

IN SITU STUDY OF THE INTERNAL RESISTANCE IN A LEAD-ACID BATTERY CELLS

David Jaroš, Bachelor Degree Programme (2)
Dept. of Electrotechnology, FEEC, BUT
E-mail: xjaros24@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ing. Petr Křivák

ABSTRACT

Total internal resistance of lead-acid battery cell is given as the sum of all its components, which for both positive and negative electrode involves resistance of the collector, of the collector – active mass inter-phase, of the active mass itself and finally of the active mass – electrolyte inter-phase. Further components of the total internal resistance comprise resistance of the electrolyte in the electrode pores, of the electrolyte itself, of the separator and again finally resistance of the inter-cell wiring and of polarisation resistance.

1 ÚVOD

Cílem projektu bylo hlubší zkoumání změn vnitřního odporu pokusných článků olověného akumulátoru v celém průběhu jejich života. Je zde uvedena problematika měření vnitřního odporu a následuje popis a porovnání metod vhodných k jeho měření.

2 PROBLEMATIKA MĚŘENÍ VNITŘNÍHO ODPORU

Vnitřní odpor je velice malý v řádu $m\Omega$ a je ovlivňován obsahem síranu olovnatého v aktivních hmotách (zejména kladné elektrody) a závisí také na hustotě a teplotě elektrolytu a dalších parametrech (např. geometrie článku atd.). Při nabíjení se odpor snižuje, při vybíjení naopak zvyšuje. Odpor vybitého akumulátoru je asi dvakrát vyšší než u nabitého.

V průběhu života velikosti významných složek vnitřního odporu článků olověných akumulátorů (zejména kontaktní odpor a odpor aktivní hmoty) postupně rostou a jsou indikátorem stárnutí elektrod, které postupně vede k ukončení života akumulátoru.

Celkový vnitřní odpor článku je z definice dán rovnicí:

$$R_v = \frac{dU}{dI}, \quad (1)$$

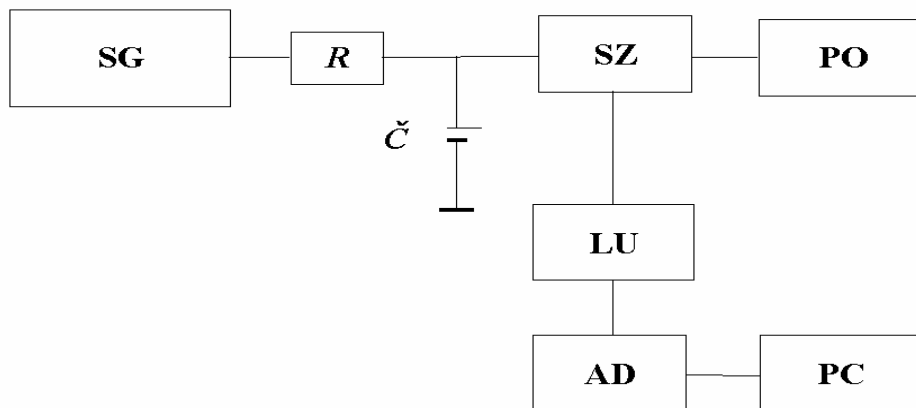
kde dU je přírůstek napětí článku a dI přírůstek proudu procházejícího článkem.

Původní rozdílová metoda, založená na skokové změně procházejícího proudu, kde vnitřní odpor je vypočítáván podle vzorce:

$$R_v = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} \quad (2)$$

byla dosti nepřesná a nespolehlivá zejména na konci vybíjení a nabíjení, kdy dochází k prudkému poklesu (resp. nárůstu) napětí na článku.

