

Vliv zvýšené teploty okolí na vývin tepla uvnitř olověného akumulátoru

J. Neoral, P. Bača

Ústav elektrotechnologie, VUT v Brně,

Technická 10, Brno

E-mail : jiri.neoral@phd.feec.vutbr.cz, baca@feec.vutbr.cz

Anotace:

Následující článek stručně popisuje problematiku teplotních jevů v olověných akumulátorech a také experimenty provedené s experimentálními olověnými akumulátory na ústavu Elektrotechnologie FEKT VUT v Brně při zvýšené teplotě okolí simulující tropické oblasti.

Following article deals with thermal phenomena in lead acid batteries and describes experiments on FEEC BUT Brno with increased temperature of environment for simulation of battery usage in tropical locations.

ÚVOD

Olověné akumulátory jsou významným elektrochemickým zdrojem proudu. Přes dlouhou dobu existence stále čelí některým technickým problémům, které brání jejich použití v nových aplikacích a limitují v aplikacích stávajících. Jednou problematickou oblastí je tepelný management baterie. Problematika tepelného managementu dostává nový rozměr v oblastech s nadlimitními teplotami okolí, jako například v tropických oblastech

VLIV TEPLoty NA PARAMETRY

Teplota uvnitř akumulátoru je ovlivněna teplotou okolí, Jouleovým teplem vznikajícím při průchodu proudu a vlivem exotermických a endotermických elektrochemických reakcí.

Zvýšená teplota má vliv na parametry olověného akumulátoru. S rostoucí teplotou sice roste okamžitý výkon i kapacita baterie a současně se snižuje vnitřní odpor. Jsou však urychlovány parazitní reakce, které mají za důsledek snižování životnosti. Extrémem je vznik tepelného lavinového jevu, který může vést až ke zničení akumulátoru.

TEPELNÝ LAVINOVÝ JEJ

Anglicky Thermal Runaway je důsledkem kladné zpětné vazby procházejícího proudu a teploty při nabíjení akumulátoru. Počáteční proud tekoucí článkem způsobuje nárůst teploty, teplota způsobuje snížení vnitřního odporu článku a tím vyšší proud, který dále zvyšuje teplotu, až dokud teplota nedosáhne kritických hodnot a dojde ke zničení akumulátoru [1].

EXPERIMENT

Pro měření teplotních vlivů bylo potřeba vytvořit experimentální elektrody s teplotním čidlem umístěným uvnitř akumulátoru na záporné elektrodě. Využity byly elektrody se systémem nespojitých

žeber vyvinuté na pracovišti elektrochemických zdrojů ústavu Elektrotechnologie FEKT VUT v Brně. Pro měření teploty byl použit odporový teplotní snímač Pt100. Celý systém je umístěn do uzavřené nádoby.

Pro simulaci zvýšených teplot byla použita teplotní pec INCUCCELL, která disponuje objemem 55 litrů a umožňuje současné umístění dvou experimentálních akumulátorů. Umožňuje nastavit 4 časově nastavitelné teplotní profily s teplotami od 5 °C do 99 °C s maximální odchylkou 0,2 °C.

O samotné měření se stará automatizované měřicí pracoviště na platformě Agilent se softwarem vyvinutým na pracovišti elektrochemických zdrojů Ústavu Elektrotechnologie FEKT VUT v Brně.

Experiment probíhal v několika fázích. Naformovaný akumulátor byl umístěn do teplotní pece a kabeláž vyvedena k automatizovanému měřicímu pracovišti.

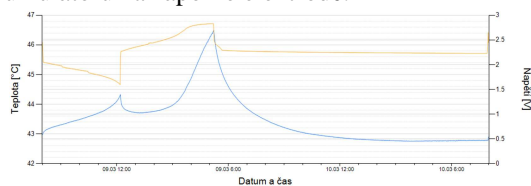
Cílem experimentu bylo simulovat režim trakční baterie za provozu v oblasti se zvýšenou teplotou okolí. Podle toho byl zvolen teplotní režim pece – 3 hodiny temperování na teplotu 55°C a 9 hodin udržování této teploty (den), 12 hodin pokles teploty na teplotu okolí (noc).

Pro experiment byl použit experimentální článek s jednou zápornou elektrodou a dvěma kladnými protielektrodami. Záporná elektroda byla elektroda s nespojitým systémem rovnoběžných žeber s napastovanou standardní průmyslově vyráběnou aktivní hmotou, kladné protielektrody byly získány z trakčních olověných akumulátorů, separátor byl ze skelných vláken umožňující kyslíkový cyklus.

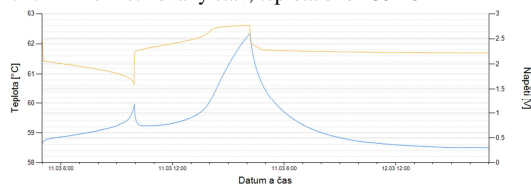
Elektrody byly cyklovány vybíjením konstantním proudem 0,7 A do konečného napětí 1,6 V a nabíjením konstantním proudem 0,7 A na 115 % odevzdaného náboje při předchozím vybíjení. Nejprve byl měřen průběh napětí, proudu a teploty povrchu záporné elektrody v zaplaveném stavu při 35 °C. Poté následovalo vysátí elektrolytu a hermetizace pro simulaci režimu provozu konstrukce VRLA akumulátoru opět při 35 °C. Následovalo zvýšení

teploty na 50 °C a měření v hermetizovaném stavu. Poté byly články opětovně zaplaveny pro simulaci klasické konstrukce.

