

Sekundární články a akumulace energie v energetice a dopravě

Landis Gyr+

Úvod do akumulace.

Současné trendy v rozvoji moderní energetiky a dopravy naznačují, že tyto klíčové sektory hospodářství stojí na počátku nové éry svého rozvoje. Pokud se mají vyrovnat s výzvou doby a požadavkem na rozvoj nových zejména obnovitelných zdrojů energie a ekologicky čistý provoz dopravních prostředků, tak se nevyhnou experimentování a nasazování nových technologií v oblasti akumulace energie.

Pokud bychom zjednodušili požadavky, které přináší někdy až překotný rozvoj distribuované výroby energie a obnovitelných zdrojů s požadavky nastupujících elektromobilů, tak by se jednalo zejména o zajištění stabilních dodávek elektřiny, kontrolu zátěže sítí, zvýšení dojezdu elektromobilů a to vše za předpokladu ekonomicky dostupných technologií a řešení. Tento požadavek na technologii a ekonomiku ačkoliv se zdá být na dosah bude muset projít ještě určitým vývojem, než bude moci být plně a doufejme beze zbytku naplněn.

Cílem tohoto příspěvku není analyzovat všechny technologické a ekonomické aspekty akumulace, ale spíše přiblížit čtenáři v jaké fázi se dnes nacházíme a co je v nejbližší budoucnosti možné očekávat. Současný vývoj v oblasti technologií akumulace se již vydal různými směry s cílem nalézt nové inovativní řešení a splnit výše uvedené požadavky. Aniž bych chtěl opomíjet některé nové revoluční trendy, tak bych se ve své analýze zaměřil zejména na oblast sekundárních článků a jejich technologií.

Technologie sekundárních článků

V současnosti mezi nejpoužívanější technologie sekundárních článků tzn. akumulátorů patří:

- Lithiové baterie a články tzn. Lithium-iontové (Li-Ion), lithium-polymerové (Li-pol)

- Alkalické baterie a články na bázi MnO_2 (oxid mangančitý, burel)
- Nikl-kadmiové (NiCd), nikl-ocelové (NiFe) a nikl-zinkové (NiZn) akumulátory, které jsou založené na podobném principu
- Nikl-metalhydridové akumulátory (NiMH)
- Stříbro-oxidové baterie a články, kdy anodu tvoří Ag_2O (oxid stříbrný)
- Zinko-vzduchové baterie a články (ZnO_2)
- Olověné akumulátory (PbA)
- Sodíkové sírové akumulátory (NaS)
- Hybridní baterie (HB)
- Ultrakapacity (UCAP)

Klíčovou otázkou u rozsáhlého množství baterií a článků zůstává, které technické a koncepční parametry rozhodnou o jejich ekonomice a aplikovatelnosti. Při rozhodování o vhodné technologii sekundárních článků klíčovou úlohu hrají následující technické parametry, které zároveň rozhodnou i o ekonomice provozu a vhodnosti využití:

- Kapacita v Ah
- Napětí akumulátoru (jmenovité, skutečné, max. nabíjecí a min. vybíjecí napětí, konečné nabíjecí napětí)
- Max. dobíjecí a vybíjecí proud
- Hustota energie
- Životnost a počet cyklů dobíjení a vybíjení
- Spolehlivost a stabilita
- Provozní odolnost, přetížitelnost, pracovní teploty, dolní a horní vybíjecí napětí
- Bezpečnost a ochrana životního prostředí
- Rozměry, hmotnost a škálovatelnost
- Možnosti připojení zejména pokud jde o napětí na svorkách
- Pořizovací cena

Zvýše uvedených parametrů je pak možné spočítat poměr cena výkon a stanovit optimální technologii baterií a článků. Samozřejmě s přihlédnutím k požadovanému použití baterií a sekundárních článků. V každém případě je nutné zdůraznit, že vlastní řešení akumulace s pomocí vybraných sekundárních článků nereprezentuje optimální řešení a efektivní fungo-

