Měření na elektrochemickém akumulátoru

Jan Ezr, Robin Chocholoušek

Revize 2

Obsah

1 Zadání 3

1.1 Identifikace článků a jeho klíčových parametrů 3

1.2 Praktický příklad 1 3

1.3 Praktický příklad 2 4

1.4 Praktický příklad 3 5

1.5 Praktický příklad 4 5

1.6 Seznam použitých přístrojů a zařízení 5

2 Měření a zpracování dat 6

2.1 Identifikace článků a jeho klíčových parametrů 6

2.2 Vliv absence čtyřvodičové metody na měření 7

2.2.1 Nabíjení 7

2.2.2 Vybíjení 7

2.3 Přesnost měření a kalibrace přístroje 8

2.3.1 Nabíjení 8

2.3.2 Vybíjení 8

2.4 Ověření měrné hustoty energie (VED, GED) 8

2.5 Měření vnitřního odporu metodou ACIR a DCIR 9

3 Závěr 10

3.1 Identifikace článků a jeho klíčových parametrů 10

3.2 Vliv absence čtyřvodičové metody na měření 10

3.3 Přesnost měření a kalibrace přístroje 10

3.4 Ověření měrné hustoty energie (VED, GED) 10

3.5 Měření vnitřního odporu metodou ACIR a DCIR 10

Seznam literatury 12

Seznam tabulek 13

Historie revizí 14

# Zadání

## Identifikace článků a jeho klíčových parametrů

* Určete model vzorku článku z popisu na jeho obalu
* Pokuste se vyhledat dokumentaci k vašemu vzorku článku
* V datasheetu najděte napěťové limity pro nabíjení a vybíjení
* V datasheetu najděte předpis testu nominální kapacity
* V MSDS zkuste najít složení aktivního materiálu elektrod
* V UN38.3 reportu ověřte výsledek testů bezpečnosti
* Vyhodnocení:
* Jaké informace jsou obvykle uvedeny na pouzdře článku?
* Které bezpečností testy jsou předepsány dle UN38.3?

## Praktický příklad 1

* Připojte tester EBC-A20 k softwarové aplikaci ZKETECH
* Připojte tester EBC-A20 k univerzálnímu 4W držáku cylindrických článků
* Změřte a zaznamenejte hodnoty napětí vždy pro 2W a 4W metodu
* Vyhodnocení:
* Zhodnoťte chybu měření při použití 2W metody a její důsledky



**Cell, module, battery**

Obrázek 1: Schéma zapojení 2W metody

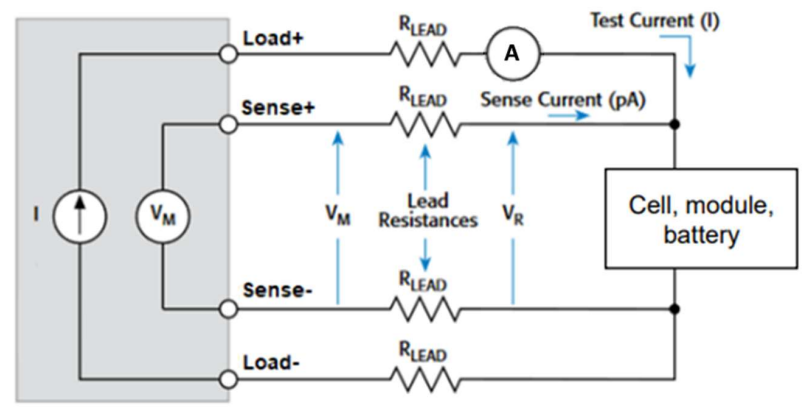


**Cell, module, battery**

Obrázek 2: Schéma zapojení 4W metody

## Praktický příklad 2

* Do zapojení z předchozí úlohy připojte „přesný“ ampérmetr do Load obvodu
* Změřte a zaznamenejte hodnoty proudu z aplikace a ampérmetru
* Vyhodnocení:
* Zhodnoťte přesnost měření přístroje EBC-A20 a jeho důsledky



