

INVESTIGATION OF THE TEMPERATURE CHANGES IN LEAD ACID ACCUMULATOR IN REGIME FOR HYBRID ELECTRIC VEHICLES

Pavel Tošer

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xtoser00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Bača

E-mail: baca@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

The oldest and also most used type of secondary cells is lead - acid battery. In everyday life we have been meeting with this type of battery, because they are exploited as energy sources in all sorts of cars. With growing development of hybrid electric vehicles rise requirement these accumulators, because have low price and progressive inovation. Basic functional principle stayed similar. Important technical problem is temperature of battery and her influence on functionality and running reaction. Master project is focused on this section, when is necessary to evaluate new pieces of knowledge in development division. The work deals with description existing types of battery, further deals by theory of temperature balance and in the end by measured experimentes and their analyzing.

1. ÚVOD

Dnes je možné využít několik zdrojů elektrické energie pro aplikace hybridních elektrických vozidel (HEV), mezi které se řadí olověná baterie s regulačním ventilem tzv. VRLA. Jednou hlavních z oblastí výzkumu je sledování dosahovaných teplot uvnitř olověného akumulátoru v různých režimech jeho provozu, protože právě teplota hraje jednu z nejdůležitějších provozních vlastností. Vyhodnocení změřených dat může objasnit některé nezodpovězené otázky studia olověných akumulátorů a pomoci při jejich postupném zdokonalování i v případě že základní princip zůstává neměnný.

2. ROZBOR

Všechny baterie jsou pro svou činnost závislé na elektrochemických procesech nabíjení a vybíjení a probíhající reakce jsou do určité míry závislé na teplotě. Ideální pracovní teploty akumulátory leží v rozmezí 15 - 25°C, nicméně v praxi tyto teploty mohou být a jsou odlišné. Vysoké teploty mohou poskytovat zvětšený výkon, ale zároveň mají za následek odpovídající ztrátu životnosti baterie.

2.1. TEORIE TEPLOTNÍ ROVNOVÁHY

Baterie dosahuje stabilní teploty, když je vytvořené teplo rovno teplu odváděnému. Musí tedy platit $dQ_g / dt = dQ_d / dt$. Pokud dojde k porušení předchozího vztahu může v závislosti na dalších okolnostech nastat tzv. tepelný lavinový jev „thermal runaway“. Množství tepla na jednotkové ploše (Wm^{-2}), které může být vedené skrze stěnu baterie za jednotku času je dáno vztahem

$$dQ/dt = \lambda(\Delta T/x), \quad (1)$$

kde λ je tepelná vodivost ($Wm^{-1}K^{-1}$), x je průměrná tloušťka stěny nádoby (m), ΔT je teplotní rozdíl napříč stěnou baterie (K). Pro plastové materiály je λ stanovena na $0,2 Wm^{-1}K^{-1}$. Například vedení tepla skrz nádobu s tloušťkou stěny 3mm je $67 Wm^{-2}K^{-1}$ [1], [2].

2.2. JOULEOVO TEPLA

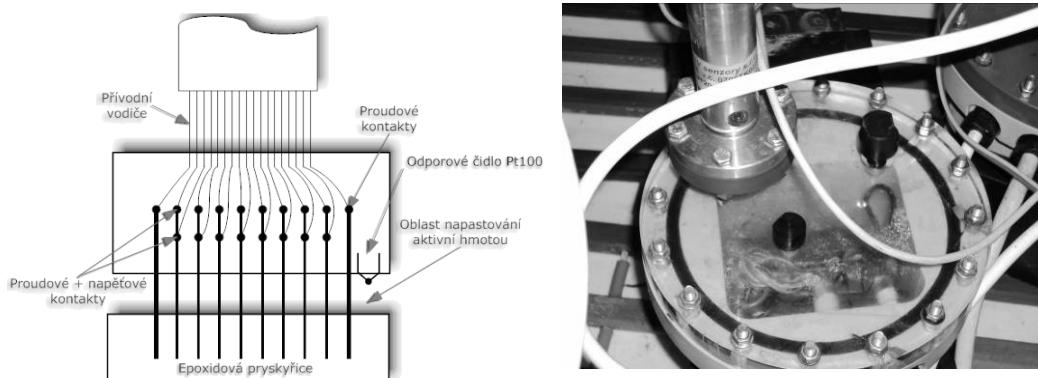
Každá olověná baterie během procesů nabíjení a vybíjení vytváří teplo díky průchodu elektrického proudu skrze vnitřní odpor. Elektrický výkon se mění na Jouleovo teplo:

$$Q = RI^2t \text{ [J; } \Omega, \text{ A, s]}. \quad (2)$$

I v případě, kdy je vnitřní odpor akumulátoru pouze $1m\Omega$, může být vytvořené teplo značné. Proto se návrháři akumulátorů snaží, aby byl vnitřní odpor co nejmenší a jeho velikost víceméně neměnná [2].