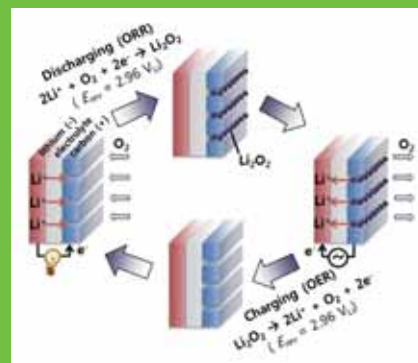


Schéma lithiové baterie

vání akumulátorů bez použití nezbytné související elektroniky a software. Řídicí elektronika u vybraných typů baterií a sekundárních článků např. Li-Ion, NiCd, NiMH atd. zajišťuje ochranu pomocí rovnoměrného napětí na všech článcích akumulátoru. Mezi některé další významné funkce ochranné elektroniky patří stabilizace popř. přerušení nabíjecího proudu při vnitřním přetlaku, kontrola teplotních limitů, ochrana proti přetížení u různých nabíjecích a vybíjecích režimů. Dříve než se dostaneme k dalším požadovaným funkcím řídicí elektroniky tak bych se pozastavil u některých vybraných typů baterií a sekundárních článků.

Pro lithium-iontové akumulátory je charakteristická záporná uhlíková elektroda (např. sloučeniny uhlíku a grafitu) s lithiem a kladná elektroda z kovového oxidu (např. lithiumkobalt, manganoxid, vanadiumpenoxid) s podílem Li. V principu jde o injektování iontů Li do krystalické mřížky vybraného oxidu. Lithium se vyznačuje vysokou vznětlivostí, a tato vlastnost musí být společně s někdy nebezpečným elektrolytem, jako jsou agresivní organická rozpouštědla (propylen a ethylen-karbonát) bána v úvahu.

Články na bázi lithia se vyznačují vysokou hustotou energie, paměťový efekt zde není a samovybíjení je v porovnání s jinými typy baterií minimální tj. až o polovinu nižší než u některých vybraných akumulátorů např. NiCd a NiMH. Na druhé straně je nutné podotknout, že lithiové baterie jsou citlivé na nabíjení a jeho stabilitu a nutností integrace ochranné



SCiB články společnosti Toshiba

elektroniky. Důvodem je zahřívání, které se projevuje zejména při velké intenzitě nabíjení a vybíjení. Stejně tak je potřeba i říci, že tradiční lithiové články nepatří k nejlépejším a trpí zastaráváním (důvodem je rozpad lithia).

V současné době se celá řada významných společností zaměřila na proces inovací zaměřených na lithiové baterie s cílem eliminovat některé nedostatky těchto baterií a článků. Klíčovými oblastmi se tak stala vysoká životnost s cílem dosáhnout maximální počtu cyklů při zachování kapacity článku, fungování článků při extrémních teplotách zejména zlepšení kryogenního provozu při nízkých teplotách. Zlepšení nabíjecích a vybíjecích vlastností článků a zvýšení bezpečnosti.

V současnosti se tak zdá, že vybrané typy lithiových akumulátorů jako např. článků na bázi lithia a titanu nebo NMC (nikl-mangan-kobalt) se mohou stát favority pro pohon elektrických aut. Obdobný zájem je pak možné očekávat i od provozovatelů energetických zdrojů a poskytovatelů síťové infrastruktury.

Další alternativou akumulátorů na bázi lithia jsou lithiumpolymerové články, které využívají pevný elektrolyt, čímž SCiB články společnosti Toshiba odpadá např. potřeba separátoru. Tyto články se vyznačují nízkou hmotností, odolností vůči nízkým teplotám, ale zároveň i rychlou ztrátou kapacity.