**Cell, module, battery**

Obrázek 3: Schéma zapojení 4W metody s ampérmetrem

## Praktický příklad 3

* Změřte rozměry a hmotnost vašeho vzorku cylindrického článku
* Naprogramujte test nominální kapacity / energie článku v aplikaci ZKETECH
* Hodnoty nominální kapacity / energie vyčtete ze složky „Datasety vzorků“ na elearningu (obvykle 5. nebo 6. řádek CC Discharge)
* Vyhodnocení:
* Určete VED [Wh/l] a GED [Wh/kg] vašeho vzorku cylindrického článku
* Uveďte v protokolu předpis (tabulkou) testu nominální kapacity vzorku

## Praktický příklad 4

* Změřte ACIR 1 kHz vzorku cylindrického článku předloženým ACIR metrem
* Naprogramujte test DCIR10s v aplikaci ZKETECH
* Hodnoty naměřené DCIR10s vyčtete ze složky „Datasety vzorků“ na elearningu (řádek DCIR\_1 Discharge)
* Vyhodnocení:
* Určete hodnoty ACIR a DCIR10s
* Porovnejte zjištěné hodnoty s datasheetem

## Seznam použitých přístrojů a zařízení

Tabulka 1: Seznam použitých přístrojů

|  |  |
| --- | --- |
| Přístroj | Model |
| Elektrochemický článek | N21700CG-50 BAK A01 |
| Ampérmetr | UNI-T UT71B |
| Posuvné měřítko | Carbon fiber composite Digital caliper |
| Váha | Kern EMB1200-1 |
| Battery tester | EBC-A20 |
| BATTERY FIXTURE | BF-2A |
| ACIR metr | RC3563 |

# Měření a zpracování dat

## Identifikace článků a jeho klíčových parametrů

* Formát: Cylindrický 21700
* Chemické složení: Lithium-iontová technologie – katoda typu NCM (nikl-kobalt-mangan-mangan), anoda z grafitu
* Jmenovitá kapacita: 5000 mAh
* Jmenovité napětí: 3,6 V
* Rozsah pracovního napětí: 2,5 V až 4,2 V

**Testovací podmínky a standardy**

Pro ověření elektrických parametrů se využívá následující standardizovaný nabíjecí a vybíjecí režim:

* **Nabíjení:** Konstantní proud 5,0 A (1C), přepnutí na konstantní napětí 4,2 V s odpojením při poklesu proudu pod 100 mA
* **Vybíjení:** Konstantní proud 15,0 A (3C) do napětí 2,5 V
* Teplota prostředí během testu: 25 ±2 °C
* Doporučená doba odpočinku mezi cykly: minimálně 10 minut

**Konstrukční a materiálové vlastnosti**

* Anodový materiál: Uhlíkový grafit
* **Katodový materiál:** Sloučenina na bázi oxidu niklu, kobaltu a manganu (NCM)
* Maximální trvalý vybíjecí proud: 10 A
* Doporučený nabíjecí proud: 2,5 A
* Maximální nabíjecí proud (rychlé nabíjení): 5 A

**Soulad s bezpečnostními normami**

Článek je navržen pro splnění požadavků bezpečnostních zkoušek dle normy **UN38.3** (potvrzení musí být doloženo odpovídající certifikací). Mezi typické testy této normy patří:

* Vibrace (Vibration)
* Mechanické poškození (Drop test, Crush test)
* Přetížení a nucené vybíjení (Overcharge, Forced Discharge)
* Tepelná zátěž (130°C hot oven)
* Simulace výškového letu (Altitude Simulation)
* Krátkodobé zkraty (External Short Circuit)

**Informace typicky uváděné na označení článku**

* Kód a typové označení článku
* Výrobce a výrobní šarže
* Rozměry a elektrické parametry
* Bezpečnostní symboly a označení
* Sériové číslo nebo QR kód pro sledovatelnost

## Vliv absence čtyřvodičové metody na měření

Dvouvodičová metoda měření zahrnuje do výsledku nejen odpor měřeného prvku, ale i odpor přívodních vodičů a kontaktů. To vede k významné chybě, zejména při měření nízkých odporů v řádu miliohmů. Pro přesná měření nízkých odporů je čtyřvodičová metoda jednoznačně doporučovaná, protože eliminuje vliv vodičů a kontaktů.

