



STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA SDĚLOVACÍ TECHNIKY

110 00 Praha 1, Panská 856/3
☎ 221 002 111, 📠 221 002 666

URL: www.panska.cz
e-Mail: sekretariat@panska.cz

Maturitní zkouška

Praktická zkouška z odborných předmětů

Lithiové články

Studijní obor: **26-45-M/004**
Digitální telekomunikační technika

Třída: **4.B**

Školní rok: **2006/2007**

Ondřej Koubek
Vojtěch Král



STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA SDĚLOVACÍ TECHNIKY

110 00 Praha 1, Panská 856/3
☎ 221 002 111, 📠 221 002 666

URL: www.panska.cz
e-Mail: sekretariat@panska.cz

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil jsem literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.

V Praze, dne

.....

Podpis



STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA SDĚLOVACÍ TECHNIKY

110 00 Praha 1, Panská 856/3
☎ 221 002 111, 📠 221 002 666

URL: www.panska.cz
e-Mail: sekretariat@panska.cz

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil jsem literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.

V Praze, dne

.....

Podpis



Anotace

Téma naší dlouhodobé maturitní práce – **Lithiové články** – jsme si vybrali především z toho důvodu, že jsou dnes používány v širokém spektru elektrotechniky. Nástup lithiových baterií a postupné nahrazování niklových zdrojů energie nezaznamenal velký ohlas u zákazníků a uživatelů. Lidé mají poměrně málo informací o lithiových bateriích, což byl další důvod pro výběr našeho tématu. Zároveň jsme nenašli tyto informace souhrnně zpracované v jednom celku. Naše práce se snaží uvést co největší množství faktů o nástupu, problematice, vývoji a budoucím využití lithiových článků.

Annotation

We have chose the subject of our long – term leaving examination work – **Lithium Cells** – because of using it in the wide spectrum of electronic. Coming of lithium batteries and gradual replacement of the nickel sources didn't reach a great public acceptance of customers and end-users. People have relatively little information about lithium batteries that was another reason for choosing it as the theme of our work. We didn't find a summary information about this theme at the same time. Our work tries to bring the biggest quantity of facts about start, relevant questions, development and future usage of lithium cells.



OBSAH

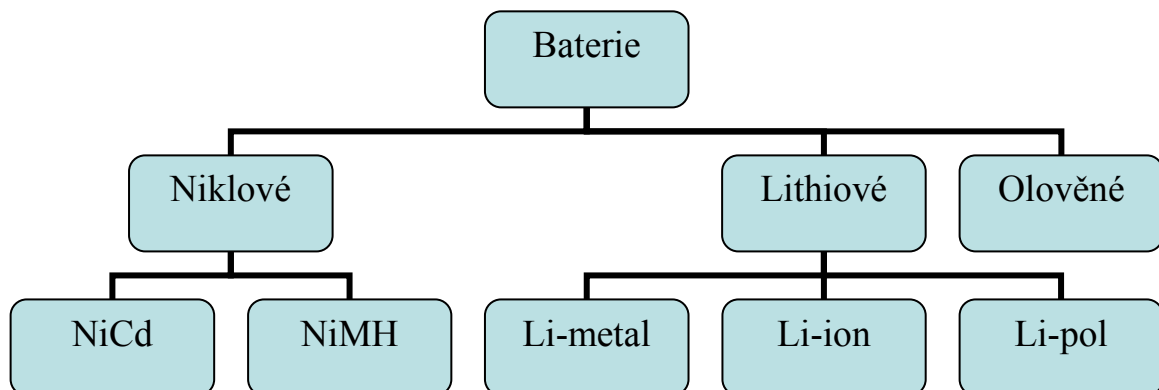
| | |
|---|-----------|
| 1. ÚVOD | 7 |
| 1.1 Rozdělení akumulátorů | 7 |
| 1.2 Seznámení se staršími typy baterií | 8 |
| 1.3 Prvek Lithium | 11 |
| 2. HISTORIE LITHIOVÝCH AKUMULÁTORŮ | 12 |
| 3. VÝHODY / NEVÝHODY | 13 |
| 3.1 Výhody: | 13 |
| 3.2 Nevýhody: | 14 |
| 4. POROVNÁNÍ LI-ION/POL | 15 |
| 4.1 Porovnání vybíjecích charakteristik | 15 |
| 4.2 Porovnání životností | 16 |
| 4.3 Porovnání technických parametrů | 17 |
| 5. KONSTRUKCE | 18 |
| 5.1 Li-ion | 18 |
| 5.2 Li-pol | 20 |
| 6. VYUŽITÍ | 21 |
| 7. NABÍJENÍ | 22 |
| 7.1 Správné nabíjení lithiových akumulátorů | 22 |
| 7.2 Zásady bezpečného nabíjení | 24 |
| 7.3 Balancery | 27 |
| 7.4 Popis zapojení nabíječky | 32 |
| 7.5 Rozpiska součástí | 34 |
| 7.6 Plošný spoj | 34 |