Alkalické akumulátory NiMH a NiCd jsou velmi citlivé na proces nabíjení a vybíjení, které představují největší nedostatek této technologie. NiMH akumulátory reprezentují technologii založenou na niklu a vodíku s alkalickým elektrolytem. Záporná elektroda je založena na kovové slitině schopné vázat vodík, s nímž vytváří kovové hybridy. NiMH a NiCd technologie je citlivá na správné nabíjení a používání. U NiCd článků hrozí zatížení pamětovým efektem, který je vratný a u NiMH technologie pak mluvíme o efektu „líné baterie“ tzn., že při odběru proudu poskytují nižší napětí.

Seznam hustot energií	kJ/kg	kWh/kg	kWh/lb	Wh/kg	Wh/lb
Vodík stlačený při 700 bar	143.000	39,72	18,06	39,722	18,056
Benzín	47.200	13,11	5,90	13,111	5,960
Nafta	45.400	12,01	5,73	12,611	5,732
Propan vč. LPG	46,400	12,89	5,86	12,889	5,859
Tuk (živočišný/rostlinný)	37,000	10,28	4,67	10,278	4,672
Uhlí	24,000	6,67	3,03	6,667	3,030
Karbohydráty vč. cukru	17,000	4,72	2,15	4,722	2,146
Protein	16,800	4,67	2,12	4,667	2,121
Dřevo	16,200	4,50	2,05	4,500	2,045
TNT	4,600	1,28	0,58	1,278	581
Lithium-vzduchové baterie	4,800	1,33	0,61	1,333	606
Zinek-vzduchové baterie	3,200	0,89	0,40	889	404
Střelný prach	3,000	0,83	0,38	833	379
Lithiové baterie	1,300	0,36	0,16	361	164
Lithium-iontové	720	0,20	0,09	200	91
Alkalické baterie	590	0,16	0,07	164	74
NiMH baterie a články	288	0,08	0,04	80	36
Olověné	100	0,03	0,01	28	13
Elektrostatické kapacitou	360	0,10	0,05	100	45

Zdroj: 1) http://www.evscroll.com/Lithium_Ion_Car_Battery.html

Výhodou NiMH článků je jejich vyšší kapacita ve srovnání s NiCd řešením a samozřejmě i odstranění ekologicky nebezpečného kadmia je zřetelným kladem. Podrobné porovnání jednotlivých technologií by nepochybně přesahovalo rozsah a zaměření tohoto článku. Z tohoto důvodu bych uvedl stručné porovnání vybraných sekundárních článků a hustotu energie v porovnání s jinými druhy energií a paliv, který může být určitým vodítkem při odhadu dalšího vývoje, i když je v jistém ohledu zavádějící:

Při pohledu na výše uvedené porovnání se nabízí otázka, zda jednou z vhodných alternativ pro budoucí rozvoj národního hospodářství není vodíková energetika a doprava. Nicméně právě v tomto bodě bychom se dostali do diskuse nad dalšími technologickými a ekonomickými aspekty, které přesahují rámec předkládaného tématu. V každém případě rozšíření problematiky sekundárních článků a jejich úlohy o problematiku palivových článků je víc než na místě a má nepochybně své opodstatnění.

Elektronika, systémy a zákaznická řešení

Pokud má technologie sekundárních článků splnit svůj účel a očekávání uživatelů, tak ji bude muset doprovázet vhodná elektronika a systémové řešení viz. kapitola: Technologie sekundárních článků. V rámci ochranné a řídicí elektroniky je dle mého názoru jednou z nejpálčivějších otázek řešení balanceru tzn. zařízení, které by zvládlo optimalizovat a řídit zátěž více akumulátorů. Druhým klíčovým problémem jsou nadstavbové systémy a řídicí automatika pro oblast

dopravy a energetiky zejména pro stabilizaci zátěže a bilancování sítí.

Pokud jde o balancery je možné zvolit v závislosti na aplikaci vhodné řešení. Nejjednodušším řešením je pasivní omezovací napětí, který limituje maximální úroveň napětí podle článku např. vhodným nastavením trimru. V tomto případě většinu mluvíme o BMS (Battery Management Systému) nikoli balanceru.

