla příliš ideální a hloubení nových podzemních prostor by nebylo příliš vhodné v ekonomickém směru. Vzduch se tam stlačuje přibližně do tlaku kolem 7 – 10 Mpa, přičemž výkon se logicky mění podle velikosti prostoru, kde se ukládá vzduch (největší je zatím v Německu v Hundorfu, která má výkon 290 MW). V době vyšší potřeby energie, tzv. špičky (kde se s aplikací CAES systému počítá hlavně u větrných elektráren), se stlačený vzduch uvolní, aby začal pohánět turbínu, která přemění kinetickou energii na elektrickou. Náběhová doba CAES je kolem 12 minut v normálních podmínkách, ale v případě nouze dokáže naběhnout už za 9 minut.

CAES systém je vlastně již stará technologie, vyvinutá v 70. letech minulého století. První CAES elektrárna byla spuštěna v již zmíněném Německu roku 1974 a další byla postavena později v USA ve státě Alabama, která dosahuje výkonu 110 MW, ale s větším využitím se počítá spíše až do budoucna. Nevýhodou je však malá účinnost, která se pohybuje někde okolo 50 %, přičemž hlavním faktorem ztrát je ztráta tepelné energie při kompresi vzduchu. Vzduch se proto musí před uskladněním ochladit, tepelná energie je tak ztracena a před použitím se zase musí ohřát. Tento problém se snaží řešit technologie AA-CAES, která funguje stejně jako její předchůdce CAES, avšak uskladňuje tepelnou energii při kompresi, kterou pak využije při ohřátí vzduchu před výrobou elektrické energie. Tím se zlepšila účinnost na 70 % a vyrovnala se přečerpávacím vodním elektrárnám. Také odpadla zmíněná nutnost ohřívání vzduchu.

Na prototypu AA-CAES se již podílí německé firmy projektem ADELE, kde je odhadovaný start demonstrační jednotky roku 2016.



Obr.č.3 Schéma CAES systému

2.2 Přečerpávací vodní elektrárny

Přečerpávací vodní elektrárny (dále PVE) jsou zajímavým způsobem akumulace, jak nashromáždit elektrickou energii za pomoci potenciální energie vody. PVE jsou vlastně dvě nádrže s rozdílnými nadmořskými výškami, díky čemuž voda pomocí potenciální gravitační energie vody naakumulované v horní nádrži padá tlakovými přivaděči až k turbínám ve strojovně, kde mění svoji nyní již kinetickou (pohybovou) energii na energii elektrickou. Poté, co voda proteče turbínami, se dostane do druhé nádrže, ze které bude v době přebytků energie přečerpána zpět do horní nádrže, kde bude naakumulována zase do dob nedostatku energie, kdy bude znovu vypuštěna na turbínu. U vody, která je přečerpávána do horní nádrže, se občas setkáváme s pojmem tzv. „drahá“ voda. Této vodě se tak říká proto, že k přečerpání je použito nemalé množství prostředků, které se později vrátí ve stavu elektrické energie v časech potřeby. Jsou dva způsoby provedení PVE, podle toho, jak dokážou doplňovat vodu, která se vypaří, či nechtěně vsákne do okolního podloží, jsou to s umělou a smíšenou akumulací. PVE s umělou akumulací se rozumí, že horní nádrž je uměle vytvořená a nemá žádný přirozený vodní přítok, a proto musí být spodní nádrž napojená na nějaký takový zdroj, ze kterého by vodu kvůli zmíněným ztrátám doplňovala. Pojmem smíšená akumulace se myslí, když je horní nádrž postavena na nějaké řece jako hráz a má možnost čerpat vodu ze spodní nádrže do horní. Strojovna s turbínou má také několik možností výstavby, může být na povrchu, ale také se může i s potrubím ukrýt v podzemí, třeba právě v kopci, na kterém je postavena horní nádrž.

Dnešní PVE mají účinnost přibližně okolo 75 % a také dokážou naakumulovat velká množství energie. Jejich další předností je rychlý náběh, jelikož stačí pustit vodu a čekat, až během chvilky doteče až k turbínám. I přes to, že je provoz dost levný, je velmi složitá a nákladná výstavba takové elektrárny, jelikož najít vhodné místo, kde by byl přirozený vodní zdroj a které by bylo blízko elektrické soustavy, je dost obtížné. Dále se zde započítává výstavba potrubí a možných podzemních prostor a budov, či možných přehrad. Takovéto stavby jsou nejen velmi nákladné, ale také trvá dlouho výstavba, jako třeba u naší elektrárny Dlouhé Stráně, která se stavěla celých 18 let.

PVE Inorwic má největší ukládací kapacitu na světě a leží v britském Walesu, s výkonem 1800 MW ze šesti turbín o výkonech po 317 MW energie. Tento výkon je schopna dodávat do sítě během 15s. U nás v České republice máme celkem čtyři přečerpávací elektrárny, které nás v dobách spotřeby zásobují energií.

První z nich se jmenuje Dlouhé Stráně a jde o nejvýkonnější PVE u nás se dvěma turbínami o výkonech 325 MW, které dodávají celkově 650 MW energie. Její strojovna je vystavěna v podzemí kvůli chráněné krajinné oblasti v Hrubém Jeseníku. Její celkový vzhled vypadá jako ukousnutý kopec s jezerem, což představuje horní nádrž s celkovou kapacitou vody okolo 2580000 m³, a spodní nádrž, která leží na říčce Divoká Deštná s rozlohou 16,3 ha. Rozdíl nadmořských výšek obou nádrží činí 510,7 m. Dlouhé Stráně byly uvedeny do provozu roku 1996 po 18leté výstavbě. Této PVE je věnováno několik obrázků v příloze s čísly 1,2,3 a 4.

Druhá přečerpávací elektrárna nese jméno Štěchovice, která byla uvedena do provozu roku 1947 a kvůli zastaralosti odstavena roku 1991. V rozmezí let 1992-1996 proběhla výstavba nové moderní PVE, která využívá části starých ocelových přivaděčů a umělou horní nádrž Homole (po staré PVE) s kapacitou 500000 m³ vody. Spád této PVE je až 220m a strojovna je postavená přibližně 45m pod zemí. Tato elektrárna dokáže generovat výkon 45 MW a je jí přidělen obrázek v příloze číslo 5.

Třetí PVE jsou Dalešice, které byly vystavěny hlavně za posláním dodávat technologickou vodu do nedaleké jaderné elektrárny Dukovany, nebo i nahrazení jednoho bloku v případě poruchy či odstávky, dále také vyrábí špičkovou energii. Mimo jiné slouží horní nádrž i k rekreačním účelům a k chovu ryb. Dalešice jsou elektrárnou se smíšenou akumulací s horní nádrží Dalešice (s kapacitou 127000 m³ vody) a spodní nádrží Mohelno, ležící na řece Jihlavě v blízkosti města Třebíče. Do plného provozu se elektrárna dostane do 60 sekund s výkonem 480 MW. Dalešicím je přiřazen obrázek v příloze čísla 6.

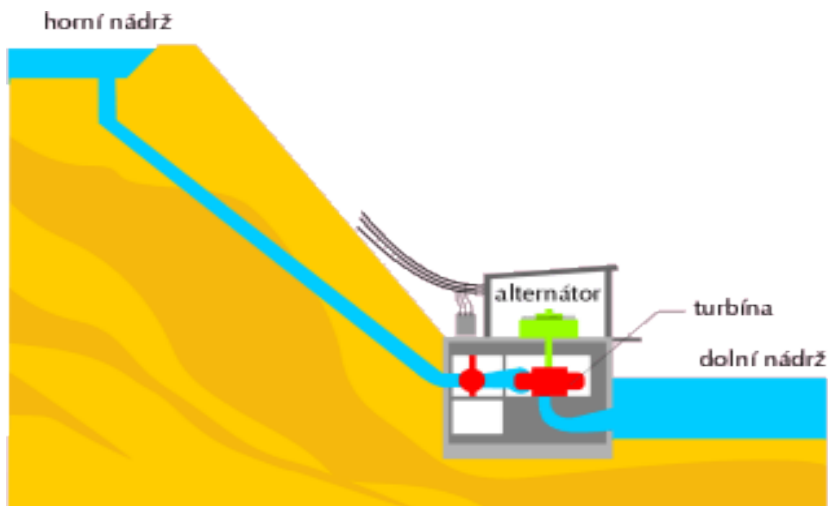
Čtvrtá a nejmenší PVE se nalézá na Černém jezeře na Šumavě. Její výstavba trvala 21 měsíců, přičemž na ní pracovalo okolo 300 dělníků. Provoz elektrárny byl nakonec zahájen 6. 12. 1930, což z ní dělá nejstarší přečerpávací vodní elektrárnu v Čechách. Voda je přiváděná z Černého jezera trubkami o průměru 800mm do vyrovnávací železobetonové kruhové nádrže (o průměru 4m a výšce 12m). Z této nádrže vede tlakové potrubí o délce 1007m, které vede vodu na turbínu elektrárny v údolí řeky Úhlavy. Turbína dokáže vyprodukovat 1,5 MW, přičemž hladina Černého jezera za hodinu fungování klesne o 1cm. Tuto PVE je vidět na obrázku v příloze číslo 7.