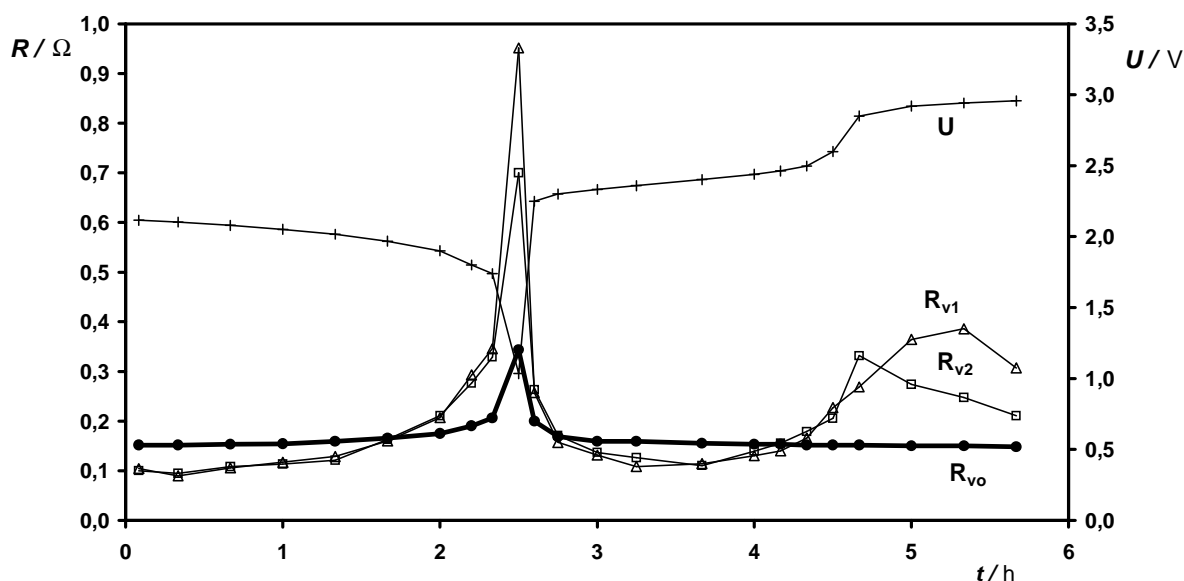
Pro výše uvedený nedostatek u rozdílové metody byla vyvinuta střídavá metoda. Tato metoda je založena na použití střídavého proudu, superponovaného na stejnosměrný proud používaný k nabíjení nebo vybíjení testovaného článku (viz. obr. 1). Amplituda střídavého proudu byla nastavena je 0,5 A a frekvence 5 kHz. Střídavá napěťová odezva je zesilována selektivním zesilovačem a zaznamenávána paměťovým osciloskopem. Střídavá metoda je rychlá a spolehlivá a je vhodná pro automatický záznam za použití PC.



Obr. 1: Základní obvod pro měření vnitřního odporu metodou superpozice střídavého proudu. SG generátor sinusového průběhu s malým zkraslením a frekvencí 5 kHz; R ohmický odpor převyšující měřený vnitřní odpor o 2 řády; Č pokusný článek; SZ selektivní zesilovač; PO paměťový osciloskop; LU lineární usměrňovač; AD A/D konvertor; PC počítač.

3 POROVNÁNÍ METOD MĚŘENÍ VNITŘNÍHO ODPORU

Pro porovnání jednotlivých metod měření vnitřního odporu je přiložen obr. 2. Zde jsou znázorněny výsledky měření vnitřního odporu R_v během vybíjení, nabíjení a přebíjení. Výsledky získané metodou přerušení proudu (R_{v1}) a snížení proudu na polovinu (R_{v2}) vykazují jak se dalo předpokládat značnou nepřesnost zejména na konci vybíjení a při přebíjení článku, zatímco výsledky získané metodou superpozice střídavého proudu (R_{v0}) se ukázaly mnohem přesnější a spolehlivější. Vnitřní odpor vykazuje maximum na konci vybíjení, kdy elektrody obsahují největší množství síranu olovnatého ($PbSO_4$). Nárůst vnitřního odporu mohl být částečně způsoben také snížením hustoty a tudíž vodivosti elektrolytu v pórech aktivní hmoty a v separátoru.



Obr. 2: Průběh vnitřního odporu pokusného článku během vybíjení, nabíjení a přebíjení měřený rozdílnými metodami. R_{v0} - výsledky metody superpozice střídavého proudu; R_{v1} - výsledky získané metodou přerušování proudu; R_{v2} - výsledky získané metodou snížení proudu na polovinu; U celkové napětí na pokusném článku.

4 ZÁVĚR

Vnitřní odpor je veličina, která značně ovlivňuje činnost celého akumulátoru. Ve vývoji akumulátorů je snaha, aby byl odpor co nejmenší, pokud možno co nejvíce se blížíci nule. Jeho velikost je závislá na typu, stavu, stáří akumulátoru a také je úměrná tomu, zda je akumulátor v nabitém či vybitém stavu. Rozsáhlejší experimenty, zkoumající chování vnitřního odporu by bylo výhodné provádět na plně automatizovaném pracovišti, které značně usnadní zpracování naměřených hodnot.

5 LITERATURA

- [1] Kozumplík J., Akumulátory motorových vozidel (1985)
- [2] Huet F.: A review of impedance measurements for determination of the state-of-charge or state-of-health of secondary batteries, J. Power Sources 70,59-69 (1998)
- [3] Huet F, Nogueira R.P, Torcheux L.: Simultaneous real-time measurements of potential and high-frequency resistance of a lab cell, J. Power Sources 113,414-421 (2003)