2.3. MĚŘÍCÍ ELEKTRODA

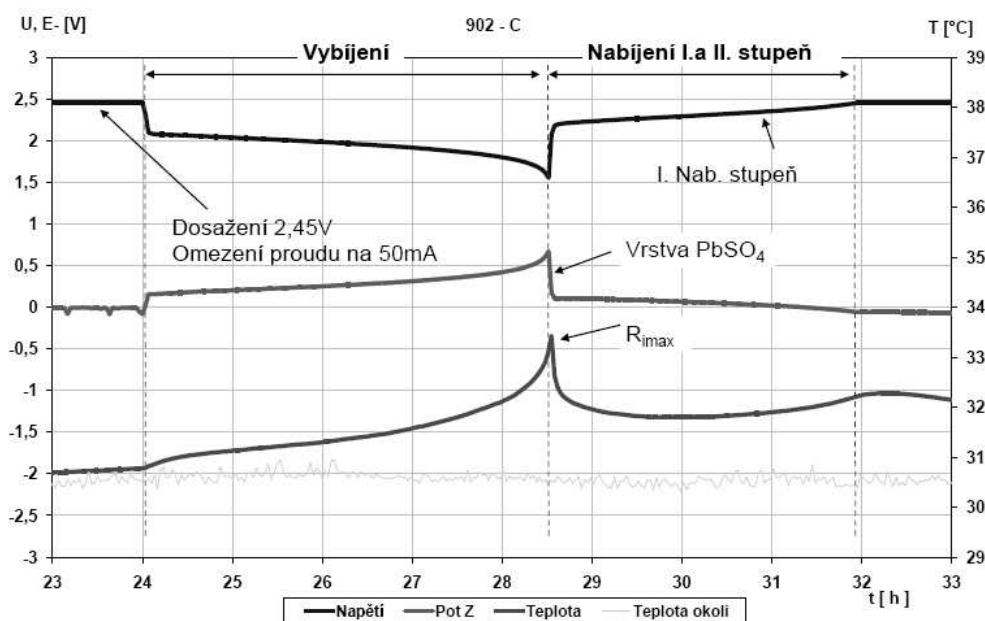
Měření probíhá na záporné elektrodě se systémem nespojitých rovnoběžných žebér, která je na Obrázku 1a. Tvoří ji celkem 10 měřících žebér vytvořených z olověných mřížek startovacích akumulátorů. Odpor je snímán miniaturním čidlem Pt100 zalitým ve skleněném pouzdru odolnému vůči kyselině sírové. Hodnoty odporu jsou převedeny na teplotu (je známa hodnota teplotního součinitele $\alpha = 3,850 \cdot 10^{-3} C^{-1}$). Měřící sadu tvoří záporná a dvě kladné elektrody vytvořené z mřížek staničních akumulátorů. Záporná je napastována vlastnoručně vytvořenou zápornou aktivní hmotou. Elektrody jsou odděleny separátorem a umístěny do měřící nádoby na Obrázku 1b. Nakonec je sestava zalita přibližně 200ml elektrolytu ve formě bateriové kyseliny sírové s typickou koncentrací $1,28 g/cm^3$.



Obrázek 1: a) Schéma pokusné elektrody, b) Měřící aparatura

2.4. VÝSLEDKY

První měření teplotních závislostí proběhlo při procesu formování, kdy byly elektrody nabíjeny za účelem dosažení plné kapacity. Následně bylo provedeno několik nabíjecích a vybíjecích cyklů pro různé hodnoty nabíjecího proudu. Vyhodnocovány byly závislosti napětí, potenciálu záporné elektrody a teploty. Pro vybíjení je patrný nárůst teploty, kdy vnitřní odpor postupně roste a na konci vybíjení při dosažení $U = 1,6V$ dosahuje maximální velikosti a tudíž i Jouleovo teplo stagnuje. Při nabíjení se naopak malá vrstva síranu olovnatého ($PbSO_4$), která se vytvořila při vybíjení okamžitě rozpustí a klesá teplota článku. V nabíjení konstantním proudem se pokračuje do té doby, než je napětí článku $U = 2,45V$. Tato fáze se nazývá první nabíjecí stupeň. Následně je hodnota nabíjecího proudu postupně omezována až k limitní hodnotě 50mA.



Obrázek 2: Nabíjení konstantním proudem $I=0,7A$, elektroda s příměsí 1%C

3. ZÁVĚR

Vyrobené a napastované elektrody byly podrobeny různým experimentům. Nabíjení článku konstantním proudem objasnilo, jakým způsobem se chová teplota při překročení napětí 2,45V tj. II nabíjecího stupně, kdy se naplno projevují sekundární reakce, které mají zásadní vliv na růst teploty článku. Další experimenty se týkají měření teploty u elektrod s různým obsahem příměsí, elektrod v hermetizovaném stavu a režimu částečného nabití.

LITERATURA

- [1] D. Pavlov, B. Monahov, A. Kirchev, D. Valkovala, *Thermal runaway in VRLAB – Phenomena, reaction mechanisms and monitoring*, Journal of Power Sources 158 (2006) 689 - 704
- [2] D. Rand, P.T. Moseley, *Valve regulated lead acid batteries*, ISBN: 0-4445-0746-9, 2004