| | |
|---|-----------|
| 8. MĚŘENÍ..... | 35 |
| 8.1 Protokol..... | 35 |
| 8.1.1 Zadání..... | 35 |
| 8.1.2 Popis měřeného předmětu..... | 35 |
| 8.1.3 Schéma zapojení..... | 35 |
| 8.1.4 Použité přístroje..... | 36 |
| 8.1.5 Postup měření..... | 36 |
| 8.1.6 Tabulky naměřených hodnot..... | 38 |
| 8.1.7 Grafy..... | 40 |
| 8.1.8 Závěr měření..... | 44 |
| 8.2 Simulace..... | 44 |
| 9. BUDOUCNOST LI ČLÁNKŮ..... | 45 |
| 9.1 Využití v automobilech..... | 45 |
| 10. ZÁVĚR..... | 49 |
| 11. POUŽITÉ TERMÍNY..... | 50 |
| 12. ZDROJE INFORMACÍ A POUŽITÝ SOFTWARE..... | 52 |
| 12.1 Internet..... | 52 |
| 12.2 Literatura..... | 53 |
| 12.3 Použitý software..... | 53 |

1. ÚVOD

1.1 Rozdělení akumulátorů



Obr. 1.1.1. Rozdělení akumulátorů

Na obrázku 1.1.1. můžeme vidět stručné rozdělení používaných baterií. Pro běžné použití dnes existují tři druhy akumulátorů: niklové, lithiové a olověné. V přenosných přístrojích se ustálily čtyři typy akumulátorů: niklokadmiové (NiCd), niklometalhydridové (NiMH), lithioiontové (Li-ion) a lithiopolymerové (Li-pol). Všechny jmenované druhy převádějí chemickou energii na elektrickou. Vždy mají tři základní komponenty. Kladnou (anoda) a zápornou elektrodu (katoda) a mezi nimi elektrolyt. V nabitém stavu je u záporného pólu přebytek elektronů, což má za následek elektrické napětí mezi oběma póly. Při uzavření obvodu (při propojení pólů přes nějaký spotřebič, například mobil, notebook, digitální fotoaparát atd.) kladný pól elektrony odsává - vzniká tak elektrický proud a akumulátor se pozvolna vybíjí. Elektrolyt přitom umožňuje pohyb elektronů mezi elektrodami uvnitř akumulátoru. Když se přebytek elektronů u záporné elektrody odčerpá, je akumulátor vybit. Po následném nabití můžeme celý proces znovu zopakovat.

Než zde blíže popíšeme Lithiové články, seznámíme se také s ostatními druhy akumulátorů.

1.2 Seznámení se staršími typy baterií

Výhodou niklových akumulátorů oproti lithiovým je fakt, že jsou levnější. Na druhou stranu ale dokáží uskladnit jen málo energie. Akumulátory NiCd a NiMH jsou také robustnější a mají delší životnost - vydrží 700 až 1000 nabíjecích cyklů.

O niklové akumulátory (ostatně jako o všechny) se musí dobře pečovat. To znamená, že příliš časté dobíjení a zanedbaná údržba mohou snížit kapacitu baterie o 40 až 50%.

Vnitřek akumulátoru si můžeme představit rozdělený na tři oblasti.



obr. 1.2.1. Vnitřek akumulátoru

Na oblast energie z "prázdňé zóny" již spotřebič vyčerpá - tu lze znovu dobít, "užitečnou zónu" obsahující energii, kterou spotřebič ještě může odebrat. Žádnou použitelnou energii už však nenajde v "oblasti usazenin", která se s přibývajícím stářím, při špatné údržbě a při přetěžování článku zvětšuje. Důsledkem toho pak je, že i po plném nabití akumulátor rychle ochabne.