Výpočty jednotlivých výkonů a potenciálních nebo kinetických energií se dají odvodit ze vzorců:

$$\text{Výkon: } P = \rho * g * h * Q$$

$$\text{Potenciální energie: } E_p = m * g * h$$

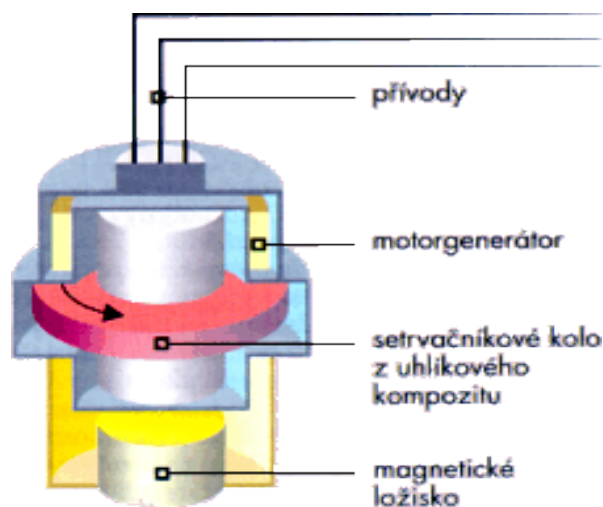
$$\text{Kinetická energie: } E_k = \frac{1}{2}mv^2$$



Obr.č.4 Schéma PVE

2.3 Setrvačnick

Další možností akumulace energie je pomocí těžkého setrvačnicku. Využívá kinetickou energii tím, že ji ukládá do rotujícího modulu, který jí převádí na elektrickou. Setrvačnick může fungovat kupříkladu na elektromotoru, kde ho připevníme na hřídel, to můžeme vidět i na spodním obrázku čísla 5. Motor roztočí setrvačnick a tím do něj naakumuluje energii, když se motor zpomalí, či úplně vypne, setrvačnick ještě stále nějakou dobu roztáčí motor a tím se zpomaluje (dalo by se říci, že se jakoby vybíjí) a navrací naakumulovanou energii v podobě elektřiny z elektromotoru zpět do sítě. Tím se dostáváme asi k největší výhodě setrvačnicku, kterou je jeho krátká náběhová doba v řádu milisekund a jeho vysoký výkon v řádech desítek MW. Pokud se chce docílit co nejlepší účinnosti setrvačnicků, musí mít velmi vysoké otáčky. Toho jde docílit materiálem, který by v pořádku vydržel velmi rychlé otáčky. Aby se dále co nejvíce vytěžilo ze setrvačnicků, bývají umístěny a nadnášeny magnety ve vakuu kvůli co největšímu omezení jakéhokoliv tření. Nejlepší použití u obnovitelných zdrojů by nejspíše bylo přímo u solárních elektráren, kde by například u chvilkových výpadků zapříčiněných mraky tento setrvačnick dále běžel a tuto krátkou mezeru vyplňoval. Kinetická energie setrvačnicku se dá vypočítat vztahem: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$



Obr.č.5 Schéma setrvačnicku

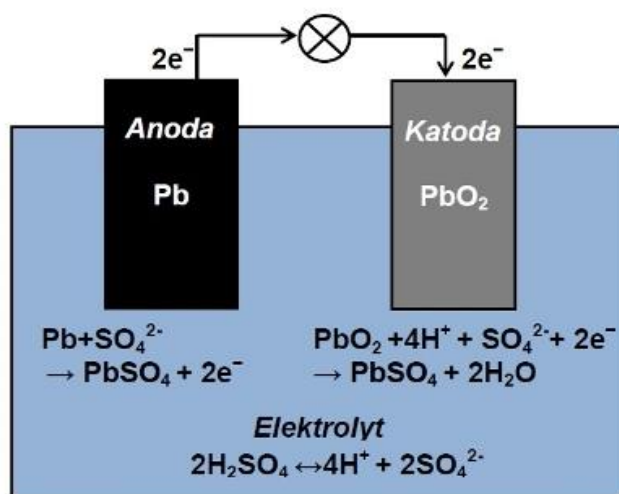
2.4 Chemická akumulace

Chemickou akumulací se většinou myslí pojem reakce některých chemických látek, který má za výsledek elektrickou energii a dá se provést i opačně (při napájení výsledných látek z předchozí reakce, kdy se elektrická energie vyráběla). Těchto možností je několik a běžně se s nimi setkáváme, od tužkových baterií do různých elektronických nástrojů, až po i v dnešní době se rozvíjejícímu nápadu vozidel fungujících na elektřinu.

2.4.1 Olověné akumulátory

Princip olověných akumulátorů je jedním z nejstarších způsobů, jak naakumulovat elektrickou energii pomocí baterií. Tyto akumulátory byly vynalezeny při pokusech francouzského vědce Gastona Plante roku 1859 a všechny další olověné baterie pracují na stejném principu. Jeden článek se skládá z elektrolytu (roztoku kyseliny sírové), do kterého jsou ponořeny dvě olověné desky (či olověné trubky), které zastupují kladnou a zápornou elektrodu, přičemž jsou silně porézní kvůli zvětšení plochy povrchu elektrod. Několik těchto článků se zapojí do série a vznikne plnohodnotná olověná baterie.

Pokud akumulátor zapojíme a začneme z něho odebírat elektřinu, začne se hustota jeho elektrolytu snižovat, když se začne kyselina sírová rozkládat na vodu a na jeho elektrodách se začnou tvořit krystalky síranu olovnatého. Když je akumulátor vybitý a dáme ho nabíjet, nastane opačná reakce, kde se elektrolyt začne zahušťovat a měnit svoji konzistenci z vody zpátky na roztok kyseliny sírové. Po skončení nabíjení je záporná elektroda pokrytá vrstvou olova a kladná elektroda pokrytá oxidem olovičitým. Tyto procesy můžeme spatřit na obr.č.6 . Při plně nabitém akumulátoru se napětí pohybuje okolo 2V, přičemž při vybíjení by se neměla dostat hodnota napětí pod 1,8V, protože by jinak mohlo dojít k poškození nevratnými chemickými změnami na povrchu elektrod. Jako akumulátor je však celkem levný a jeho účinnost 80 % také není nijak zvlášť špatná a zatím má uplatnění zejména u dopravy, kde je využit při startování spalovacích motorů (napájení startéru) a jako záložní zdroj pro světla a jiné elektrické systémy ve vozidlech.



Obr.č.6 Schéma olověného akumulátoru

2.4.2 Alkalické akumulátory

Alkalické akumulátory jsou asi nejvyžívanějšími chemickými akumulátory dneška, jelikož jsou různé druhy přítomny kupříkladu v mobilních zařízeních, lékařství, letectví a i v jiných druzích elektrotechniky. Princip těchto akumulátorů je celkem podobný jako u olovených, avšak alkalické se vyznačují tím, že na jejich elektrolyt je použit roztok hydroxidu draselného, což je silně zásaditá látka. Druhy alkalických akumulátorů se většinou rozdělují podle materiálu, ze kterého je vyrobena kladná a záporná elektroda. Jsou to Nikl-kadmiové (NiCd), nikl-železné (NiFe), stříbro-zinkové (AgZn), stříbro-kadmiové (AgCd), nikl-zinkové (NiZn) a další.

2.4.2.1 Nikl-kadmiové

Niklo-kadmiové akumulátory patří mezi nejrozšířenější alkalické akumulátory vůbec, avšak poslední dobou upadají, kvůli svému toxickému složení. Jeho kladná elektroda se skládá ve vybitém stavu z hydroxidu nikelnatého, zatímco za nabitého stavu z oxidu 14elitého. Záporná elektroda je tvořena porézním toxickým kadmíem, které se považuje za velmi nebezpečný jed. Přesto je to mechanicky velmi odolný akumulátor, spolehlivý a také má velice dlouhou životnost (odhaduje se 2000 cyklů), a proto je využívám v mnohých odvětvích dnešní techniky, jako je letectví, lékařství apod. Jeho další nevýhodou je vysoká pořizovací cena oproti oloveným akumulátorům a samovybití (odhaduje se okolo 1% na den). Jeho výstupní napětí je cca 1,2V na jeden článek. Tyto baterie byly dokonce ozkoušeny v extrémních podmínkách ve výzkumné stanici na Antarktidě, kde se ukázaly jejich mimořádné funkční schopnosti i ve velkých mrazech.

2.4.2.2 Nikl-zinkové

U těchto akumulátorů se kladná elektroda skládá z niklu, zatímco záporná ze zinku. S tímto akumulátorem se počítá jako s nástupcem toxických Ni-Ca akumulátorů, jelikož jsou tyto levnější, dostupnější a zinek se dá dobře recyklovat. To nejsou jediné výhody oproti Ni-Ca, protože mají proti nim ještě větší napětí činící 1,6V z jednoho článku, na druhou stranu mají ale malou životnost činící pouze 200 cyklů, a také kvůli speciálnímu nabíjení je nelze využít na komerčních nabíječkách. Samovybití se odhaduje okolo 8 % za měsíc.

2.4.2.3 Stříbro-zinkové

Tyto akumulátory mají větší měrnou kapacitu než ostatní alkalické akumulátory (ve srovnání s Ni-Ca o stejné kapacitě je kapacita v poměru 1/3, přičemž je i o polovinu lehčí), což se ale kompenzuje krátkou životností, která se pohybuje okolo 100 nabíjecích cyklů. Kladná katoda se skládá ze stříbra a záporná ze zinku, díky čemuž je odolná vůči zkratům. Využívá se hlavně v letectví a ve sdělovací technice.

2.4.2.4 Ni-MH (nikl-metal hydridový)

Tento druh alkalických akumulátorů je velmi podobný stavbě Ni-Ca akumulátorům, protože je měly kvůli toxicitě kadmia nahradit. Kladnou elektrodu tvoří hydroxid nikelnatý, zatímco zápornou místo kadmia kovová slitina většinou tvořená z niklu, kobaltu, manganu, hliníku či popřípadě jiných vzácných kovů. Tyto články nosí jmenovité napětí 1,2V, ale také dost trpí samovybitím, které se za měsíc pohybuje cca okolo 15 % až 30 %. Při nízkých teplotách, kdy teplota klesne pod 5°C, se začnou tyto akumulátory blokovat, přičemž se zdá, že jsou vybité, ale po navýšení teploty se energie zase navrátí.



