

Elektrochemická impedanční spektroskopie elektrochemických zdrojů

Adam Podhrázský

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá elektrochemickou impedanční spektroskopií. Cílem práce je seznámit se s touto metodou v souvislosti s diagnostikou elektrochemických zdrojů. V rámci práce je popsán návrh obvodu pro měření zvoleného typu článků, jeho realizace v praxi a následně provedené reálné měření na vybrané skupině článků. Na základě měření byla skupina článků rozdělena do jednotlivých skupin dle zvoleného kritéria. Následně bylo provedeno vyhodnocení kvality návrhu obvodu, byly popsány některé problémy a jejich řešení a byly zformulovány podněty pro další zlepšení a optimalizaci při aplikaci metody.

Keywords

EIS, electrochemical Impedance Spectroscopy, Electrochemical Source, Primary Cell, Secondary Cell, Diagnostics, Measurement, Battery, Accumulator.

Úvod

Tato pokročilá diagnostická metoda používaná pro vyhodnocování širokého spektra elektrochemických procesů včetně elektrochemických zdrojů, o kterých dokáže poskytnout velmi podrobné informace. Vzhledem k současnému vzestupnému trendu použití sekundárních článků v dynamických trakčních aplikacích roste mimo jiné potřeba jejich vlastnosti detailně modelovat a právě elektrochemická impedanční spektroskopie je účinný nástroj, pomocí kterého je možné toho dosáhnout.

Rozbor

Princip metody spočívá v aplikaci periodického signálu sinusového charakteru na zkoumaný elektrochemický systém a následném měření odezvy systému na daný signál. [1] Měření je opakováno v iteracích za postupné změny frekvence tak, aby bylo sérií měření pokryto celé dané spektrum. Měření je možné provádět v širokém rozsahu frekvencí (10^6 – 10^{-6} Hz), čímž je možné vyhodnocovat celou řadu elektrochemických dějů. Z každé odezvy systému na přivedený signál je možné určit komplexní impedanci Z v závislosti na dané frekvenci. Tyto dílčí výsledky souhrnně tvoří impedanční spektrum, které je výstupem měření. Impedanční spektrum lze dále použít pro vytvoření modelu nebo dokonce mapy článku v závislosti na různých podmínkách.

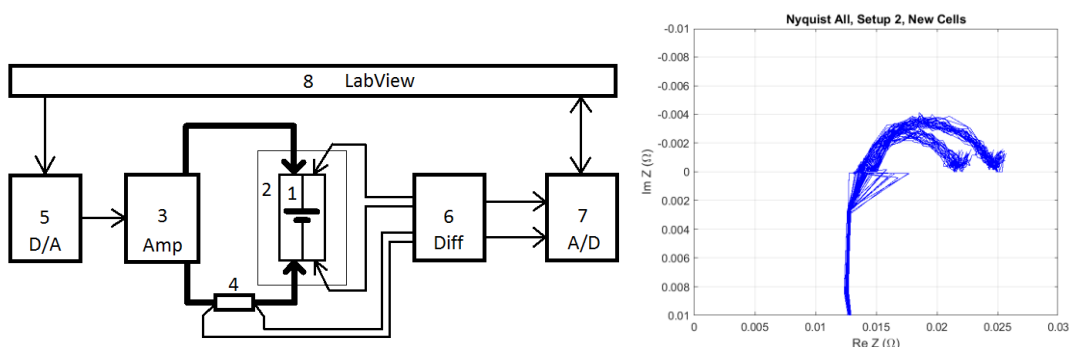
Očekávání

Předmětem práce bylo seznámení s metodou, návrh a realizace měřícího obvodu a provedení série měření na různě degradovaných vzorcích jednoho typu článku. Kromě toho, že měly být články na základě měření roztříděny, jsem od výsledků očekával detailnější informace o vlastnostech článku, které by mohly přispět k hlubšímu poznání jeho vlastností a chování.

Experiment

Navržený obvod jsem koncipoval úmyslně modulárně, jeho koncepci znázorňuje Obrázek č. 1. Měřený článek (1) je upnut v čtyřbodovém upínacím přípravku (2). Na silové výstupy z přípravku je zapojen výstup zesilovače proudu (3), přičemž do série s upínacím přípravkem je ještě zapojen bočník (4). Na vstup zesilovače proudu je připojen výstup generátoru funkcí (5). Měřicí výstup upínacího přípravku a měřicí výstup bočníku jsou připojeny na příslušné kanály diferenciálního zesilovače (6), který signály referencuje vůči společné zemi. Výstupy diferenciálního zesilovače jsou připojeny na vstupy A/D převodníku (7), které signály zpracovává a převádí do digitální formy. Generátor funkcí i A/D převodník jsou propojeny s nadřazeným systémem resp. prostředím (8), které ovládá generátor s měřicí kartou a zároveň integruje uživatelské rozhraní celého systému.

Výsledkem měření jsou data, na jejichž základě jsem články roztřídil do jednotlivých skupin dle impedance. Příklad naměřených dat v Nyquistově diagramu je na Obrázku č. 2. Zároveň jsem v rámci verifikace výsledků zjistil a prokázal silnou závislost specifických měřených parametrů na teplotě článku, což znamená, že metoda je velmi dobře použitelná pro vytváření pokročilých modelů zohledňujících teplotu článku.



Obrázek č. 1 – Blokové schéma měřícího obvodu (vlevo)

Obrázek č. 2 – Příklad naměřených dat pro skupinu článků (vpravo)

Závěr

Cílem práce byl seznámit se s metodou EIS v souvislosti s diagnostikou elektrochemických zdrojů. Výsledky práce potvrdily, že metoda EIS může poskytnout cenná data o vlastnostech elektrochemických zdrojů, jedná se o efektivní diagnostický nástroj a má smysl tuto metodu dále rozvíjet.

Poděkování

Na tomto místě bych rád vyjádřil poděkování svému vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Hrzinovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky během vedení práce a poskytnuté technologické zázemí, dále rodině a přátelům za trpělivost a podporu.

Reference

1. KARDEN, Eckhard. Using low-frequency impedance spectroscopy for characterization, monitoring, and modeling of industrial batteries. Aachen, Germany, 2001. Disertace. Techn. Hochsch.