U článků typu NiCd a NiMH je oblast usazenin tvořena (na rozdíl od připojeného schematicky pojatého vyobrazení) krystalickými nánosy na elektrodách, což se v provozu projevuje jako tzv. paměťový efekt (Memory-effect) u NiCd (el. článek si "pamatuje" stav, v němž začalo dobíjení, a považuje jej za počáteční) nebo efekt "líné baterie" (Lazy Battery Effect) v případě NiMH. S dobrou nabíječkou je však možné niklové akumulátory usazenin zbavit, a to vícenásobným opakováním nabíjecích a vybíjecích cyklů - potom usazeniny zpravidla zmizí a článek je téměř jako nový.



NiCd

Nikkadmiový akumulátor je složen ze tří vrstev. Kladnou elektrodu tvoří hydroxid niklu, zápornou (jedovaté) kadmium. Obě elektrody odděluje separátor obsahující elektrolyt (hydroxid draselný). Elektrody jsou spojeny s kladným a záporným vývodem (pólem). Jmenovité napětí článku (při zátěži) je přibližně 1,2 V - jeli zapotřebí vyšší napětí, spojuje se více článků za sebou ve formě akumulátorové baterie.

Výhodou oproti ostatním typům je vysoká proudová zatížitelnost a odolnost vůči mrazu až do -15 °C. Navíc snese pětkrát rychlejší nabíjení než typ NiMH a až dvacetkrát razantnější vybíjení než lithiová varianta - samozřejmě za předpokladu, že máte nabíječku schopnou dodávat potřebně velký proud.

Je-li NiCd akumulátor nabíjen přes deset hodin malým proudem a před nabíjením nebyl úplně vyprázdněn, paměťový efekt jej rychle diskvalifikuje: ačkoliv je plně nabit, při zatížení selže. Důvod je prostý. Na záporné elektrodě se usazují kovové krystalky. Tím se snižuje kapacita, roste vnitřní odpor a článek při zátěži neudrží napětí. Takový akumulátor pak vydrží pracovat třeba jen několik minut.

Unavené NiCd články se nedobíjejí, ale nejprve se nechají úplně vybit nejlépe pomocí počítačově řízené nabíječky. Je-li NiCd akumulátor ochromen paměťovým efektem, lze jej opakovaným vybíjením a nabíjením reaktivovat - paměťový efekt NiCd článku je reverzibilní

NiMH

Mají podobnou stavbu, používají ale mnohem ekologičtější materiály. Kladná elektroda je opět z hydroxidu niklu, záporná je tvořena kovovou slitinou schopnou vázat vodík. Separátor oddělující obě elektrody obsahuje i zde alkalický elektrolyt (hydroxid draselný). Jediný rozdíl oproti řešení NiCd tedy představuje vodík vázající slitina, která nahradila jedovaté kadmium. Stejně jako u NiCd článku je jmenovité napětí 1,2 V, samovybíjení je ale o něco menší: po 24 hodinách "vyprchá" (v závislosti na výrobku) 6 až 16% energie.

Při nesprávném postupu nabíjení se může stát, že u baterie se objeví efekt „líné baterie“ tak jako tak. Naštěstí je i zde poměrně snadná pomoc. Stačí článek čas od času před nabíjením zcela vybit.

"Zlenivění" NiMH akumulátoru se projeví poklesem napětí při zatížení – přístroj se předčasně vypne. Mnohé mobilní telefony (dnešní mají již lithiové baterie) však nabízejí speciální funkci pro údržbu akumulátoru, která vzniku efektu "líné" baterie zabráňuje.

NiMH článek uskladní při téže hmotnosti téměř dvojnásobek energie oproti NiCd. Protože oba "niklové" systémy vykazují stejné rozměry, lze je přímo zaměnit. Ale pozor u přístrojů, které mají velký odběr energie.

Olověné akumulátory:

Olověný akumulátor je dnes nejužívanějším sekundárním zdrojem. Velmi rozšířené použití těchto akumulátorů se vysvětluje jejich přijatelnou cenou, spolehlivostí a dobrým výkonem. Velkou výhodou olověných akumulátorů je to, že nevyžadují doplňování elektrolytu po celou dobu životnosti, protože plyny vznikající při dobíjení jsou speciální reakcí zpětně absorbovány. Nedochází tak k úniku plynů, a ani ke korozi svorek a okolí akumulátoru. V neposlední řadě je u těchto baterií velkou výhodou jejich životnost – až 15 let (při 200 až 3000 nabíjecích cyklech). Nevýhodou jsou stále rozměry akumulátorů.