### Nabíjení

Tabulka 2: Napětí při nabíjení

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I[A](C-CV) | 0 | 0.1 | 0.5 | 1 | 5 |
| U2w[V] | 3.536 | 3.544 | 3.548 | 3.638 | 3.987 |
| U4w[V] | 3.536 | 3.536 | 3.543 | 3.579 | 3.755 |

### Vybíjení

Tabulka 3: Napětí při vybíjení

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I[A](D-CC) | 0 | 0.1 | 0.5 | 1 | 5 |
| U2w[V] | 3.514 | 3.507 | 3.491 | 3.463 | 3.242 |
| U4w[V] | 3.514 | 3.514 | 3.507 | 3.499 | 3.253 |

Pozn.: Hodnota napětí měřeného čtyřvodičovou metodou, při proudu 5A není správná, z důvodu nepřepnutí přepínače na měřícím přístroji.

## Přesnost měření a kalibrace přístroje

### Nabíjení

Tabulka 4: Porovnání metod měření při nabíjení

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I[A](C-CV) | 0 | 0.1 | 0.5 | 1 | 5 |
| I[A](aplikace) | 0 | 0.1 | 0.5 | 1 | 5 |
| Chyba zketetech [A] | 0 | ±0.0105 | ±0.0125 | ±0.015 | ±0.035 |
| I[A](ampérmetr) | 0 | 0.106 | 0.507 | 1.007 | 5.015 |
| Chyba amp [A] | 0 | ±0.030742 | ±0.033549 | ±0.037049 | ±0.065105 |

### Vybíjení

Tabulka 5: Porovnání metod měření při vybíjení

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I[A](D-CC) | 0 | 0.1 | 0.5 | 1 | 5 |
| I[A](aplikace) | 0 | 0.1 | 0.5 | 1 | 5 |
| Chyba zketetech [A] | 0 | ±0.0105 | ±0.0125 | ±0.015 | ±0.035 |
| I[A](ampérmetr) | 0 | 0.078 | 0.48 | 0.98 | 4.99 |
| Chyba amp [A] | 0 | ±0.030546 | ±0.03336 | ±0.03686 | ±0.06493 |

## Ověření měrné hustoty energie (VED, GED)

Tabulka 6: Parametry elektrochemického článku

|  |  |
| --- | --- |
| **Veličina** | **Hodnota** |
| Výška [mm] | 70.5 |
| Průměr [mm] | 21.2 |
| Váha [g] | 68.2 |
| Enom [Wh] | 17.55 |
| VED [Wh/l] | 705 |
| GED [Wh/kg] | 257 |

## Měření vnitřního odporu metodou ACIR a DCIR

Tabulka 7: OCV a ACIR 1kHz

|  |  |
| --- | --- |
| **Veličina** | **Hodnota** |
| OCV [V] | 3.54 |
| ACIR 1kHz [mΩ] | 12.89 |
| Datasheet internal resistence [mΩ] | ≤30 |

Tabulka 8: DCIR10s

|  |  |
| --- | --- |
| **Veličina** | **Hodnota** |
| U0 [V] | 3.51 |
| U10s [V] | 3.342 |
| Iload [A] | 2.5 |
| DCIR10s [mΩ] | 67.2 |
| Dataset DCIR[mΩ] | 30.1625 |

Pozn.: Test DCIR10s nevyšel správně z důvodu nepřepnutí přepínače na měřícím přístroji ze **dvouvodičového** zapojení na **čtyřvodičové** zapojení. Hodnota napětí U10s odpovídá dvouvodičovému zapojení.