Obr.č.8 Vzhled niklových akumulátorů

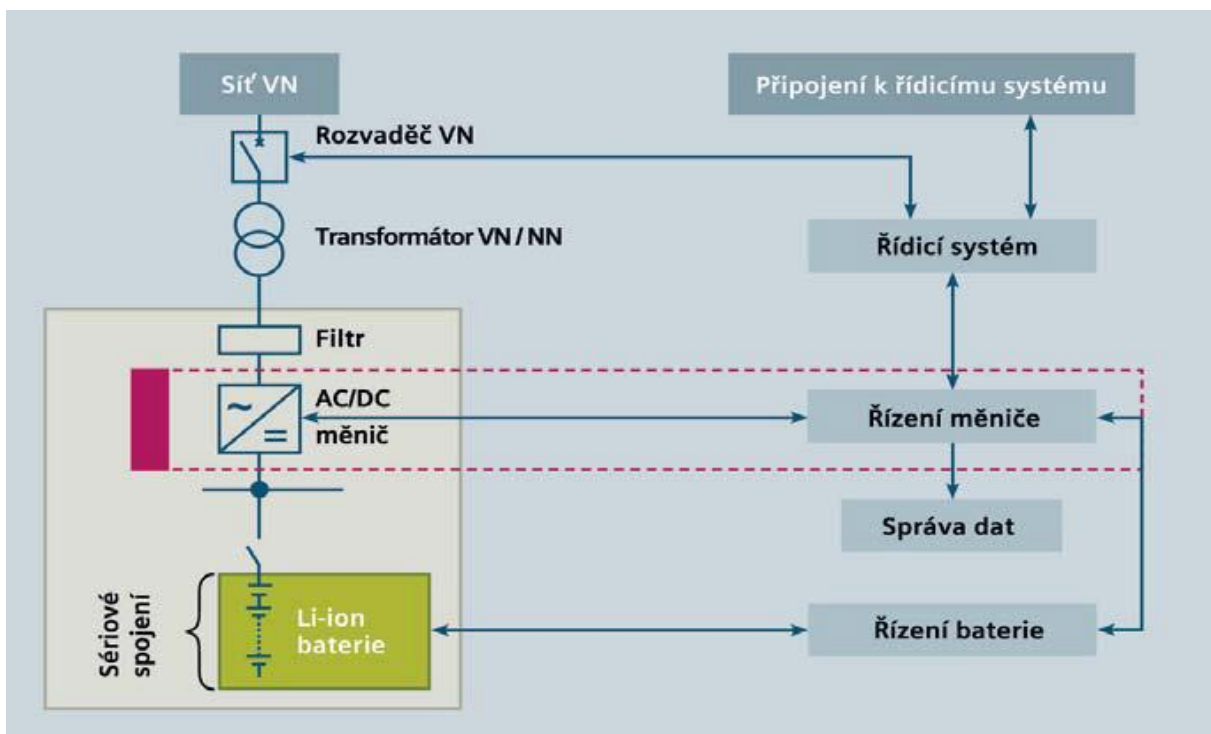
2.4.3 Li-ion akumulátory

Myšlenka lithiových baterií sahá až do první poloviny dvacátého století, kdy v roce 1912 byl vytvořen první, ovšem nenabíjecí lithiový článek chemikem Gilbertem Newtonem Lewisem. Tyto akumulátory se vyznačovaly velmi vysokou energetickou hustotou, kapacitou a dokonce i napětím ve srovnání s jinými akumulátory. V 80. letech se začaly vyvíjet již nabíjecí články, které měly ale jeden obrovský problém. Při nabíjení se totiž často stávalo, že chemicky nestabilní lithium vybuchovalo. Bezpečnými se lithiové akumulátory staly až ve chvíli, kdy bylo lithium nahrazeno jinými lithiovými slitinami, při čemž obětovaly část své energetické hustoty.

Princip těchto Li-ion akumulátorů závisí na iontech lithia, které se pohybují při nabíjení z kladné elektrody (je tvořena většinou z lithiokobaltového oxidu) na zápornou (tvoří ji sloučeniny grafitu a uhlíku). Výsledné napětí této kombinace se pohybuje okolo 3,6 V, což hravě předčí všechny ostatní alkalické akumulátory. Funkci nezbytného elektrolytu zde zastává propylen, či ethylenkarbonát. Obě tyto složky jsou agresivní organická rozpouštědla, takže při nechtěném vytečení elektrolytu může dojít ke korozi uvnitř napájeného stroje, nebo k poleptání kůže v místě dotyku. Tento problém se řeší uzavřením článku do silného a odolného kovového pouzdra, do kterého se ještě vkládá nezbytná elektronika zabraňující roztržení a přehřátí článku při přebíjení.

Mezi výhody těchto baterií výrazně patří hlavně jejich hustota energie, která je oproti kadmiovým článkům třikrát větší při stejné hmotnosti. Před nabíjením není potřeba celý článek vybit, takže se nemůže stát, že by se tak poškodil, nebo se zhoršila jeho účinnost. Hodnoty samovybíjení jsou také celkem dobré a pohybují se okolo 10 % za měsíc. Na druhou stranu mají tyto články i silné nevýhody, které zatím výborně shazují výhody. Hlavně jde o jejich výrobní cenu, která je i o 50 % větší než u niklových akumulátorů. Další silnou nevýhodou je ztráta kapacity, která za jeden rok citelně klesne i bez jakéhokoliv využití a za dva roky může být článek úplně nepoužitelný. Za snižování kapacity může samotné lithium, které je agresivní, a reaktivní prvek, díky němuž se článek sám od sebe časem rozkládá. Jako akumulátor na principu s lithiem ještě existuje tzv. Li-pol (lithiopolymerový), který se liší od Li-ion hlavně elektrolytem, který je pevný. Díky tomu nemusí být článek konstruován do kovových obalů, jelikož pevný elektrolyt se nedá rozlít.

Firma Siemens v posledních letech vyvinula tzv. Siestorage (Siemens Energy Storage) jako odpověď na německý energetický koncept roku 2010, který donutil značné urychlení vývoje technologií ve směru akumulace. Tento projekt by měl mít teoreticky řadu výhod, dokáže totiž nejen ukládat elektřinu, ale díky moderním technologiím i stabilizovat dodávky elektrického proudu nejen ve směru výpadků, ale i přepětí. Siestorage se skládá ze tří základních částí, mezi které patří bateriová skříň, řídicí systém a skříň silového připojení. Používají se baterie typu Li-ion, jelikož byly uznány za nejvhodnější, kvůli jejich vysoké hustotě energie a malé hmotnosti. První Siestorage systém byl spuštěn do provozu v provincii Isernia v Itálii roku 2012, o výkonu 1 MVA (Mega Volt Ampéry) a kapacitě 500 kWh. Druhá stavba probíhá v Německu ve městě Eisenhüttenstadt s výkonem 2,8 MVA a kapacitou 720 kWh, kde bude mít za úkol záložní napájení tamní plynové elektrárny. Tato elektrárna dále napájí v případě výpadku nedalekou ocelárnu. Siemens dále plánuje vytipovávat různá místa, kde by se dala Siestorage experimentálně umísťovat. Nevýhody se však vztahují zejména na lithiové akumulátory, které stále nejsou nejlevnější záležitostí, a jak se dále píše v odstavci výše, se i samy po čase zevnitř rozkládají.



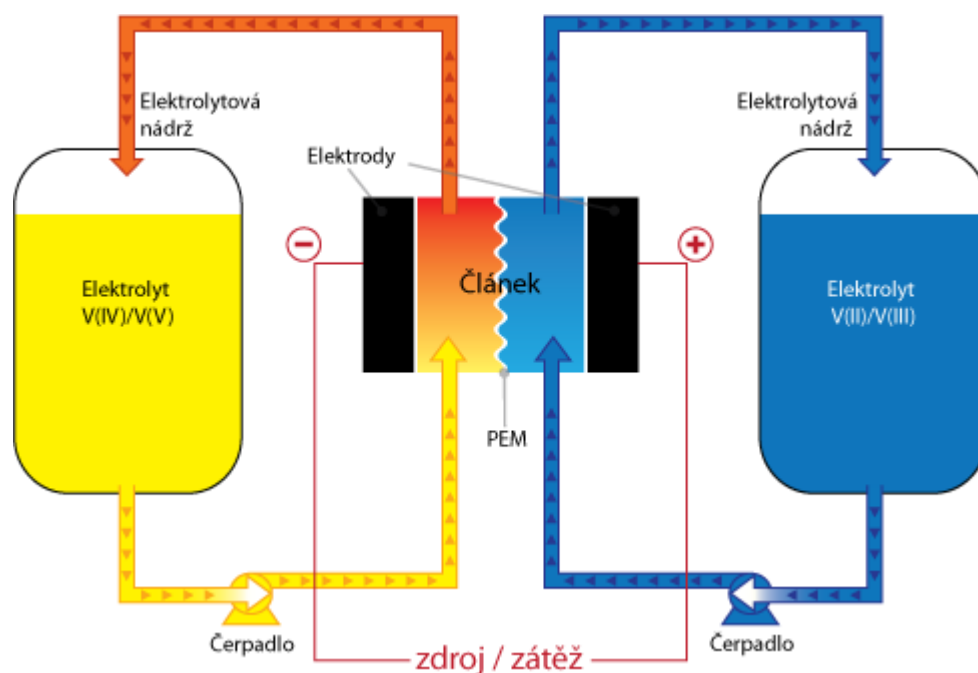
Obr.č.9 Schéma Siestorage

Na obrázku 9 můžeme vidět, jak Siestorage funguje. Z vysokonapěťové (dále VN) sítě se z doby mimo špičku pustí do systému Siestorage elektrická energie, která se z VN převede za pomoci transformátoru na NN (nízké napětí), která nevyřadí a nezničí příslušnou elektroniku. Dále přes stabilizační filtr jde střídavý proud do AC/DC měniče, kde se přemění na stejnosměrný, a tím nemůže dojít k ustavičnému přepólování baterií. Dále se energie akumuluje a v případech potřeby prochází přesně opačným procesem zpět do sítě. Jak Siestorage vypadá zvenčí je dobře vidět na několika snímcích přidaných v příloze.

2.4.4 Průtokové baterie

Průtoková baterie se od ostatních akumulátorů liší hlavně konstrukčním zpracováním, jelikož ke svému fungování nevyužívají žádné nebezpečné kovy. Baterie se skládá hlavně ze dvou nádrží plných elektrolytů (v jedné je koncentrovaná kyselina sírová a ve druhé vanadová sůl) což je vidět na přiloženém obrázku čísla 10. Tento elektrolyt je čerpadly veden přímo do průtokového článku, kde se však elektrolyty nemísí, ale jsou odděleny tenkou membránou. Tato membrána propouští pouze některé ionty, díky čemuž se pomocí výměny iontů jeden elektrolyt zoxiduje a druhý zredukuje. Při tomto jevu se na uhlíkových elektrodách vytváří i elektrický proud. Při nabíjení se tento jev, jako u jiných alkalických akumulátorů, jen obrátí.

Účinnost těchto baterií se pohybuje cca kolem 85 %, což je velmi dobré. Další výhodou je možnost libovolně měnit kapacitu díky možnosti snižovat či zvyšovat hladinu elektrolytů v nádržích. Jejich životnost se udává na 20 let fungování, ale samotný elektrolyt i membrána jsou velmi finančně náročné a pracuje se na zvýšení hustoty energie. Na druhou stranu je tento akumulátor velmi šetrný k životnímu prostředí, i když při reakcích vznikají vysoké tepelné ztráty.