obr. 1.2.2. Olověné akumulátory

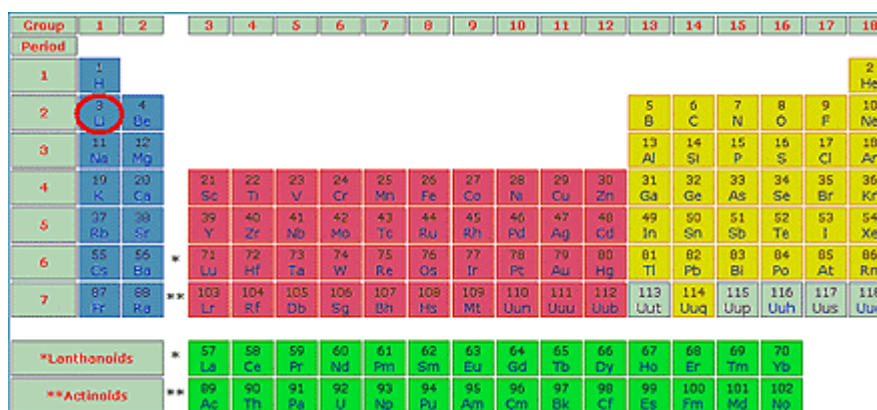
1.3 Prvek Lithium

Jedná se o velmi lehký a měkký kov, který rychle reaguje s kyslíkem i vodou a v přírodě se s ním proto setkáváme pouze ve formě sloučenin. Ze skupiny alkalických kovů je lithium nejméně reaktivní. Elementární kovové lithium lze dlouhodobě uchovávat např. překryté vrstvou alifatických uhlovodíků jako petrolej nebo nafta. Soli lithia barví plamen karmínově červeně. Kovové lithium lze průmyslově nejsnáze připravit elektrolýzou roztaveného chloridu lithného.

Bylo objeveno roku 1817 švédským chemikem Johannem Arfvedsonem v aluminosilikátových horninách na bázi lepidolitu.

| | |
|----------------------------|---------------------------------|
| Atomové číslo | 3 |
| Stabilní izotopy | 6,7 |
| Relativní atomová hmotnost | 6,941 amu |
| Elektronová konfigurace | 1s ² 2s ¹ |
| Skupenství | Pevné |
| Teplota tání | 180,54 °C (453,69 K) |
| Teplota varu | 1 342 °C (1615 K) |
| Elektronegativita | 0,98 |
| Hustota | 0,534 g.cm ⁻³ |

tab. 1.3.1 Chemické vlastnosti Lithia



The image shows a standard periodic table of elements. The element Lithium (Li) is located in the second period and the first group (Group 1). It is circled in red. The table includes groups 1 through 18 and periods 1 through 7, as well as the Lanthanoid and Actinoid series at the bottom.

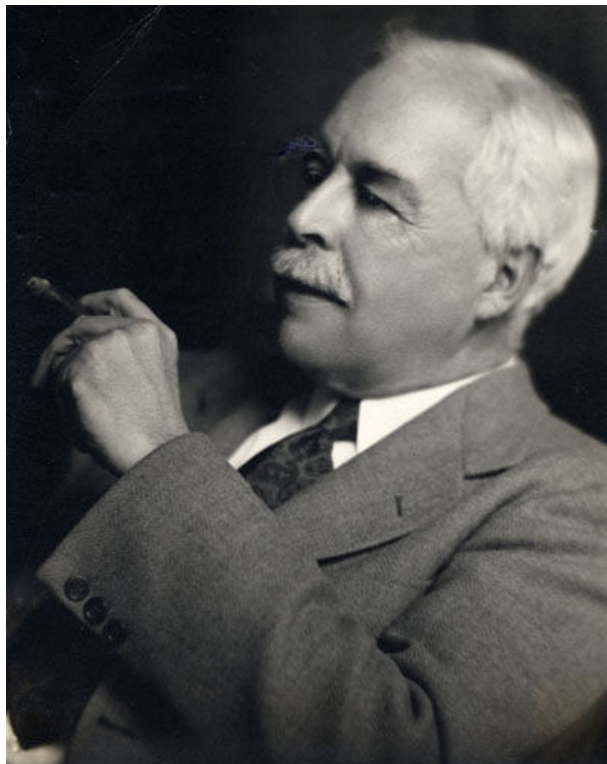
obr. 1.3.2 Umístění Lithia v periodické tabulce prvků

2. HISTORIE LITHIOVÝCH AKUMULÁTORŮ

Ačkoli s lithiovými bateriemi experimentoval již v roce 1912 americký chemik Gilbert Newton Lewis (obr. 2.1), první lithiové články, tehdy ještě nenabíjecí, byly komerčně dostupné až v roce 1970.

