

# INFLUENCE OF PRESSURE AND ADMIXTURE IN LEAD-ACID BATTERIES FOR HYBRID ELECTRIC VEHICLES

**Marek Svoboda**

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xsvobo04@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Bača

E-mail: baca@feec.vutbr.cz

**Abstract:** Lead-acid batteries of hybrid electric vehicles (HEV) are functioning in PSoC regime (Partial State of Charge). In PSoC regime new fail mechanisms occur. These mechanisms usually lead to no reversible sulphation of negative electrodes.

Main aim of this research is to avoid negative electrode sulphation and to improve lifetime of lead-acid accumulators used in HEV.

**Keywords:** hybrid electric vehicles, lead-acid accumulator, valve regulated lead acid batteries, partial state of charge

## 1. ÚVOD

Hybridní vozidla už mají v dnešní době pevnou pozici na trhu. Od uvedení prvního sériově vyráběného hybridního vozidla na trh v roce 1997 uplynula již dlouhá doba. Zprvu bylo na hybridní vozidla hleděno jako na technickou kuriozitu, ale s postupem času se stále více a více rozšiřovala. V současnosti nabízí každá větší automobilka hybridní automobil.

Rozvoji hybridních vozidel pomáhá snaha snížit spotřebu fosilních paliv. Snížení spotřeby má pozitivní vliv na životní prostředí, kde především ve městech ubude škodlivin z výfukových plynů. Zároveň se ale snížení spotřeby projeví i sníženými náklady na provoz automobilu, protože elektromotor pomáhá především při rozjíždění a akceleraci, při kterých je spotřeba spalovacích motorů největší.

Hybridní vozidla zároveň ukazují trendy, kterými se automobilový průmysl bude dále ubírat. Takzvané plug-in hybridy, které je možné nabíjet z elektrické sítě, dají záminku vybudování dobíjecích stanic. Pokud se tedy v budoucnu zlepší akumulátory do té míry, že elektromobily budou schopny ujet velké vzdálenosti na jedno nabití a nabíjení bude zároveň rychlé, síť dobíjecích stanic už bude připravena a masovému rozšíření nebude stát nic v cestě.

Problémem, který je nutno vyřešit, je jaký druh akumulátoru do hybridního automobilu použít. S tím souvisí řada dalších neméně významných otázek: Jak dlouho akumulátor vydrží? Za jak dlouho se nabije? Kolik bude stát případná výměna? Lze akumulátor ekologicky recyklovat?

## 2. OLOVĚNÝ AKUMULÁTOR V HYBRIDNÍM ELEKTRICKÉM VOZIDLE

V hybridních vozidlech je možné použít olověný akumulátor. Olověný akumulátor je robustní, levný, může poskytovat velké výkony, relativně velké napětí na článek (1,8-2,2V) a je plně recyklovatelný. Jeho největší nevýhodou je hmotnost. Proto se pravděpodobně nevyužije v závodních vozidlech, ale například pro dodávky nebo autobusy je velmi vhodný. Olověný akumulátor s regulačním ventilem (Valve Regulated Lead Acid batteries, VRLA) je v současnosti nejméně problematický zdroj do hybridních vozidel z pohledu ceny, možnosti oprav a spolehlivosti.

Akumulátory pro hybridní elektrická vozidla musí pracovat tak, aby byly schopny nabíjet se například při rekuperačním brzdění. Proto je používán režim částečného nabití (Partial State of Charge, PSoC), kdy je akumulátor nabit přibližně z 50%. Je to především proto, aby baterie byly schopny efektivně přijímat náboj, například při rekuperačním brzdění, nebo aby mohly náboj odevzdávat, například při rozjezdech. Pokud bychom se při vybíjení nebo nabíjení dostali nad 80% nebo pod 20% kapacity baterie, tak by docházelo k poškození akumulátoru. V praxi musí být řídicí elektronika hybridního vozidla schopna udržovat nabití akumulátoru v rozmezí 25 – 75 % kapacity. V režimu částečného nabití olověných akumulátorů ale dochází k nežádoucím jevům, které se projevují ztrátou kapacity a ztrátou nabíjecí schopnosti. Tyto jevy jsou označovány jako předčasná ztráta kapacity (Premature Capacity Loss, PCL).

Bylo dokázáno, že dodatečné příměsi záporné aktivní hmoty (uhlík a oxid titaničitý) minimalizují PCL efekt a mají pozitivní vliv na životnost olověných akumulátorů v PSoC režimu.