Druhou možností je balancer, který aktivně hlídá napětí všech článků sestavy v průběhu celého nabíjecího a vybíjecího procesu. Způsobů řešení vhodného balanceru a jeho zapojení je více, nicméně řešení založené na propojení sousedních článků s průběžným vyrovnáváním energie mezi méně a více nabitým článkem považují za optimální. K řešení a rezervaci energie se pak většinou používá indukčnost nebo kondenzátor a mluvíme o nábojové pumpě.

Alternativním řešením může být i detekce limitů napětí s paralelně připojenou zátěží tzn. výkonové rezistory a spínací transistor. Transistor hlídá limity napětí a podle nastavení pracuje s příslušnou zátěží. Tento režim zajišťuje optimální nabíjení článků v sérii, za předpokladu nízkých napěťových rozdílů na jednotlivých článcích, neboť k zapojení funkce zátěže dochází až v poslední fázi CV nabíjení tj. konstantním napětím.

Při vzniku velkých napěťových rozdílů je nutné řešit výkon ve fázi nabíjení CC tj. konstantním proudem, aby poskytovaný výkon byl řešitelný v rámci připojené zátěže. Celý systém je pochopitelně



Pohled na baterie v kontejneru

možné modifikovat i v rámci stanovení limitů napětí celé série článků a nahradit tak pevnou hranici limitů napětí s využitím vhodných čipových sad. Využití balancerů a jejich koncepce bude nepochybně otázkou jak pro oblast elektromobilů, tak v rámci velkých akumulacích sestav, které se budou stávat součástí zdrojů elektrické energie a systémů stabilizace sítí.

Neméně zajímavou problematikou jsou systémy optimalizace zátěže sítí a výroby elektrické energie z nestabilních obnovitelných zdrojů. Koncepce řešení těchto systémů pracuje s celou řadou modelů, které se však musí adaptovat na konkrétní požadavky zadavatele v oblasti řízení a monitorování stavu sítí včetně vlastní akumulace. Princip řešení v naprosté většině případů musí vycházet z požadované aplikace na akumulaci a řízení stability sítí.

Na základě aktuální situace budou sekundární články/akumulátory v oblasti energetiky soutěžit o své místo zejména s technologiemi přečerpávacích elektráren, využití stlačeného vzduchu a setrvačnicků. Nicméně integrace obnovitelných zdrojů a nástup regulace v rámci lokálních distribučních sítí, v průmyslu, městských aglomeracích, kancelářských budovách a v domácnostech vytváří prostor pro nasazování sekundárních článků a souvisejících technologií i v této oblasti.

Přestože zadání rozvodných společností a provozovatelů energetických zdrojů může vycházet z celé řady požadavků, všeobecně se předpokládá, že hlavní důraz bude kladen na regulaci napětí, kontrolu frekvence, plánování výroby a poptávky, které budou muset zohlednit moderní systémy EMS (Energy Management Systems)

Závěr

Ačkoliv většina technologií a řešení akumulace je relativně dobře známá bylo by asi příliš brzo snažit se konstatovat, která řešení budou v budoucím vývoji

dopravy a energetiky dominovat a jakým požadavkům budou čelit. V každém případě se domnívám, že vedle technických parametrů bude rozhodovat ekonomika a finance. Tento předpoklad platí, ať už se jedná o dopravu tj. přechod od klasických vznětových a zážehových motorů na elektrické nebo jiné pohony, stejně tak jako v energetice, kdy s rozvojem distribuované výroby energie zejména OZE bude nutné řešit síťovou infrastrukturu a její zatížení.

Dalším významným aspektem v této oblasti bude proces inovací a rozvoj nových technologií. Některé významné výzkumné instituce a koncerny pracují na nových inovativních řešeních, které mohou významně ovlivnit oblast akumulace elektrické energie. Slibným směrem mohou být např. průtokové kapalně baterie, kdy dochází k ukládání energie s využitím nanotechnologií v kombinaci s kovovými částicemi. Princip této technologie je velmi podobný řešení lithiových baterií a materiálů, z kterých se skládá kladná a záporná elektroda.