V osmdesátých letech následoval vývoj nabíjitelných článků, byl však neúspěšný, neboť články byly nebezpečné a snadno explodovaly. Obrat ve vývoji nastal teprve tehdy, když bylo chemicky velmi nestabilní kovové lithium nahrazeno kyslíčnickem lithia a kobaltu (LiCoO₂).

První akumulátory Li-ion prodávala firma Sony až v roce 1991.



obr. 2.1 Gilbert Newton Lewis (1875-1946)



3. VÝHODY / NEVÝHODY

3.1 Výhody:

Akumulátory netrpí paměťovým efektem

Na otázku, co je to paměťový efekt, se pokusíme odpovědět v několika následujících řádcích:

Ztrátu kapacity akumulátoru (snížení schopnosti ukládat energii), způsobenou nesprávným provozem akumulátorové baterie, nazýváme paměťovým efektem. Jde o změnu krystalické struktury elektrod, která snižuje jejich aktivní plochu. Krystalické změny mohou mít po delší době za následek zvýšení samovybití akumulátoru a jeho zničení.

Takto je často prezentován paměťový efekt, který je v praxi příliš přeceňován. Jev skutečně existuje, ale jeho vliv na kapacitu a životnost akumulátorů Ni-Cd a Ni-MH je podstatně menší, než je často prezentováno. Prakticky je tento jev téměř nepozorovatelný.

Efekt vznikne, pokud akumulátor pravidelně nabíjíme před jeho úplným vybitím. Navíc se jedná o jev vratný, takže stačí akumulátor několikrát vybit a nabít a paměťový efekt zmizí.

Proto je často doporučováno provést vybití a plné nabití jedenkrát za měsíc u akumulátorů Ni-Cd a minimálně jedenkrát za tři měsíce u akumulátorů Ni-MH. To nemůže uškodit (pokud se vyhneme hlubokému vybití a přebíjení) a "paměťový jev" je tím odstraněn.

Podstatně větším nebezpečím pro akumulátory je jejich přebíjení, kdy se již velká část dodávané energie mění na teplo. Akumulátory se přitom mohou přehřát, což zkracuje jejich životnost. Proto je nutné nabíjet akumulátory v nabíječkách určených pro příslušný typ akumulátoru. Řada akumulátorových baterií (např. pro mobilní telefony) má vestavěn snímač teploty, podle kterého je řízeno nabíjení.



Vybíjení akumulátorů velkými proudy také způsobuje nárůst teploty akumulátoru a zkracuje životnost akumulátoru.

Další příčinou zkrácení doby života akumulátoru je jeho hluboké vybití, na které jsou zvláště citlivé akumulátory Li-ion a Li-pol.

Většina zařízení určených pro tyto akumulátory (mobilní telefony, kamery, notebooky) má vestavěné elektronické obvody, které hlídají parametry nabíjení a nedovolí extrémní vybití, takže si nemusíme dělat starosti o životnost používaných akumulátorů.

Horší situace je především u akumulátorových baterií nabíjených mimo zařízení pomocí levných nabíječek, které mohou podstatně zkracovat životnost nabíjených akumulátorů.

Velmi malé samovybíjení

samovybíjení článku je cca 1% za měsíc (oproti cca 10-15% u Ni-xx).

Malá hmotnost a velká hustota energie

poloviční hmotnost při stejné nebo větší kapacitě oproti Ni-xx článkům.

Instantní nabíjení

akumulátory se dají nabíjet v jakémkoli stavu vybití. Toto ocení všichni z nás při používání mobilních telefonů, notebooků a jiných el. spotřebičů.

3.2 Nevýhody:

Vyšší cena

v polovině roku 2005 už platí že Li-xx technologie vychází levněji u kapacit do 1500mAh a odebíraných proudů do 15A.