Obr.č.10 Schéma průtokové baterie

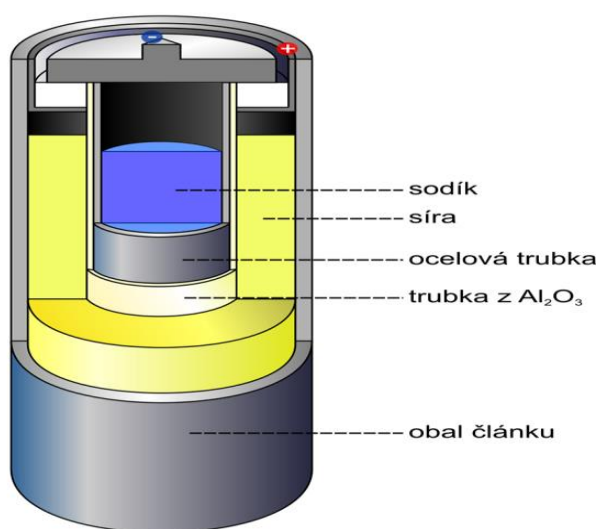
2.4.5 NaS akumulátory

NaS, neboli sodíkovo-sírové akumulátory se velmi liší od ostatních chemických akumulátorů hlavně tím, že pracují s velmi vysokými teplotami (okolo 300°C). Princip je stejně jako u jiných chemických akumulátorů závislý na reakci dvou prvků, v tomto případě roztaveného sodíku (Na) a roztavené síry (S), kde sodík zaujímá místo na záporné a síra na kladné elektrodě. Mezi těmito kovy je pevný elektrolyt tvořený z látky beta oxid hlinitý (beta-aluminy). Elektrolyt však musí být iontově vodivý, takže pro dosažení optimální vodivosti je zahříván na vysoké teploty, což je také důvod, proč s nimi pracuje. Dále musí být pevný elektrolyt neporézní a odolný vůči účinkům agresivních látek, aby se neprorazil, a také elektronově nevodivý, aby se nevybíjel.

Samotný akumulátor pracuje tím, že při vybíjení se kladné ionty sodíku dostávají přes elektrolytickou membránu na kladnou elektrodu se sírou, kde začne reakce, při které se síra změní na sulfid sodíku (NaS). Při nabíjení se jev otáčí, ze sulfidu se tvoří síra a ionty sodíku se vracejí skrz membránu zpět na začátek cyklu. Jednodušeji by se to dalo popsat, že když se baterie vybíjí, klesá množství sodíku, při nabíjení ho zase nabývá. Aby se tato reakce vůbec mohla uskutečnit, musí být oba prvky v kapalném stavu, čehož se docílí i díky nutnosti 300°C pro elektrolyt a jeho optimální vodivost (sodík má teplotu tání 97,72°C a síra 115,2°C). Výhodou je, že když se akumulátor ohřeje na požadovanou teplotu, není již potřeba dále ho zahřívát, jelikož si svoji teplotu udrží sám z vyprodukovaného odpadního tepla, takže je dobré ho i dobře izolovat proti tepelným ztrátám. Největší výhodou NaS akumulátoru je hlavně jeho energetická hustota, jejíž teoretická hodnota může dosahovat až 730 Wh/kg. Účinnost akumulátoru se pohybuje okolo 89 %, což je vynikající, a dobré výsledky má i životnost, jelikož tyto akumulátory jsou schopny bez nějaké složitější údržby až 1500 cyklů. Akumulátor však musí být vyrobený z dosti odolných látek kvůli agresivním schopnostem zkapalněných prvků nutných k reakci.

Tento akumuláční způsob je výhodný hlavně pro větší množství naakumulované energie, do budoucna se s ním počítá jako dobrý způsob, jak vyrovnat špičku spotřeby el. energie, nebo i zkvalitnění energie. Již dnes v Japonsku za pomoci NaS akumulátorů skladují energii z větrných elektráren v přibližné výši 270 MW, kterou dokážou dodávat do sítě celých 6 hodin.

Článek NaS



Obr.č.11 Schéma NaS akumulátoru

2.5 Superkondenzátory

Superkondenzátory jsou elektrotechnické součástky schopné udržet na svých elektrodách elektrický náboj, čímž se řadí k nástrojům akumulace energie. Na rozdíl od jiných metod, jako byly třeba již zmíněné vodní elektrárny a CAES, které elektrickou energii přemění na kinetickou a dále z ní znovu stvoří elektrickou energii, superkondenzátory pracují jednodušeji. Tyto součástky uchovávají přímo elektrickou energii, kterou tak není potřeba dále převádět a hned se dá využít k napájení přístrojů aj. Jako příklad bych zařadil vozidla, kde superkondenzátory akumulují při rekuperaci brzdění.

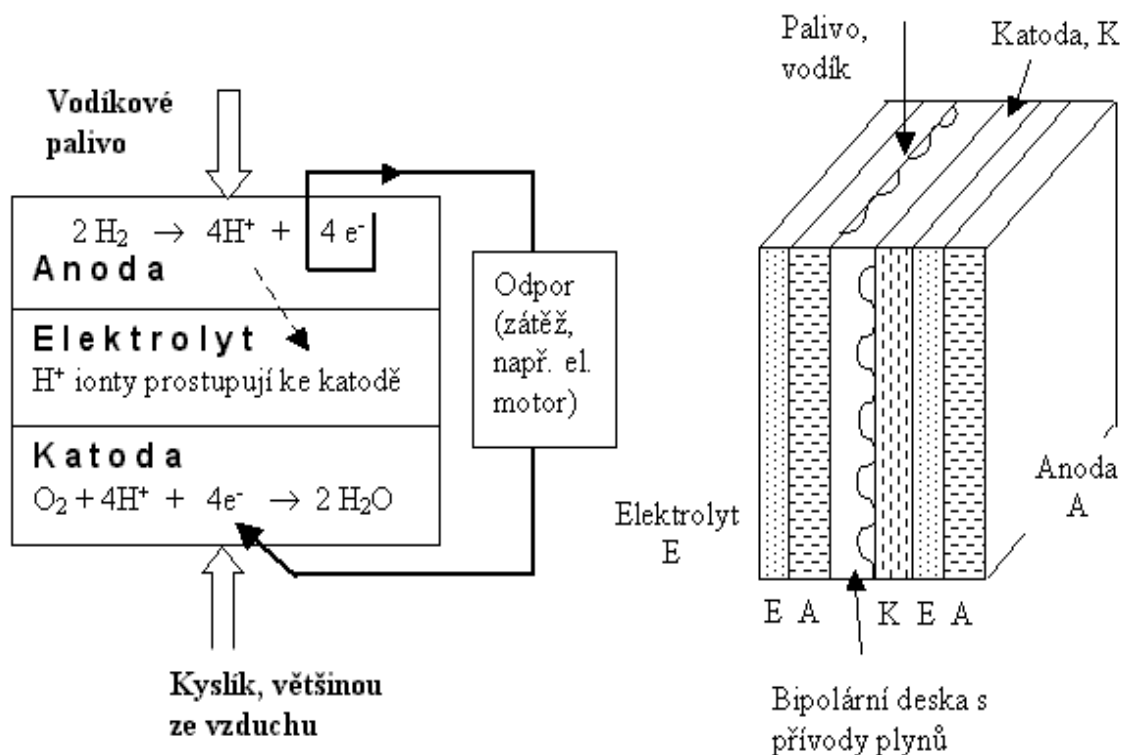
Jejich princip také není nijak složitý, dalo by se říci, že je to takový kříženec mezi akumulátorem a kondenzátorem, přičemž podobnost s akumulátorem zajišťuje přítomnost elektrolytu, zatímco podobnost s kondenzátorem jeho schopnosti velmi rychle se dobít a velmi rychle vypustit svojí naakumulovanou energii ven. Před nabitím jsou ionty rovnoměrně rozloženy v tekutém nebo gelovém elektrolytu, který je uložený mezi elektrodami. Při nabíjení se začnou záporné ionty pohybovat ke kladné elektrodě a naopak kladné ionty k záporné elektrodě. Napětí na superkondenzátoru je omezeno kvůli bezpečnosti a možného poškození součástky a nepřesahuje většinou 2,3 V. Další výhodou superkondenzátoru je jeho opakovatelná použitelnost po mnoha nabitích a vybitích, jelikož na rozdíl od akumulátoru neztrácí svoji kapacitu a díky malému vnitřnímu odporu jeho účinnost dosahuje téměř 95 %. Na druhou stranu superkondenzátory trpí samovybíjením a nízkou hustotou energie, která je oproti klasickým elektrochemickým článkům téměř 10x horší.

2.6 Vodík a palivové články

Elektrická energie se dá také akumulovat způsobem výroby vodíku, z něhož jde později zpětně vyrobit elektrická energie. V dobách mimo špičku se může přebytečná energie použít k výrobě vodíku za pomoci metody „elektrolýzy vody“. Tato metoda funguje tak, že do nějaké nádoby s vodou vložíme elektrody (samozřejmě kladnou a zápornou), na kterých začnou vznikat bublinky kyslíku a vodíku. Tento vodík se pak uskladní ve speciálních olověných nádobách, ať už v kapalném, či plynném stádiu a později se dále využije. Tento plyn se dá využít v palivových článcích, kde vyrobí elektřinu skoro stejným způsobem, jako se akumuloval, nebo se dá využít ve spalovnách, kde se pak teplo využije na výrobu páry, která pak jednoduše roztáčí turbínu s generátorem. Vodík má výbornou výhřevnost, která 2x předbíhá i výhřevnost benzínu a hlavně se při spalování neuvolňují zplodiny jako u pálení dřeva nebo benzínu, u kterých se uvolňují oxidy uhlíku, síry a jiných škodlivých plynů, zatímco u vodíku se po spalování uvolňují z drtivé části jen vodní páry a mizivá množství oxidu dusíku. Problémy však činí jeho vysoká výbušnost, schopnost difundovat do kovů (způsobuje křehnutí oceli) a také má velmi nízkou hustotu (díky čemuž jsou nádrže na vodík 3x větší než na benzín se stejným obsahem energie), kvůli kterým se výrazně prodražuje jakékoliv skladování. Účinnost není nijak zvlášť převratná, kde kupříkladu elektrolýza vody pracuje jen s 50 % účinností. Dále tepelná elektrárna (kde se spaluje tento vodík) má účinnost 40 % a hodnota účinnosti u palivového článku se točí okolo 35-50 %.