### 3. EXPERIMENT

V sérii experimentů jsme zkoumali vliv přítlaku (v rovině kolmé na plochu elektrod) na užité vlastnosti záporných elektrod lišících se typem aditiv.

Použitá aditiva: 1% Uhlík typ N134miled, 1% Oxid titaničitý  $\text{TiO}_2$

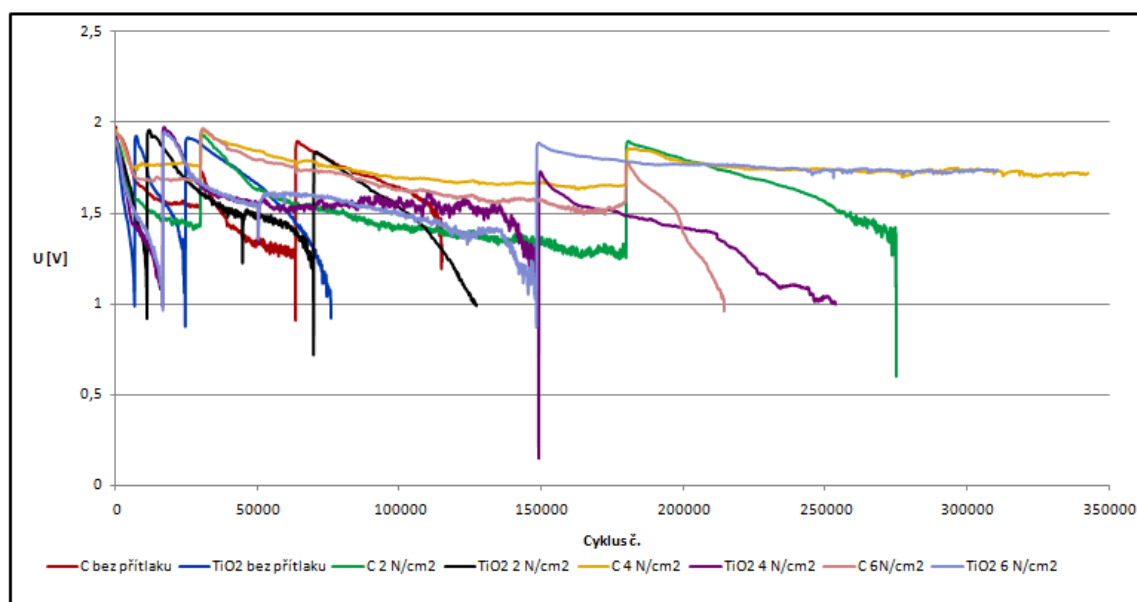
Použitý přítlak: bez přítlaku,  $2\text{N}/\text{cm}^2$ ,  $4\text{N}/\text{cm}^2$ ,  $6\text{N}/\text{cm}^2$

#### 3.1. METODIKA MĚŘENÍ PRACOVNÍHO REŽIMU AKUMULÁTORŮ V HEV

V našem experimentu využíváme cyklovací režim Power Assist podle metodiky ALABC (Advanced Lead Acid Battery Consortium), který je upraven pro použití v naší laboratoři.

