

Akumulátory - Měřicí metody

1. Použitý akumulátor

Označení: Leaftron LTL12-100, 12 V, 100 Ah

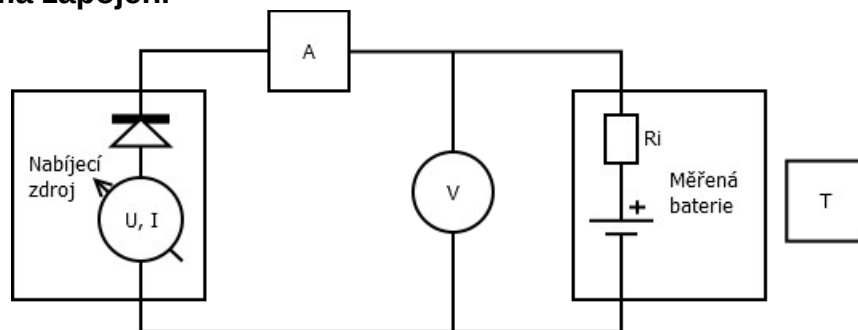
Typ: VRLA - valve-regulated lead-acid (uzavřená, s ventilem – upouští plyny při plynování, baterie se tak nezničí, ale poklesne její kapacita)

Nabíjení: Proud menší než 30 A, napětí (na baterii) v rozsahu 14,4 V až 15 V. Vnitřní odpor baterie při 25 °C přibližně 4,9 mΩ.

2. Nabíjení akumulátoru

Požadavkem je nabíjení v co nejkratší době, baterie bude proto nabíjena maximálním dovoleným proudem (< 30 A), nebo maximálním proudem, který je schopný poskytnout zdroj.

2.1. Schéma zapojení



Napájecí zdroj je složený z proměnného zdroje napětí (regulace na konstantní proud) nebo proudu (regulace na konstantní napětí) a z diody, která zabraňuje zpětnému toku proudu. (V laboratoři by měl být takový zdroj k dispozici.)

2.2. Měřicí přístroje

Jako voltmetr postačí klasický multimetr, jelikož bude měřit napětí na baterii, které by se mělo pohybovat v rozmezí 10 V až 14,4 V.

Ampérmetr bude muset být schopný měřit proudy v rozmezí 1,5 A až 30 A, proto by bylo vhodné použít klešťový ampérmetr přístroj nebo bočník (nutné uvážit při nabíjení za konstantního napětí).

Vzhledem k velkému nabíjecímu proudu by bylo vhodné měřit napětí baterie, jelikož při dosažení 65 °C je nutné okamžité ukončení nabíjení baterie (hrozí poškození).

2.3. Určení průřezu vodičů

Pro proud 30 A jsou nutné vodiče o průřezu alespoň 6 mm² (Cu).