I přes všechny tyto nedostatky se s vodíkem počítá jako palivem budoucnosti a již v dnešní době existují vozidla poháněná právě touto vodíkovou energií. Konkrétním příkladem je dokonce i u nás v ČR provozuschopný tzv. H₂ Bus (zobrazený na obr.č.13), který jezdí v Neratovicích. Tento autobus prošel již mnohými testy a jezdí právě na energii z palivových článků. Mimo palivové články jsou v autobuse využity i ultrakapacity. Pro vodík navíc nastává světlá budoucnost, jelikož se vyvíjejí nové jaderné elektrárny čtvrté generace, které by mohly mít i jako vedlejší produkt právě vodík. Tím by se vysoká cena vodíku snížila a byl by dostupnější. Na výzkumech ohledně těchto jaderných elektráren a vodíku se mimo jiné státy podílí i VÚ Řež.

Samotný palivový článek funguje na principu přeměny chemické energie paliva (vodíku) a okysličovadla (kyslíku) na elektrickou energii. Toho docílíme za pomoci dvou elektrod pokrytých uhlíkem s malou příměsí platiny sloužících jako katalyzátor. Mezi elektrody je vložena tenká membrána propouštějící jen kladně nabitě ionty. Palivo je vedeno na anodu, kde začne disociace (rozdělení) iontů na kladné a záporné. Kladně nabitě prochází membránou a záporné elektrony jsou odváděny do sítě. Na katodě se nakonec sloučí dva atomy vodíku a dva elektrony s kyslíkem a vznikne odpadní voda.



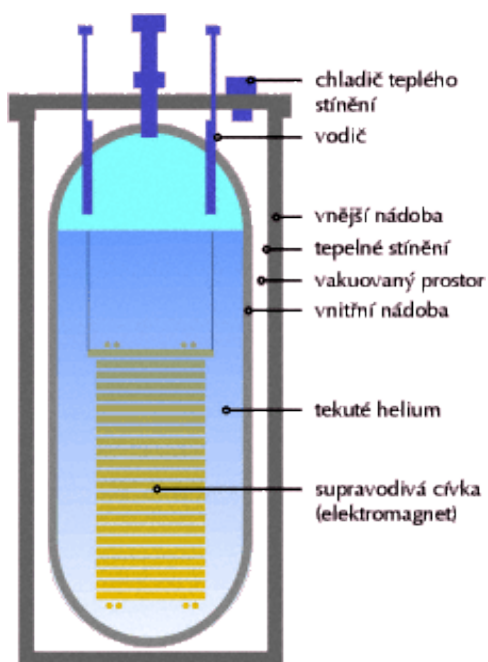
Obr.č.12 Schéma palivového článku



Obr.č.13 Autobus jezdící na vodík

2.7 Supravodivé indukční akumulátory

Další a poslední možností, o které zde píše je supravodivý indukční akumulátor, který pracuje na principu cívky, což je stejně jako kondenzátor elektrotechnická součástka. Pojem supravodivý značí vodivý materiál, který je zmrazený na tak nízkou teplotu, že jeho odpor klesá na velice nízké hodnoty, díky čemuž se téměř odstraní veškeré tepelné ztráty. Přesně tato technologie je využívána i u těchto akumulátorů, kde se takto podchladí dráty a cívky za pomoci kapalného helia či dusíku (supravodivé materiály se dělí na dvě skupiny, vysokoteplotní a nízkoteplotní, přičemž vysokoteplotním stačí na zchlazení vyšší teplota, a mohou se tak nechat chladit tekutým dusíkem, zatímco nízkoteplotní již potřebují účinnější, ale zato dražší a tím méně využívané kapalné helium) a připojí se k síti, kde je již připraven usměrňovač, který převede střídavý proud na stejnosměrný (jelikož u střídavého proudu by se neustále magnetické pole měnilo a uvnitř cívky by se nenaakumulovala energie). Okolo každého drátu, ve kterém proudí elektrický náboj, se tvoří magnetické pole. Tohoto jevu využívá cívka, která představuje alfu a omegu v tomto typu akumulace. Supravodivé indukční akumulátory fungují jednoduše tak, že převedou elektrickou energii stejnosměrného proudu na magnetickou. Při tomto procesu stále probíhá podchlazenou součástkou převedené síťové napětí, díky čemuž cívka udržuje magnetické pole. Zatím se tyto akumulátory využívají spíše k překonání menších výpadků, kde cívka po přerušení nebo snížení napětí v síti přetransformuje magnetickou zpět na elektrickou, kterou dokáže do sítě přidávat už za 0,2 μ s, a to o výkonu až 1 MW. Podle zkoušek vydržely tyto akumulátory miliony cyklů nabití-vybití a po započítání ztrát na cívce, chlazení vodičů a usměrňovači dosahly účinnosti přibližně 95 %. Jedna z těchto cívek stabilizuje spojovací vedení společnosti Bonneville Power v Oregonu (USA) s kapacitou 800 Wh.



Supravodivost jako jev byla objevena holandským fyzikem Heikem Kamrlinghem Onnesem, který testoval tepelnou závislost na elektrickém odporu a náhodou použil smyčku pevné rtuti, která vytvořila cívku, již ponořil do kapalného helia. Díky zchlazení se zmenšil odpor natolik, že se stal v té době neměřitelným, a čímž byla supravodivost objevena. V dalších letech byly nalezeny další materiály, kovy a slitiny, u kterých se také odpor změnil na velmi nízké hodnoty a které nahradily dřívější rtuť. První problémy však povstávaly z chlazení heliem, jelikož dříve nebyly ještě tak kvalitní a výborné technologie. Tomuto odvětví velmi pomohl nález vysokoteplotních supravodičů roku 1986, neboť se mohly mrazit kapalným dusíkem. Na zkapalnění dusíku není potřeba tak malá teplota a samotný dusík se dá dost dobře vyrábět i z okolního vzduchu, takže je jeho výroba mnohem levnější než u helia.

Obr.č.14 Schéma supr. induk. akumulátoru

3. Praktická aplikace akumulátorů pro chatu

3.1 Rodinná chata

Pro příklad bychom si mohli vzít naši chatu, která se nachází ve stavu rekonstrukce. Na střechu chaty se chystáme nainstalovat na střechu fotovoltaické panely a využít tak sluneční energii k napájení domu. Slunce však nesvítlí vždy, kdy bychom potřebovali spustit své spotřebiče, takže si chceme pořídit ještě akumulační zařízení, do něhož by se energie z panelů ukládala a při spuštění spotřebičů vybíjela. Přes týden by byla chata prázdná a nevyužívaná, na druhou stranu by se právě energie nabíla do akumulačního zařízení a o víkend bychom tak na energii ušetřili, nebo ji měli úplně zdarma.



Obr.č.15 Rodinná chata

Akumulátor dost velký na to, aby zásoboval chatu, by však musel mít nějaké speciální místo. Samozřejmě musí být místo přímo na onen akumulátor, přičemž většina akumulátorů je ještě v nějakém ochranném, někdy kovovém obalu. Další celkem důležitou nutností je sucho, pro samotný akumulátor, nebo jakoukoliv elektroniku nikdy není dobré mokro a vlhko. Na naší chatě bych přemýšlel o místě pod střechou, neboli na půdě, kde je jak sucho, tak i volné a skoro nevyužité místo.

3.2 Potřeba el. energie

Chceme svoji chatu zabezpečit na přibližně 4 dny a jako první krok si nejdříve musíme zjistit, jakou spotřebu vlastně potřebujeme vyrovnat. Údaje o příkonu (ve watech) jsou napsány přímo na spotřebiči nebo v jeho návodu, takže by jejich vyhledání nebylo příliš složité. My potřebujeme napájet tyto spotřebiče: kombinovaná lednice, televize, počítač a osvětlení (dvě zářivky s příkonem 2x36W, dvě úsporné žárovky po 14W, čtyři žárovky po 60W). Samozřejmě bychom mohli započítat i bojler a sporák, ale z důvodu ušetření na ceně a velikosti akumulátorů se více vyplatí, aby se z elektrického sporáku přešlo na plynový. V případě bojleru by bylo výhodnější vodu ohřívat spíše solárními panely, sloužícími přímo k ohřevu vody (mají větší účinnost, až 40 %, zatímco fotovoltaické panely dokážou využít pouze 5-20 % dopadajícího slunečního záření).

Nakonec bych podotkl něco málo i k lednici, jelikož tam je to trochu složitější. I když by se zdálo, že lednice běží celý den, funguje pouze pět minut za hodinu při výkonu cca 200W. Výrobci většinou udávají hodnoty roční spotřeby, kterou samozřejmě můžeme vydělit na dny a posléze na hodiny, tak dostaneme zprůměrovanou hodnotu hodinové spotřeby za jeden den. Tento údaj můžeme použít při počítání celkového množství energie, ale nemůžeme ho započítat do maximálního okamžitého příkonu, jelikož lednička má příkon mnohem větší, než je ten zprůměrovaný. Budeme tedy u ledničky počítat příkon 224W v případě, že by denně fungovala v součtu 3 hodiny, aby se výsledek rovnal výsledné spotřebované energii o hodnotě 672Wh.

Dále si zjistíme přibližně, jak dlouho budeme mít všechny spotřebiče spuštěné (nejlépe v hodinách). Tyto získané hodnoty nakonec u každého spotřebiče zvlášť vynásobíme podle vzorce:

$$Q = P * t$$

$$\text{Energie (Q)} = \text{příkon (P)} * \text{čas (t)}$$

$$\text{Wh} = \text{W} * \text{h}$$

spotřebič	příkon (W)	čas (h)	energie (Wh)
komb. Lednice	224	3	672
TV	42	10	420
PC	220	8	1760
světla	334	4	1336
max. okamžitý příkon	820	-	-
celkem za 1 den	-	-	4188
celkem za 4 dny	-	-	16752

Tab.č.1 Spotřebiče a jejich spotřeba

Ve výsledku potřebujeme akumulátory, které dokážou pojmout přibližně Q = 17 kWh energie.

3.3 Návrh frekvenčního měniče

Jako další důležitá část postupu je považován frekvenční měnič (střídač), který převede stejnosměrný proud z baterií na střídavý proud, který bude napájet spotřebiče. K navržení této části obvodu je třeba znát maximální okamžitý příkon. Potřebujeme ještě vědět, jaký bude vstupní proud a napětí. To se dá uspořádat seřazením baterií, k čemuž se dostaneme v bodu 3.4. Já jsem si vybral speciální střídač, který nepotřebuje přesně uzpůsobenou hodnotu vstupního proudu a napětí. Je sice dražší než obyčejné střídače (na 12V nebo 24V), ale na druhou stranu se nebudou muset složitě propojovat baterie a nebudou se muset pořizovat speciální vodiče na vyšší proudy vycházející právě z paralelně seřazených baterií. Po hledání mezi výrobci se nakonec zdá nejlepší střídač typu SMA – Sunny boy 1600 TL. Je to beztransformátorový střídač s účinností 96 % a s cenou pohybující se okolo 22 000 Kč, což je v porovnání s klasickými střídači téměř 10x dražší. Na druhou stranu tento přístroj oplývá výbornými technickými parametry k našim akumulátorům a menšímu vstupnímu proudu (který bude rozhodujícím parametrem při dimenzování vodičů).