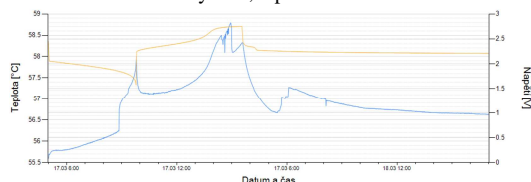
Žlutá křivka představuje napětí a modrá teplotu uvnitř akumulátoru na záporné elektrodě.



Obr. 1: Hermetizovaný stav, teplota okolí 35 °C



Obr. 2: Hermetizovaný stav, teplota okolí 50 °C



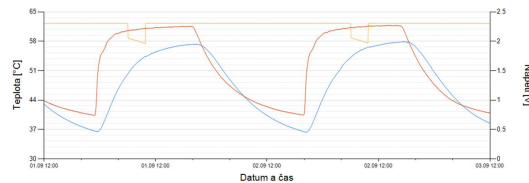
Obr. 3: Zaplavený stav, teplota okolí 50 °C

Obr. 1 znázorňuje průběh teploty a napětí v čase u akumulátoru pracujícího v hermetizovaném stavu při teplotě okolí 35 °C. Vnitřní teplota článku se zvýšila o 3 °C. Dále se po ukončení nabíjení ochladila na teplotu okolí za 8,5 hodiny.

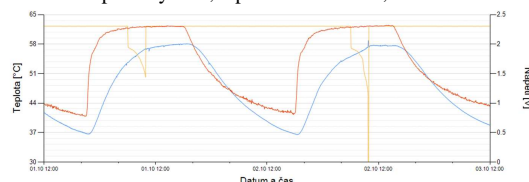
Na obr. 2 je vidět obdobný průběh teploty uvnitř hermetizovaného akumulátoru při teplotě okolí 50 °C. Zde vnitřní teplota systému vzrostla o 3,8 °C. K ochlazení na teplotu okolí došlo za 9,5 hodiny. Je tedy zřejmé, že pomalejší odvod tepla do okolí (vyšší teplota okolí) způsobilo větší ohřev uvnitř akumulátoru a pomalejší ochlazování než u měření při teplotě okolí 35 °C.

Obr. 3 zobrazuje průběh teploty akumulátoru v zaplaveném stavu při teplotě okolí 50 °C. Zde došlo k nárůstu teploty o 3,1 °C. Systém se nestihl ochladit na původní teplotu ani po 12 hodinách. Nárůst teploty u zaplaveného stavu je při stejné teplotě okolí nižší o 0,7 °C. To lze přičítat tepelné kapacitě elektrolytu. S elektrolytem se systém zahřívá pomaleji, ale pomaleji se také ochlazuje. To způsobilo, že se systém nestihl dochladiť na původní teplotu.

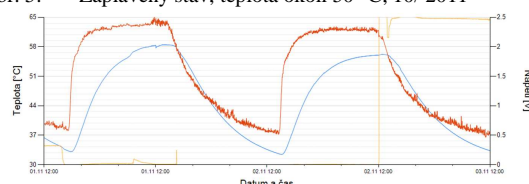
Dále byl proveden dlouhodobý experiment v zaplaveném stavu při teplotním cyklování v peci. Článek byl 22 h nabíjen konstantním proudem 0,2 A s napěťovým omezením na 2,35 V a 2 h vybíjen stejným proudem. Experiment trval 7 měsíců. Žlutá křivka zobrazuje napětí, červená teplotu uvnitř pece a modrá teplotu uvnitř experimentálního článku. Průběhy jsou k dispozici na obrázcích 4 - 6.



Obr. 4: Zaplavený stav, teplota okolí 50 °C, 09/ 2011



Obr. 5: Zaplavený stav, teplota okolí 50 °C, 10/ 2011



Obr. 6: Zaplavený stav, teplota okolí 50 °C, 11/ 2011

Na obr. 4 - 6 je vidět zpoždění teploty uvnitř článku oproti teplotě v peci způsobené tepelnou kapacitou elektrochemického systému. Zajímavé je, že teplota uvnitř článku je po celou dobu nižší než teplota uvnitř pece, přičemž by měla být vyšší z důvodu vývinu tepla v důsledku elektrochemických reakcí a Jouleova tepla. Tento jev si vysvětlujeme odvodem tepla z vnitřku akumulátoru měděnými vodiči ven z pece. Na obr. 4 vzrostla teplota uvnitř článku o 20 °C. U průběhu na obr. 5 to bylo o 21 °C a došlo k degradaci článku a poklesu napětí na hodnoty blízké nule. Na obr. 6 je rozdíl teplot 25 °C a článek je už zcela nefunkční a dochází jen k cyklování teploty a ke zničení akumulátoru. Zvětšující se rozdíl teplot je přisuzován postupnému úniku elektrolytu a poklesu tepelné kapacity.

ZÁVĚR

Bylo potvrzeno, že vyšší teplota okolí způsobí vyšší nárůst vnitřní teploty akumulátoru a hrozí tedy i vyšší riziko zničení baterie vlivem tepelného lavinového jevu. Akumulátor v zaplavené konstrukci vykazuje nižší nárůst i pokles teplot při stejné teplotě okolí. Tento jev je způsoben tepelnou kapacitou elektrolytu. U dlouhodobého experimentu při vysoké teplotě došlo ke zničení článku a nebylo možno provést simulaci tepelného lavinového jevu.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podporována grantem č. FEKT-S-11-7 a projektem CVVOZE CZ.1.05/2.1.00/01.0014.

LITERATURA

[1] D. Valkovska et all.: Journal of Power Sources 191 (2009) 119–126