2.4. Stanovení doby nabíjení

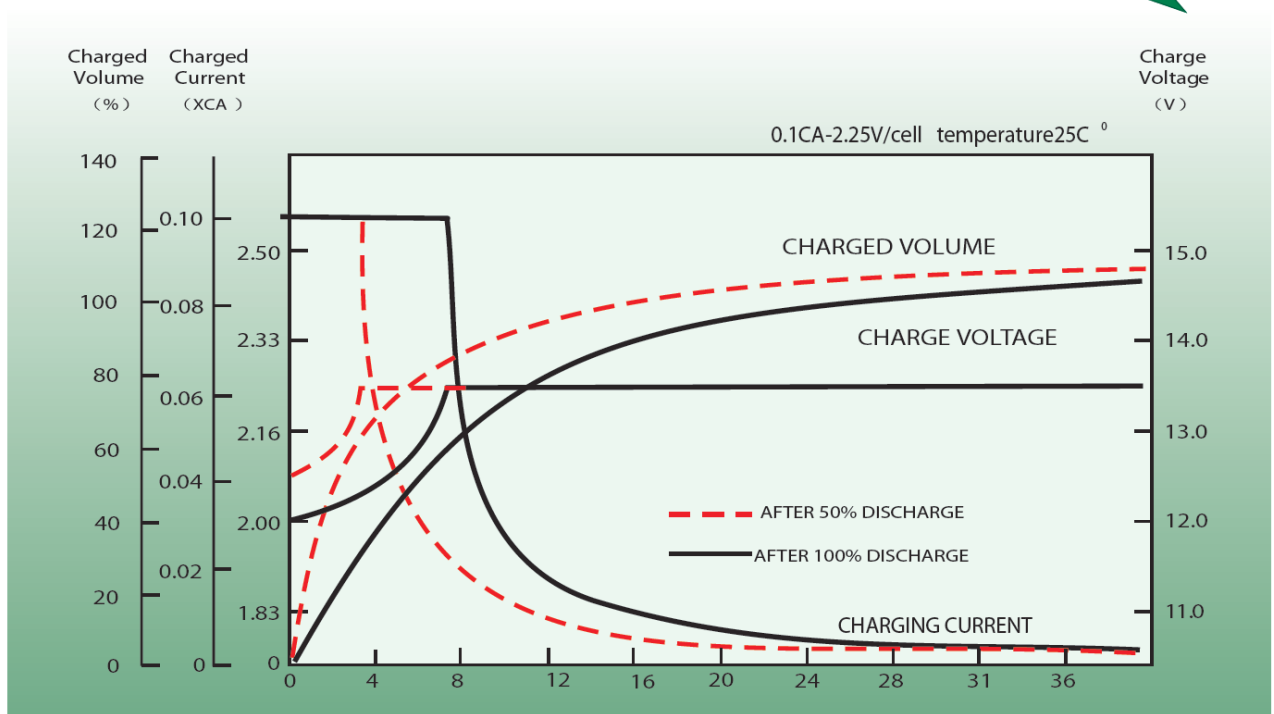
Dobu nabití lze stanovit z rovnice stanovující proud jako podíl náboje a času. Pokud uvažujeme plně vybitou baterii s jmenovitou kapacitou 100 Ah, lze stanovit dobu nabíjení z následujícího výpočtu:

$$I = \frac{Q}{t} \rightarrow t = \frac{Q}{I} = \frac{100}{30} \approx 3,33 \text{ h}$$

Nutné je také uvážit účinnost nabíjecího procesu, takže výsledná doba se bude spíše blížit čtyřem hodinám.

2.5. Zvolení nabíjecí charakteristiky

Float Charging Characteristics



Baterie bude nabíjena podle charakteristiky IUa. Zde je uveden příklad této charakteristiky z datasheetu výrobce baterie. Zpočátku nabíjíme konstantním proudem 30 A. Při dosažení hrany plynovacího napětí (cca 14,4 V), přejdeme na nabíjení konstantním napětím. Nabíjení ukončíme při poklesu nabíjecího proudu na 5 % maximálního proudu, tj. na 1,5 A.

3. Vybíjení akumulátoru

Podmínkou úspěšné kapacitní zkoušky je plně nabitý akumulátor. A prostředí o teplotě 25°C v termodynamické rovnováze s akumulátorem.

3.1. Schéma zapojení

Při měření vybíjení a kapacity akumulátoru by bylo výhodné akumulátor vybíjet zdrojem proudu. Ovšem vzhledem k energetické náročnosti takového procesu je vhodnější zvolit pasivní zátěž. Vhodnou zátěží, která splňuje částečně i požadavek na zdroj konstantního vybíjecího proudu je halogenová žárovka. Protože díky teplotní závislosti vlákna žárovky je v jistém rozsahu udržován téměř konstantní vybíjecí proud.

Ale vzhledem k tomu, že není běžně dostupná 12V žárovka s příkonem 1,2kW, tak by bylo třeba zapojit přibližně 10ks žárovek paralelně. Vhodným typem by mohla být například klasická halogenka H4, která má při rozsvícení obou vláken provozní proud cca 10A.

3.2. Měřicí přístroje

Pokud budeme uvažovat při vybíjení proudy v násobcích 1-3C, tak budeme pro měření potřebovat ampérmetr s měřícím rozsahem 100 až cca 300A. Tomuto požadavku by mohl dobře vyhovět klešťový ampérmetr s magnetickým měřením proudu halovou, nebo magnetorezistivní sondou.