Obr.č.16 Střídač Sunny boy 1600TL

Minimální vstupní napětí je 125-150V, což je víceméně vyhovující a k čemuž budeme muset později upravit kombinaci baterií. Maximální vstupní napětí je naopak 600V, pro které bychom potřebovali opravdu zbytečně velké množství baterií, aby se tato mez dala vůbec překonat. Maximální výkon střídače je 1600W. To je i dostatečná rezerva k naší vypočítané spotřebě (820W).

3.4 Návrh akumulátoru

Jako poslední a zároveň nejdůležitější částí je samotný akumulátor. V tomto případě musíme hledět na hodnoty energie, kterou potřebujeme uskladnit. V našem případě je to minimálně 17 kWh energie, kterou potřebujeme naakumulovat pro potřeby spotřebičů. Dalším požadavkem je, aby výsledné napětí dávalo hodnoty mezi 125-600V kvůli střídači zapojenému hned za bateriemi. Pro fotovoltaické systémy je asi nejvhodnější trakční olověný akumulátor. Samozřejmě by se daly použít i speciální Li-ion baterie, ale ty jsou velice drahé.

Já si vyberu akumulátory typu „trakční baterie VARTA Professional Dual Purpose“ kvůli jejich výborným parametrům, které se ve větším počtu, hodí pro mé účely. Kapacita jedné baterie je 180Ah s napětím 12V a hmotností v nabitém stavu 45 kg. Jednou z výhod je jejich bezúdržbový provoz. Odpadá občasné dolévání destilované vody nebo jiného elektrolytu. Jejich životnost se udává kolem 200 cyklů, což na nějakou dobu zcela jistě vydrží. Cena jedné baterie se pohybuje okolo 4500 Kč.



Obr.č.17 Trakční baterie VARTA Professional Dual

První, co si potřebujeme zjistit, je počet baterií, které tedy budeme potřebovat. Jedna baterie by nám asi těžko stačila na všechny spotřebiče, takže si za pomoci jednoduchého vzorce vypočítáme, kolik Wh vlastně každá baterie má. Vynásobíme hodnotu kapacity baterie v [Ah] s hodnotou napětí v [V].

$$Q_{AK} = 180Ah * 12V = 2160VAh = 2160Wh = 2,16kWh$$

Každá baterie má kapacitu 2,16 kWh a je pouhou částí ze 17kWh energie, kterou chceme získat a uskladnit. Budeme pokračovat výpočtem potřebných baterií, který provedeme vydělením potřebné energie energií jedné baterie ($17/2,16$). Ať už výsledek vyjde jakýkoliv, zaokrouhlíme ho nahoru. V tom případě nám vyšlo, že potřebujeme 8 baterií stejného typu na uskladnění požadovaného množství energie. Nyní už jen zbývá dané baterie seřadit tak, aby dávaly více než 125V nutných pro střídač a aby napětí nepřesáhlo maximálního vstupního napětí 600V. Můžeme to udělat třemi způsoby, buďto paralelně, sériově, nebo sérioparalelně. K našim účelům stačí jednoduché sériové, při kterém seřadíme baterie za sebou do jedné řady. Jelikož se napětí v tomto způsobu sčítá, raději ještě ověříme vynásobením napětí baterie počtem ($12V * 8$) a dostaneme výsledné napětí z baterií, které se bohužel rovná nevyhovujícím 96V. V tomto případě tedy musíme přidat několik baterií, aby nám sériově daly součet alespoň 125V. Na tuto hodnotu potřebujeme alespoň 12 baterií (přidáme tedy ještě 4 baterie), které nám dají již vyhovující napětí 144V. Celková kapacita spojených baterií bude cca 26 kWh, což je i dostatečná rezerva pro budoucí přidání dalších spotřebičů.

sériově řazené baterie: 12 x 12V



Jelikož budou baterie vážit celkově 540 kg, přičemž nepočítám ještě další příslušenství, bude se muset nalézt opravdu vhodné místo, které by splňovalo všechny nároky a také vydrželo konečnou zátěž naplněných akumulátorů. Půda zmiňovaná výše by se dala použít, ale mělo by se alespoň zvážit jejich rozložení po částech po celé půdě, nebo je případně postavit nad nějakou nosnou zeď.

4. Závěr

4.1 Závěr

Existuje mnoho způsobů jak naakumulovat elektrickou energii, na které v nynější době lidstvo doslova závisí. Pokusil jsem se vysvětlit a popsat, jak fungují ty nejrozšířenější a nejzajímavější novodobé akumulační metody, i když bych mohl s jistotou říci, že o každém z těchto aspektů by se dala napsat samostatná detailnější práce. Zpočátku jsem si nemyslel, že práce bude tak náročná. Musel jsem prostudovat mnoho materiálů a informací z internetu. Proto jsou použité zdroje tak rozsáhlé.

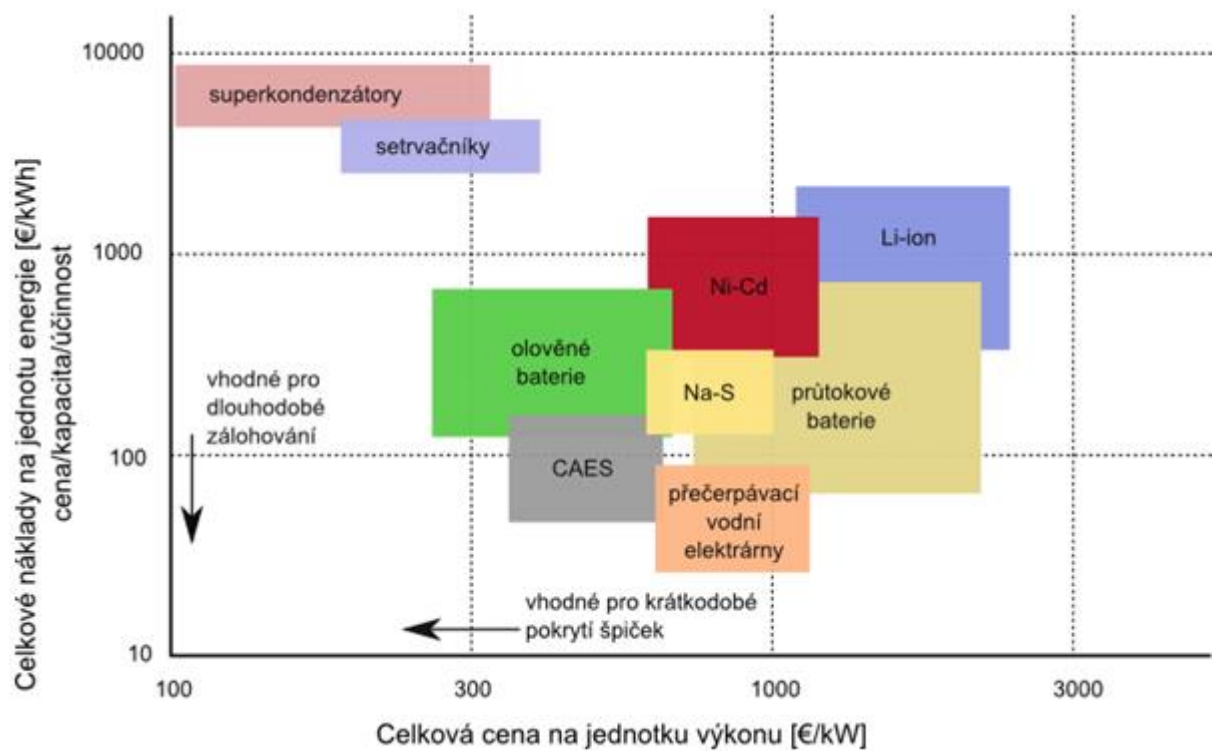
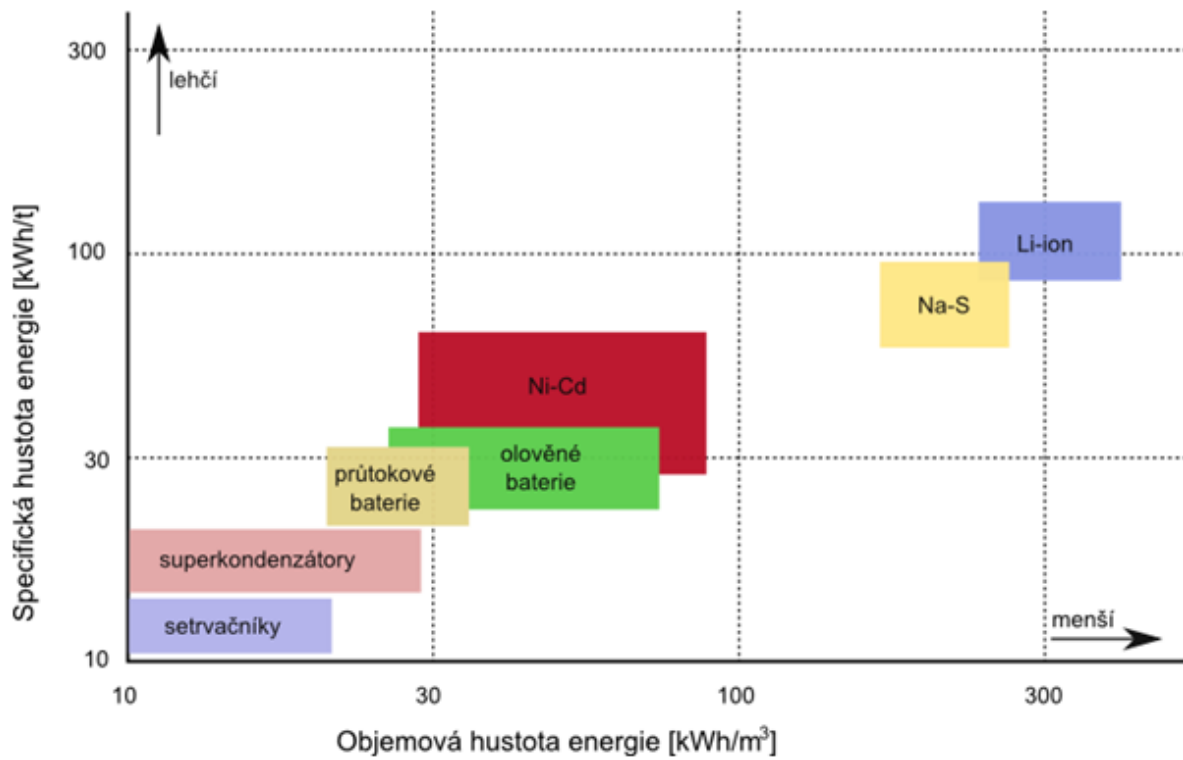
Všechny způsoby akumulace elektrické energie mají své klady a zápory, některé by se daly využít tam a jiné by se zase výborně hodily jinde (jako příklad by se výborně hodil setrvačnick, kvůli svým podmínkám a schopnostem), a proto zkoušet vybrat nejlepší řešení a zkusit ho aplikovat všude by bylo bláhové.