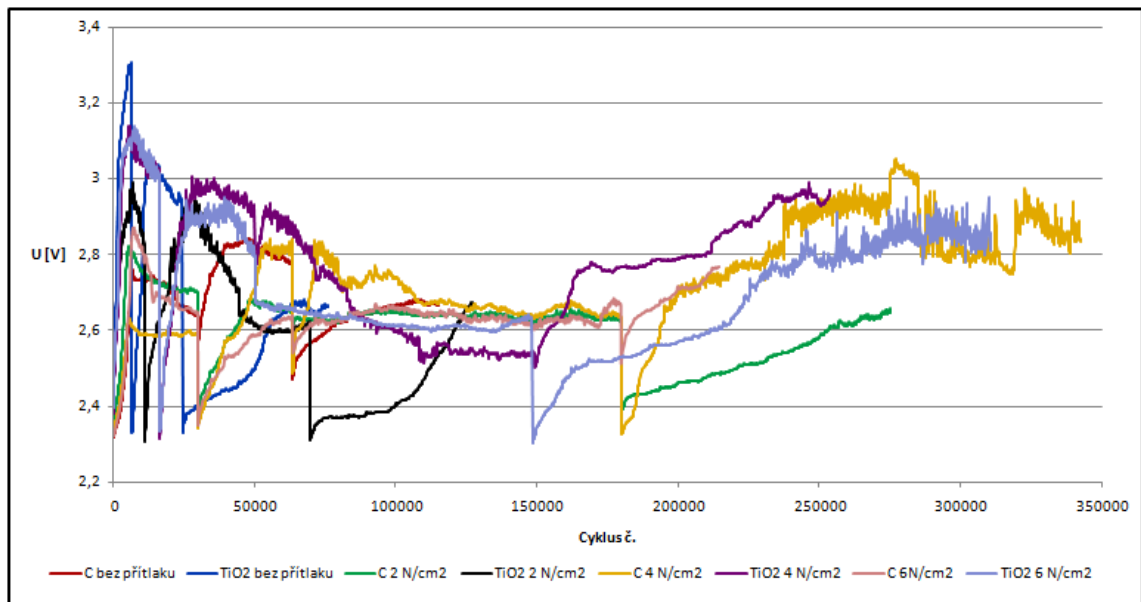
DOBA STARTU – vybíjení 2A 25 sekund, DOBA KLIDU – klid po dobu 3 sekund, REKUPERAČNÍ BRZDĚNÍ – nabíjení 2A 25 sekund, FÁZE ZASTAVENÍ – klid po dobu 3 sekund

### 4. VÝSLEDKY PROVEDENÝCH EXPERIMENTŮ



**Obrázek 1:** Tři PSoC běhy. Závislost napětí na konci vybíjení na počtu cyklů. Porovnání aditiv C a  $\text{TiO}_2$  s různými přítlaky.

Ze závislosti napětí na konci vybíjení na počtu cyklů běhu je jasně patrné, že článek s příměsí uhlíku v aktivní hmotě a přítlakem  $4\text{N}/\text{cm}^2$  a článek s příměsí oxidu titaničitého a přítlakem  $6\text{N}/\text{cm}^2$  dosáhly většího počtu cyklů než ostatní články.



**Obrázek 2:** Tři PSoC běhy. Závislost napětí na konci nabíjení na počtu cyklů. Porovnání aditiv C a TiO<sub>2</sub> s různými přitlaky.

Ze závislosti napětí na konci nabíjení na počtu cyklů je patrné, že napětí na konci nabíjení roste s počtem cyklů. Tento trend se projevuje u všech článků. Při překročení nabíjecího napětí 2,45V článek začne plynout, při napětí vyšším než 2,8V článek plyne již velmi intenzivně. Zmenšením nabíjecího napětí dosáhneme snížení namáhání článků a omezíme plynování.

## 5. ZÁVĚR

Experimenty ukazují, že přidaná aditiva uhlík a oxid titaničitý společně s optimálním přitlakem působí pozitivně na životnost olověného akumulátoru. Tato aditiva působí z největší pravděpodobnosti tak, že zabráňují rekrystalizaci síranu olovnatého a blokování vnitřních struktur záporné aktivní hmoty.

Během experimentu probíhalo měření odporu přechodu kolektor – aktivní hmota ( $R_k$ ) a odporu aktivní hmoty ( $R_m$ ). Změny odporů se mění během života článku v jednotkách procent a prudce rostou až na konci života elektrody. Z toho lze usoudit, že vodivost příměsí nemá vliv na životnost olověného akumulátoru v režimu PSoC.

Mechanismus sulfatace záporné elektrody, který je spojen s PCL-3 efektem není ještě zcela objasněn, nicméně je zřejmé, že je možné ho potlačit přidáním aditiv a optimálním přitlakem. Přesná role aditiv a přitlak bude předmětem dalších výzkumů, které by v konečném důsledku měly vést k výrobě bezúdržbového olověného akumulátoru vhodného pro použití v hybridních elektrických vozidlech.

## LITERATURA

- [1] BAČA, Petr. Studium jednotlivých forem předčasné ztráty kapacity bezúdržbových olověných akumulátorů VRLA. Brno: VUTIUM, 2007. 32 s. Habilitační práce. ISBN 978-80-214-35.
- [2] NELSON, Robert F. Power requirements for batteries in hybrid electric vehicles. *Journal of Power Sources*. 2000, vol. 91, is. 1 [cit. 2009-11-17], s. 2-26.
- [3] SVOBODA, Marek. *Vliv příměsí v olověných akumulátorech pro hybridní elektrická vozidla*. Brno, 2009. 38 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.