Požadavky na měřicí voltmetr se žádným způsobem neliší od voltmetru použitého pro nabíjení akumulátoru. A vyhoví i běžný laboratorní multimetr. S rozsahem 20V.

3.3. Určení průřezu vodičů

Dimenzování vodičů by mělo odpovídat maximálnímu provoznímu vybíjecímu proudu, který může být podle výrobce až 3,5C, tedy 350A. Pokud budeme uvažovat proudovou zatížitelnost volného vodiče cca 8A/mm² vyjde nám potřebný průřez minimálně 43mm².

3.4. Stanovení doby vybíjení

Dobu vybíjení stanovíme podobně jako v případě nabíjení akumulátoru.

$$I = \frac{Q}{t} \rightarrow t = \frac{Q}{I} = \frac{100}{100} = 1\text{h}$$

Vybíjecí doba bude pro vybíjecí proud 1C ideálně 1h. Ovšem vzhledem ke ztrátám v akumulátoru je pravděpodobné, že tato doba bude mírně kratší.

3.5. Popis postupu měření a podmínky měření

V případě měření kapacity akumulátoru je třeba změřit integrál náboje prošlého vybíjecím obvodem. K tomu lze použít numerickou integraci hodnot naměřených v ekvidistančních intervalech, nebo hodnot naměřených v intervalech odpovídajících určité velikosti změny napětí, nebo proudu.

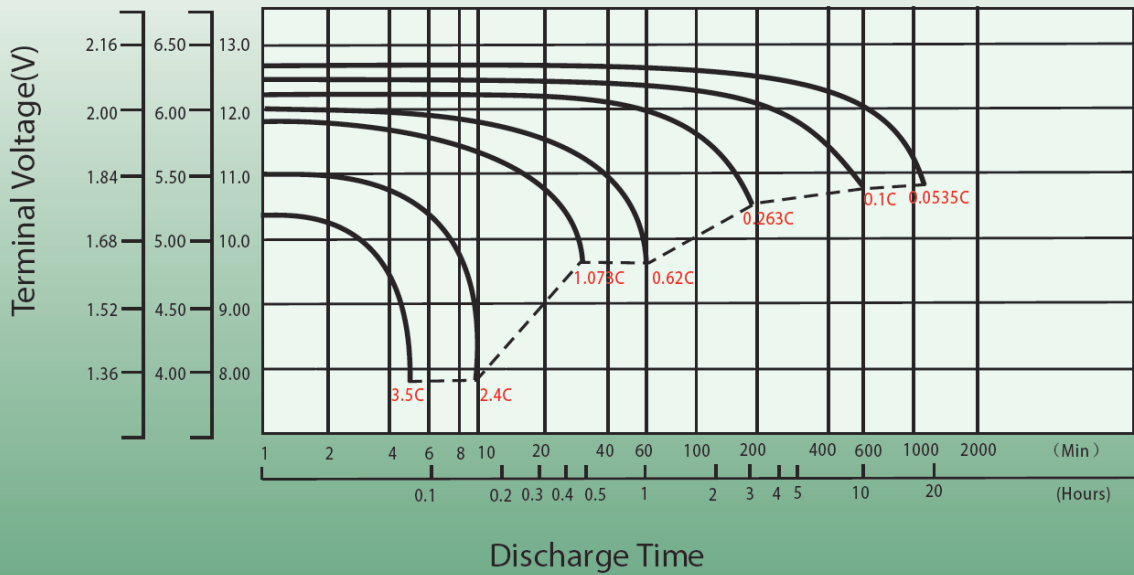
Vybíjení akumulátoru bude pak ukončeno v případě, že svorkové napětí zatíženého akumulátoru dosáhne výrobcem předepsané hodnoty. Pro vybíjecí násobek 1C je to cca 10V.

Během měření je třeba kontrolovat teploty článků akumulátoru a bezpečné odvádění energie ze zátěže, aby nedošlo k poškození.