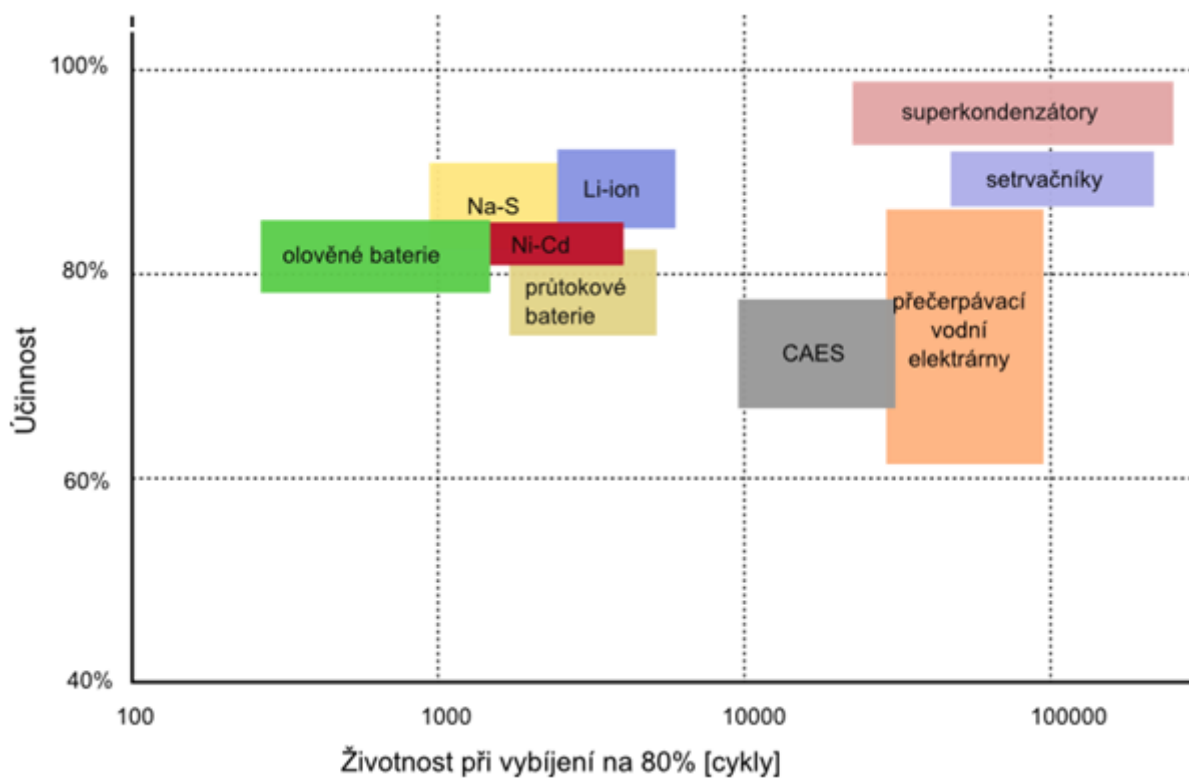
Nejprve mne zaujala problematika vodních přečerpávacích elektráren, jelikož jsem měl tu čest se roku 2010 účastnit exkurze na PVE Dlouhé Stráně. Zde mě zaujala myšlenka a zpracování elektrárny (zajímavé byly i detaily, kupříkladu, že i když je strojovna v podzemí, jsou u stropu udělaná ze zcela psychologického důvodu umělá neopravdová okna). Se školou jsem měl možnost navštívit výstaviště v Praze v Letňanech, kde jsem zkontaktoval zástupce české energetické společnosti ČEZ. Ten mi bohužel nesdělil žádné zajímavé informace s odůvodněním, že akumulace je zatím hudbu budoucnosti a v této době je nevýhodná a neúčinná. Následně jsem se o několik týdnů později začal zajímat v souvislosti s tímto projektem i o další zajímavé způsoby akumulací, a našel jsem tzv. systém Siestorage. Hned jsem si tedy začal zjišťovat více informací, ze kterých bylo zřejmé, že tento převratný projekt má na svědomí společnost Siemens. Nakontaktovali jsme se na firmu Siemens v Německu, ale i na českou pobočku, a chtěli jsme za tím účelem provést exkurzi. Nakonec se ale ukázalo, že popsaná problematika byla propagandisticky zveličená. Siemens ČR nám zaslal užitečné informace, ale z německé strany nám raději ani neodpověděli a nedokázali vyjít vstříc našemu zájmu. Viz příloha.

Nejvíce mne však nakonec oslovil projekt CAES, hlavně zlepšený AA-CAES pracující se stlačeným vzduchem, kvůli zajímavé myšlence a jejímu uskutečnění. Pro zajímavé srovnání jsem přiložil dále několik grafů znázorňujících zajímavá technická srovnání, i když technologie se neustále posouvají kupředu a parametry akumulátorů se stále zlepšují.

Práci bych chtěl zhodnotit za pomoci nějakých čísel jako třeba nákladů, úspor, ek. návratnosti. Úspory se dají posoudit jako investice k obnovitelným zdrojům. Životní prostředí ušetříme tím, že v době kdy elektrárny na obnovitelné zdroje nemají podmínky a nevyrábějí energii, nemusíme za použití akumulačních prostředků provozovat uhelné a jiné elektrárny na neobnovitelné zdroje. Díky tomu se nebude muset spalovat tolik tun uhlí a do ovzduší vypouštět tuny CO_2 , popílků a jiných škodlivých částic, zvláště když platí $1MWh \doteq 1$ tuna spáleného uhlí.

Budoucnost energie z obnovitelných zdrojů, ale vlastně i celé energetiky zčásti závisí na jakýchkoliv způsobech akumulací vyrobené energie, nebo na její přímé výrobě. Zvláště pokud se budeme chtít co nejdříve odpoutat od okovů neobnovitelných zdrojů, které dříve, či později dojdou, bude v blízké budoucnosti na akumulaci záviset mnohé.





4.2 Závěr k mému návrhu

Návrh na takovouto chatu je výborným příkladem pro použití akumulační techniky k obnovitelným zdrojům. Když začne svítit slunce, začne nabíjet akumulátory, díky čemuž se stává chata na nějakou dobu víceméně soběstačná. Ale ani po nabití baterií děj nekončí, je možné se dohodnout s energetickou firmou rozvádějící v dané oblasti elektřinu, by se mohla přebytečná nevyužitá energie za nějakou částku použít do sítě. Nejen že by se tím pomohlo oné firmě, ale také by se značně urychlil návrat financí vložených do celého pořízeného fotovoltaického a akumulačního systému.

Tento návrh je však pouze dílčí částí ze všech návrhů a teoretických plánů, které by se na uskutečnění soběstačnosti naší chaty musely ještě provést. Mezi takovéto návrhy patří například volba důležitých fotovoltaických panelů, bez kterých by byl celý systém z větší části neúčinný a sloužil by pouze jako záchrana při několikadenním výpadku proudu. Také by se měl určitě zmínit návrh na dimenzování drátů (vodičů), kvůli různě velkým proudům a ušetření. Jako poslední bych ještě zvýraznil konečný návrh na připojení do rozvodné sítě, s čímž úzce souvisí i připojení do sítě, a kde by se musel navrhnout systém přepínání baterií a sítě. Tyto návrhy na zprovoznění celého systému bych plánoval více do budoucna, protože se budeme některé věci, kterým stále ještě moc nerozumím, učit až ve čtvrtém ročníku.

4.3 Použité zdroje

Texty: <http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/ukladani-elektřiny-z-fotovoltaických-a-větrných-elektřin.aspx>

http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=30015

https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=66702

http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/06/cesty_1.html

http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana

<http://www.panska.cz/files/ukazky-praci/dgt-gst/lithiove-clanky.pdf>

<http://www.allforpower.cz/UserFiles/files/2011/siemens.pdf>

https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/sektoř_energy/siestorage/Documents/Letak_Energy_Storage-A4-nahled.pdf

https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/sektoř_energy/siestorage/Pages/siestorage-ocelarna.aspx

Obrázky: <http://oze.tzb-info.cz/docu/clanky/0074/007435o23.png>

http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/images/06/61_07.gif

http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/images/06/61_04.gif

http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/images/06/61_06.gif

<http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/obrazky/17-Akumulatoř.jpg>

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/NiMH_2500mAh.jpg

<http://files.krtek.rubicus.com/200000202-ddeccdee6b/baterky.gif>

https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=66702

<http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0018/001837o2.gif>

http://www.issnp.cz/storage/200912201622_autobus.jpg

<http://www.allforpower.cz/UserFiles/files/2011/siemens.pdf>

<http://oze.tzb-info.cz/7435-akumulace-elektřiny>

<http://www.nazeleno.cz/Files/FckGallery/Nov%C3%BD%20WinRAR%20ZIP%20archiv.zip/obr4b.png>

<http://www.sma-czech.com/cs/produkty/stridace-pro-zapojeni-do-rozvodne-site/sunny-boy/sunny-boy-1300tl-1600tl-2100tl.html#tab-1892>

<http://www.battery.cz/trakcni-baterie-varta-professional-dual-purpose-deep-cycle-180ah-12v-1fd180.html#zalozka-3>