# Závěr

## Identifikace článků a jeho klíčových parametrů

Na základě údajů z obalu a výrobní dokumentace byl testovaný článek identifikován jako N21700CG 50 od firmy Zhengzhou BAK Battery. Z datasheetu byly získány klíčové parametry – maximální napětí, nominální napětí, maximální nabíjecí a vybíjecí proud a metodika měření kapacity. V souladu s bezpečnostní dokumentací UN38.3 článek úspěšně prošel požadovanými testy.

## Vliv absence čtyřvodičové metody na měření

Byl porovnán vliv 2W a 4W zapojení při měření napětí. 4W zapojení poskytlo přesnější výsledky díky eliminaci úbytku napětí na vodičích, zejména při vyšší zátěži. 2W zapojení vykazovalo větší odchylky.

Hodnota napětí měřeného **čtyřvodičovou** metodou, při proudu 5A nebyla správná, z důvodu nepřepnutí přepínače ze **dvouvodičového** zapojení na **čtyřvodičové** zapojení.

## Přesnost měření a kalibrace přístroje

Přístroj EBC-A20 byl vyhodnocen jako dostatečně přesný pro běžné aplikace. Při nízkých proudech byly odchylky vyšší, ale při vyšších proudech byly rozdíly zanedbatelné.

## Ověření měrné hustoty energie (VED, GED)

Z geometrických a hmotnostních dat článku byla spočítána objemová a hmotnostní energetická hustota.

## Měření vnitřního odporu metodou ACIR a DCIR

Pomocí ACIR metru byla změřena impedance při 1 kHz: 12.89 mΩ. Z desetisekundového vybíjení byl následně vypočten DCIR10s = 67.2 mΩ.

Bohužel test DCIR10s nevyšel správně z důvodu nepřepnutí přepínače ze **dvouvodičového** zapojení na **čtyřvodičové** zapojení.

# Seznam literatury

*Specification For Lithium ion Rechargeable Cell. Online. Zhengzhou BAK Battery Co., 2021. Dostupné z:*[*https://elearning.tul.cz/pluginfile.php/1125895/mod\_folder/content/0/BAK%20N21700CG-50/BAK%20N21700CG-50\_datasheet.pdf?forcedownload=1*](https://elearning.tul.cz/pluginfile.php/1125895/mod_folder/content/0/BAK%20N21700CG-50/BAK%20N21700CG-50_datasheet.pdf?forcedownload=1)*. [cit. 2025-04-16].*

*LITHIUM ION BATTERY SAFETY TESTING REPORT*. Online. CVC, 2021. Dostupné z: <https://elearning.tul.cz/pluginfile.php/1125895/mod_folder/content/0/BAK%20N21700CG-50/BAK%20N21700CG-50_UN38.3.pdf?forcedownload=1>. [cit. 2025-04-16].

# Seznam tabulek

[Tabulka 1: Seznam použitých přístrojů 5](#_Toc196329678)

[Tabulka 2: Napětí při nabíjení 7](#_Toc196329679)

[Tabulka 3: Napětí při vybíjení 7](#_Toc196329680)

[Tabulka 4: Porovnání metod měření při nabíjení 8](#_Toc196329681)

[Tabulka 5: Porovnání metod měření při vybíjení 8](#_Toc196329682)

[Tabulka 6: Parametry elektrochemického článku 8](#_Toc196329683)

[Tabulka 7: OCV a ACIR 1kHz 9](#_Toc196329684)

[Tabulka 8: DCIR10s 9](#_Toc196329685)

# Historie revizí

Tabulka 1: Historie revizí dokumentu

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Revize | Datum | Popis změn | Autor |
| 1 | 16.4.2025 | Úvodní vydání | Jan Ezr |
| 2 | 23.4.2025 | Oprava | Jan Ezr |