Discharge Characteristics

2V Battery (V) 6V Battery (V) 12V Battery (V)

Temperature: 25 °C



4. Měření vnitřního odporu akumulátoru

4.1. Stanovení postupu dle normy

Norma stanovující měření vnitřního odporu akumulátorů: ČSN EN 60896-21

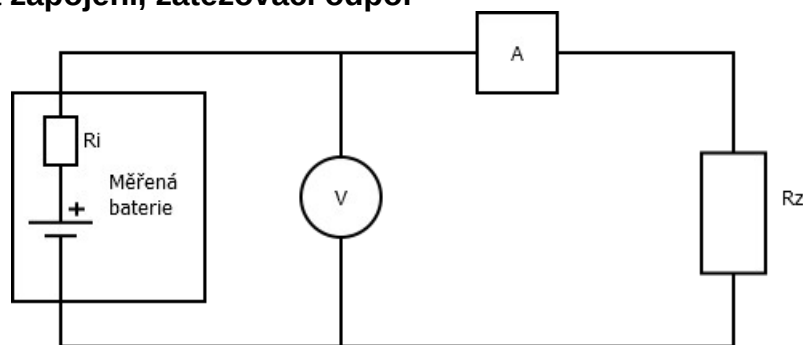
Po celou dobu měření je nutné udržovat teplotu okolí $25 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, jinak je nutná korekce.

Postup:

- 1) Než je možné přistoupit k měření, musí být akumulátor nabitý na 100 % a musí dojít k ustálení elektrochemických poměrů.
- 2) Zatížíme akumulátor proudem I_1 rovnajícím se 0,4 násobku kapacity (Ah). Proud I_1 měříme. Po dvaceti vteřinách odečteme U_1 a také proud, který musí být v toleranci 3 % oproti I_1 .
- 3) Akumulátor ponecháme pět minut regenerovat.
- 4) Akumulátor zatížíme proudem I_2 , který má velikost 2 násobku kapacity. Po pěti vteřinách odečteme U_2 a také proud, který musí být v toleranci 3 % oproti I_2 .
- 5) Z uvedeného vztahu vypočteme vnitřní odpor. Měl by nabývat jednotek až desítek $\text{m}\Omega$.

$$R_i = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$$

4.2. Schéma zapojení, zatěžovací odpor



Zatěžovací odpor lze rozlišit pro měření I_1 a pro I_2 . Z vybíjecích charakteristik vyplývá, že při zatížení proudem 0,4 C je na akumulátoru napětí přibližně 12 V. Tomu odpovídá odpor 0,3 Ω . V případě zatížení proudem 2 C je na akumulátoru nižší napětí – přibližně 11,2 V. V takovém případě má zatěžovací odpor hodnotu 0,056 Ω .

Vzhledem k velkému ztrátovému výkonu je nutné odpor řešit paralelním řazením více prvků. V prvním případě bych doporučil paralelní řazení deseti odporů 3 Ω , nebude tak nutné využít výkonových odporů a teplo vznikající na jednotlivých odporech se bude rovnat 48 W (oproti 480 W v případě jediného).

V případě zatížení proudem 2 C se použití výkových odporů nejspíše nevyhneme. Uspořádání navrhne na místě podle nabídky.

Zapojení musí být uzpůsobené takovým způsobem, aby bylo možné v mezičase vyměnit jeden odpor za druhý.

4.3. Určení potřebného průřezu vodičů, měřicí přístroje

Průřez vodičů bude dle normy zvolen podle většího proudu. Pokud uvažujeme jako proudovou zatížitelnost měděných vodičů 10 A/mm², budou mít vodiče průřez 20 mm².

V případě voltmetru je kladen důraz na přesnost měření, jelikož pokles napětí na akumulátoru bude malý.

Jako ampérmetr bude nutné použít klešťový přístroj nebo bočník (nutné započítat do zatěžovacího odporu).

4.4. Popis postupu měření a podmínky měření

- 1) Kontrola nabití baterie, změření okolní teploty – musí být 25 ± 3 °C.
- 2) Zapojení dle schématu, připojen první odpor.
- 3) Sepnutí spínače po dobu 20 s, odečet proudu na počátku a proudu a napětí na konci.
- 4) Vyčkání 5 minut, mezitím výměna odporu.
- 5) Sepnutí spínače po dobu 5 s, odečet proudu na počátku a proudu a napětí na konci.
- 6) Výpočet.