4.4 Příloha



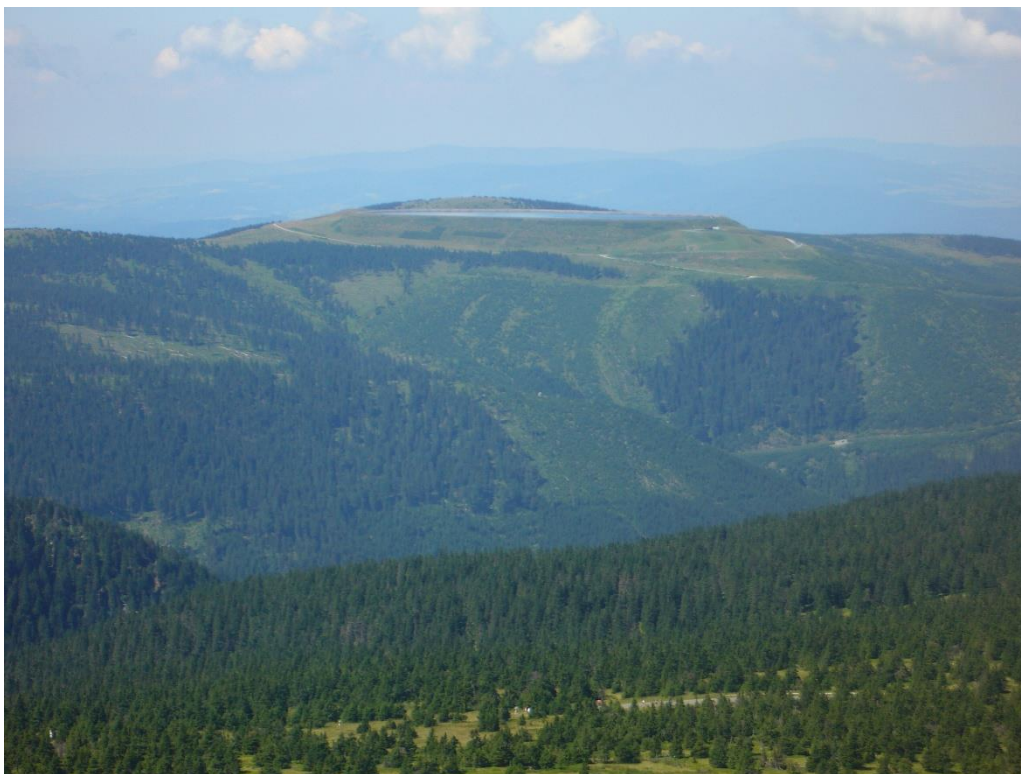
Příloha č.1 - Informační středisko Dlouhých Strání



Příloha č.2 - Pohled na horní části dvou turbín



Příloha č.3 – Pohled na horní nádrž (v pozadí hora Praděd)



Příloha č.4 – Pohled z Pradědu na horní nádrž Dlouhých Strání



Příloha č.5 – PVE Štěchovice



Příloha č.6 – PVE Dalešice



Příloha č.7 – PVE Černé jezero (strojovna)

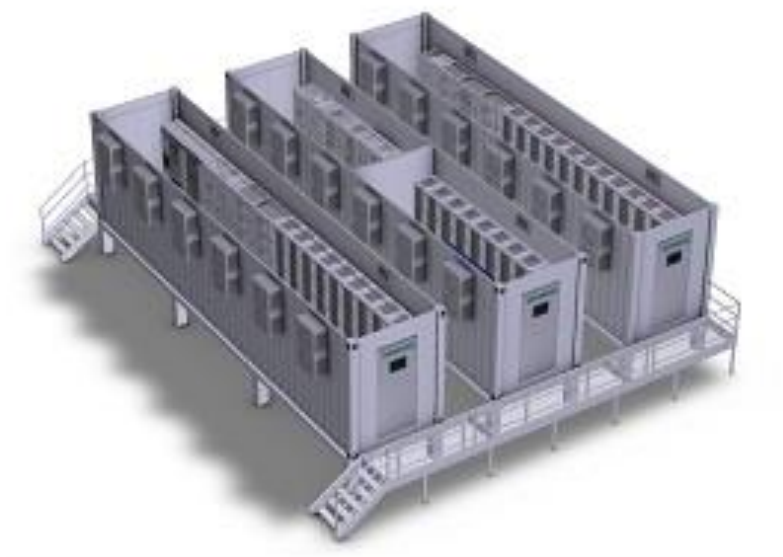


Příloha č.8 – Systém Siestorage zvenčí



composición fotos Blog.IS-ARQuitectura.es

Příloha č.9 – Siestorage zevnitř (vlevo vnitřek bateriové skříně)



Příloha č.10 - 3D model Siestorage

Příloha č.11 - Email poslaný do Siemensu

----- Forwarded message -----

From: **Kateřina Jarořov** <jarosova@issnp.cz>

Date: 2014-12-11 10:22 GMT+01:00

Subject: Nachfrage

To: support.ic@siemens.com

Seher geeherte Damen und Herren,

ich vertrete die Fachoberschule für Elektrotechnik in Nov Paka. Unsere Schüler nehmen jedes Jahr an einem Wettbewerb mit dem Namen ENERSOL teil. Dieser Wettbewerb orientiert sich an die Schülerarbeiten und Schlerprsentation, die sich mit Energiesparungen und Verwendung von erneuerbaren Energiequellen. Der Wettbewerb findet in 3 Runden teil. Die erste Runde ist die Regionalrunde, dann gehen die ersten 3 Schüler weiter in die zweite Runde – Nationalrunde und dann weiter in die Internationalrunde. Unsere Schüler vertreten ihre Schule fast jedes Jahr in den Internationalen Runden.

Jetzt arbeitet einer von unseren Schülern an seinem Projekt „Die Akkumulation von der Energie aus den erneuerbaren Energiequellen“ und er las in einem Fachzeitschrift von Ihrem Akkumulationssystem Siestorage. Wir wollen fragen, ob es möglich wäre, mehrere Informationen von Ihnen zu bekommen, es geht um die Infromationen wie Effizienz, technische Parametr, ekologischer Hinsicht, Lebensdauer der Baterie usw. und vielleicht auch eine Exkurzion bei Ihnen abzusprechen.

Wir wären Ihnen sehr dankbar für diese Informationen und auch für die möglichkeit Ihre Firma zu besichtigen.

Ich danke Ihnen im Voraus.

Mit freundlichen Grssen

Mgr. Kateřina Jarořov und Ing. Luboř Mal

Deutschlehrein und der leitende Lehrer des Projektes

Příloha č.12 - Odpověď ze Siemensu

----- Forwarded message -----

From: support.energy@siemens.com <support.energy@siemens.com>

Date: 2014-12-11 11:40 GMT+01:00

Subject: Ticket Nr./No.: 1-674528: Nachfrage: System No: ISSUE=674528 PROJ=1

To: jarosova@issnp.cz

IMPORTANT: When replying, type your text above this line. --- WICHTIG: Bei Antwort, bitte Ihren Text oberhalb dieser Linie eingeben.

1 Siemens Customer Support for Energy Ticket Notification

Additional Recipients / Zusätzlich Benachrichtigte:

Customer Support Center STATUS REPORT

Ticket Status: Open

Topic/ Thema: Nachfrage

Received on/ Gemeldet am: 2014-12-11 - 10:25:42

=====English Version: Die deutsche Version finden Sie weiter unten.=====

Dear Katerina Jarosova,

Your request to the Customer Support Center dated 2014-12-11 - 10:25:42 concerning Nachfrage is processed under the Ticket-No.: **1-674528**.

For additional amendments to this ticket, please exclusively use the reply function, otherwise the correct allocation to your ticket cannot be ensured.

=====Deutsche Version=====

Sehr geehrte(r) Katerina Jarosova,

Ihre Anfrage an das Customer Support Center vom 2014-12-11 - 10:25:42 betreffend Nachfrage wird bearbeitet unter der Ticket-Nr.: **1-674528**.

Für schriftliche Ergänzungen zu diesem Ticket, verwenden Sie bitte ausschließlich die Antwortfunktion, da ansonsten die korrekte Zuordnung zu Ihrem Ticket nicht sichergestellt werden kann.

Kind regards,
Mit freundlichen Grüßen

Siemens AG
EM SG AS OP D
Customer Support Center
Tel.: +49-180-524-7000
Fax: +49-180-524-2471
E-Mail: support.energy@siemens.com

Siemens Aktiengesellschaft: Chairman of the Supervisory Board: Gerhard Cromme;
Managing Board: Joe Kaeser, Chairman, President and Chief Executive Officer; Roland
Busch, Lisa Davis, Klaus Helmrich, Hermann Requardt, Siegfried Russwurm, Ralf P.
Thomas; Registered offices: Berlin and Munich, Germany; Commercial registries: Berlin
Charlottenburg, HRB 12300, Munich, HRB 6684; WEEE-Reg.-No. DE 23691322

Important notice: This e-mail and any attachment thereof contain corporate proprietary
information. If you have received it by mistake, please notify us immediately by reply e-mail
and delete this e-mail and its attachments from your system. Thank you.

Příloha č.13 - Odpověď ze Siemensu ČR

----- Přeposlaná zpráva -----

Od: **Bukac, Vladimír** <vladimir.bukac@siemens.com>

Datum: 1. prosince 2014 11:55

Předmět: RE: ENERSOL - Siestorage a ISS Nová Paka

Komu: "maly@issnp.cz" <maly@issnp.cz>

Dobrý den, pane Malý,

obdržel jsem Váš dotaz stran Siestorage – aktuálně sháním nějakou kompetentní osobu, která by Vám mohla pomoci. Bohužel pan Zdeněk Miláček, který je uveden na našich webových stránkách (https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/sector_energ_y/siestorage/Pages/Siestorage.aspx, pravděpodobně jste je viděl), již v Siemensu nepracuje.

Podle mých informací je prozatím v provozu pouze Siestorage v Itálii, v případě německého Eisenhüttenstadtu si nejsem na 100% jistý, zda je vše již zrealizováno. V ČR se zatím o žádná výstavba neplánuje, byť my i naši zákazníci cítíme, že akumulace je téma budoucnosti.

Prozatím doporučuji zajímavou animaci:

http://w3.siemens.com/powerdistribution/global/SiteCollectionDocuments/en/mv/power-supply-solutions/siestorage/IC_LMV_Siestorage_Datenblatt_3D_EN.pdf

Možná by se mohla hodit i krátká úvaha P. Pačese na téma akumulace, text vyšel v našem zákaznickém magazínu Energo:

<https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/novinky/Pages/budoucnost-energetiky.aspx>

Ozvu se Vám, jakmile budu mít bližší info.

S přáním hezkého dne

Vladimír Bukač
CG Business Partner

Siemens, s.r.o.
Communications and Government Affairs
CG
Siemensova 1
155 00 Praha 13, Česká republika
Mobil: +420 724 652 306
vladimir.bukac@siemens.com
<http://www.siemens.cz>