Nároky na přesné nabíjení

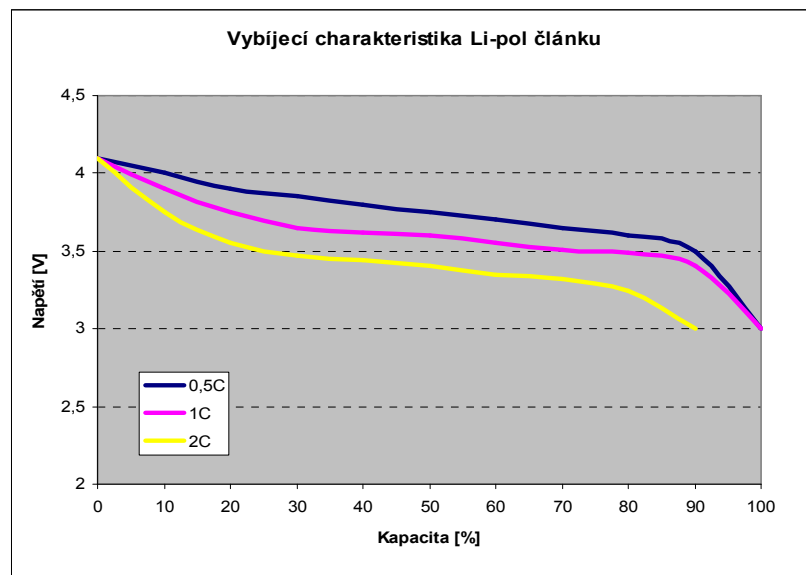
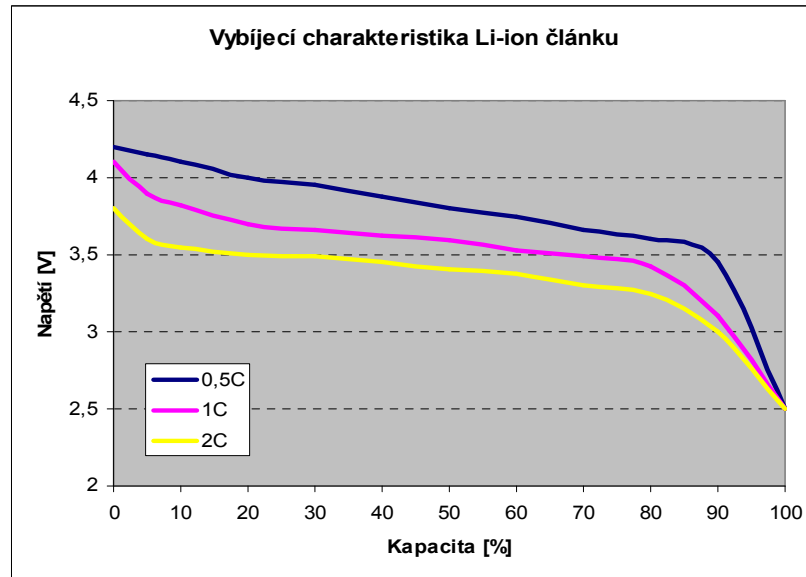
při nedodržení hodnot nabíjení a vybíjení hrozí zničení článku (v extrémní situaci požár expandujících plynů).