Koncepce těchto nových baterií je založená na houbovitě strukturu kapalného vodiče, kdy výsledkem je proudící kapalina, která umožňuje potřebný pohyb elektronů. Tohoto řešení pro elektromobily stejně tak jako u sekundárních článků vychází z předpokladu, že pro motoristy by byla atraktivnější výměna nádob s kapalnou směsí nebo s články než nabíjení elektromobilů z dobíjecích stanic. Tento předpoklad samozřejmě může, ale nemusí být správný, tím spíše, že koncepce dobíjení akumulátorů z dobíjecích stanic ani zdaleka není hotová, ale je rozhodně nejrozšířenějším a všeobecně přijímaným řešením. W. Craig Carter a Yet-Ming Chiang z MIT zdůrazňují, že tyto kapalně baterie jsou vhodné i pro aplikace v rozvodných

sítích. Podle jejich názoru i malé množství skladovací kapacity může mít významný dopad na fungování nepravdělných zdrojů energie, např. větrné a sluneční. Baterie této konstrukce by měly mít minimálně desetkrát vyšší hustotu energie než konvenční průtokové baterie s odpovídajícím dopadem do poměru cena výkon².

Kritické názory, které pocházejí ze stejného institutu tj. MIT skepticky tvrdí, že tento nový přístup nejenže neřeší stávající problémy akumulace, ale otevírá otázky nové. Jde zejména o přídavné zařízení potřebné k čerpání tekutiny, problematika čerpadel samotných, ukládací válce, hadice, kombinace elektrolytu a uhlíkových aditiv mohou této technologii značně znesnadnit cestu. Problémem může být i stabilita při větší četnosti nabíjecích a vybíjecích cyklů, čas dobíjení atd. 2). Ať již se vydají technologie akumulace energií pro aplikace v dopravě a energetice jakýmkoliv směrem, tak budou nepochybně znamenat rozvoj celé řady odvětví a vnik nových podnikatelských příležitostí.

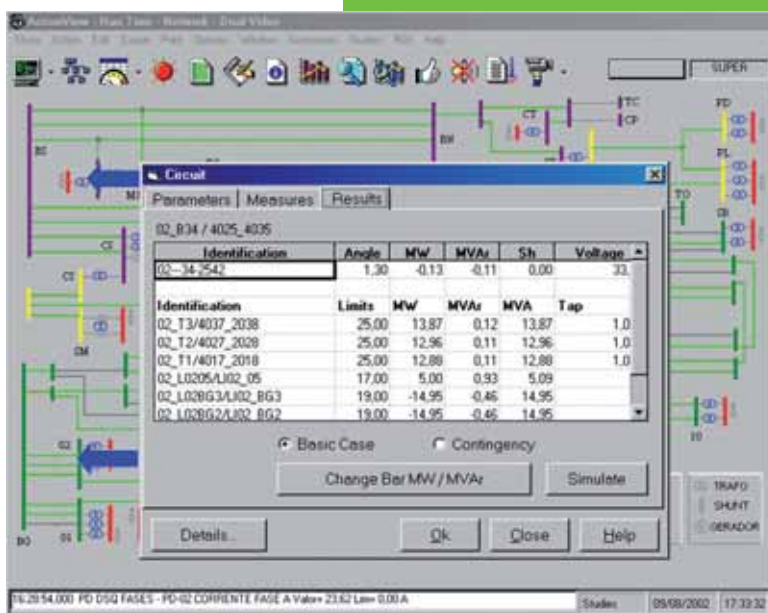
Autor: Ing. Miroslav Hladík

Zdroje:

- 1) http://www.evscroll.com/Lithium_Ion_Car_Battery.html
- 2) Scientific American České vydání, květen 2012, Christopher Mims: Kapalně palivo pro elektromobily, str. 33.

Landis+Gyr s.r.o.

Plzeňská 5a, č.p. 3185
150 00 Praha
tel.: +420 251 119 511
www.landisgyr.cz



Uživatelské rozhraní systému EMS