Obal

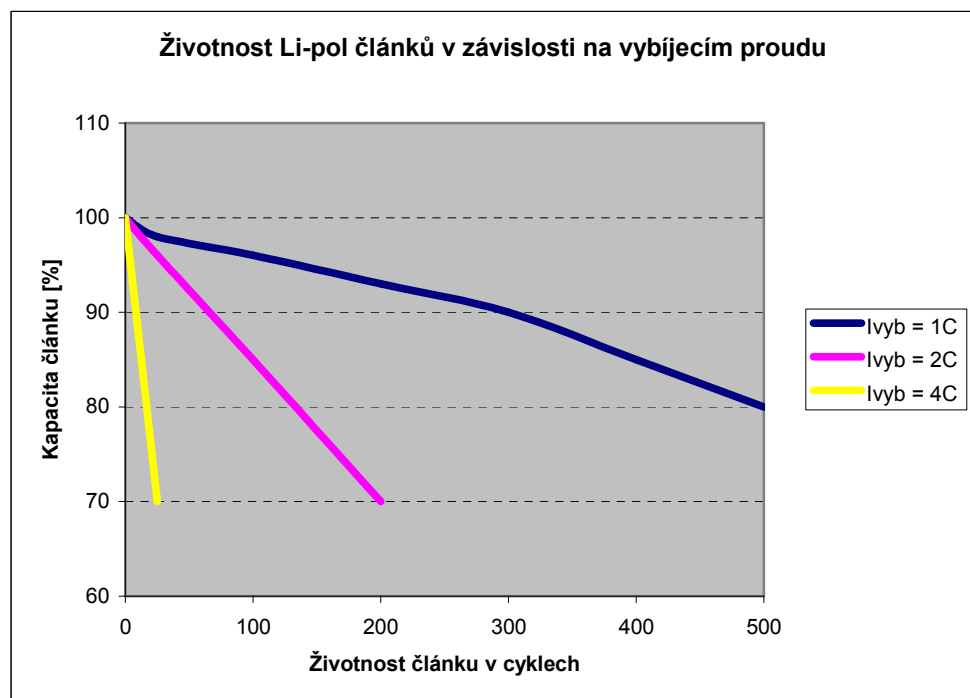
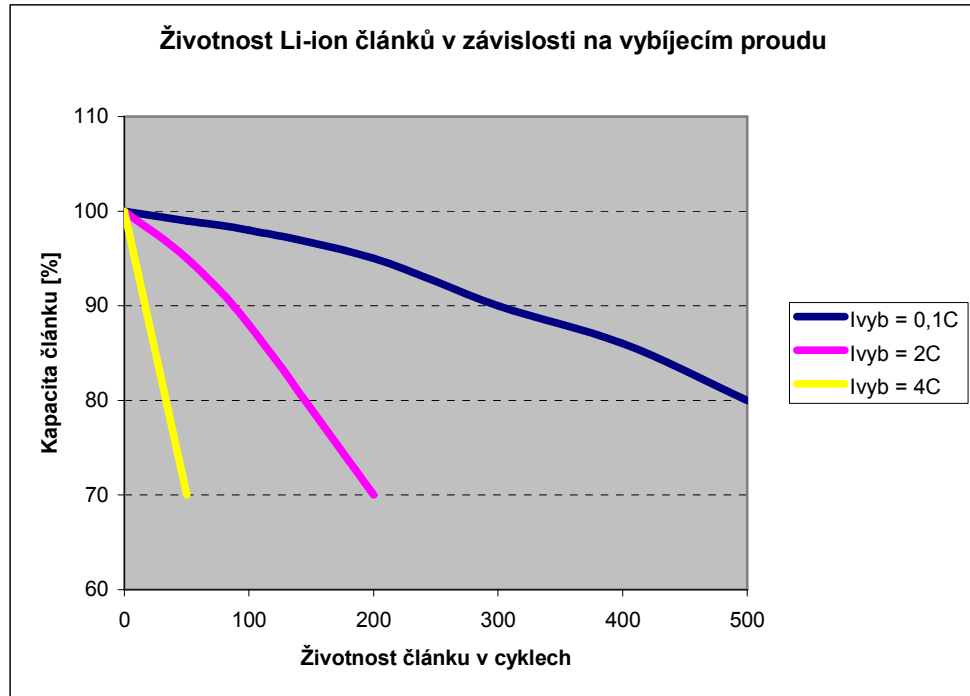
li-pol baterie mají podobu „pytlíku“ z poměrně slabé hliníkové fólie, která se snadno poškodí (opět nebezpečí požáru).

4. POROVNÁNÍ LI-ION/POL

4.1 Porovnání vybíjecích charakteristik



4.2 Porovnání životností





4.3 Porovnání technických parametrů

Li-ion

| | |
|----------------------------|--------------|
| Hustota energie | 120 Wh/kg |
| Napěťový rozsah | 4,2 - 2,5V |
| Provozní napětí | 3,7V |
| Životnost (do 80% C) | 500cyklů |
| Rychlost nabíjení (do 80%) | 1h |
| Provozní teplota | |
| Nabíjení | 0 až +40°C |
| Vybíjení | -20 až +60°C |
| Skladování | -20 až +60°C |

tab. 4.3.1 Technické parametry Li-ion

Li-pol

| | |
|----------------------------|--------------|
| Hustota energie | 180 Wh/kg |
| Napěťový rozsah | 4,2 - 2,8V |
| Provozní napětí | 3,7V |
| Životnost (do 80% C) | 500cyklů |
| Rychlost nabíjení (do 80%) | 1h |
| Provozní teplota | |
| Nabíjení | 0 až +40°C |
| Vybíjení | -20 až +60°C |
| Skladování | -20 až +60°C |

tab. 4.3.2 Technické parametry Li-pol



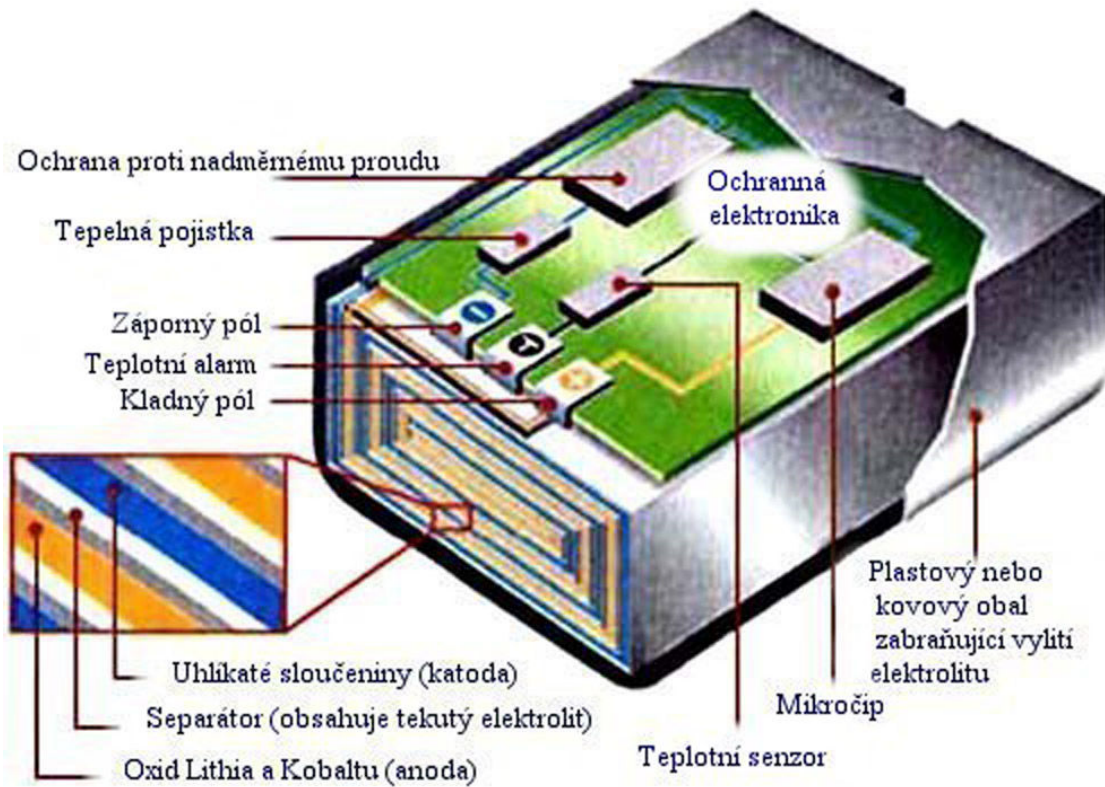
5. KONSTRUKCE

5.1 Li-ion

Namísto niklu je použito chemicky vysoce reaktivní a snadno vznětlivé lithium. Kladná elektroda sestává většinou z lithiokobaltového oxidu, do jehož krystalové mřížky byly vpraveny ionty lithia. Sloučeniny uhlíku a grafitu, rovněž obsahující lithiové ionty, tvoří zápornou elektrodu - tato kombinace dává jmenovité napětí 3,6V. Elektrolytem jsou agresivní organická rozpouštědla (propylen- nebo ethylenkarbonát) - pokud vyteče, hrozí poleptání pokožky či koroze uvnitř přístroje. Tomuto nebezpečí čelí většina výrobků uzavřením do stabilního kovového pláště. V obalu akumulátoru bývá zalit mikročip s potřebnými senzory, který zabraňuje přehřátí a roztržení v případě přebíjení článku.

Lithioiontové akumulátory pojmou při stejné velikosti asi třikrát více energie než klasické niklkadmiové a neznají ani paměťový efekt, ani "lenost". Tím je dána jejich velká přednost. Před nabíjením je není nutno úplně vybit. Za 24 hodin je u nich samovybití zanedbatelně malé, teprve po měsíci postrádají necelých 10% energie. Li-ion není vhodný pro spotřebiče s odběrem proudu o velké intenzitě. Jinak se článek silně zahřívá a napětí klesá. Také vysoká hustota energie není zadarmo - výrobní náklady jsou ve srovnání s typy NiCd a NiMH o 30 až 50% vyšší.

O stárnutí lithioiontových článků výrobci svorně mlčí - dokonce na ně ani netisknou datum výroby. Důvodem je hlavní bolest tohoto řešení. Ať je používáte, nebo ne, asi po roce citelně ztrácí kapacitu. Kvůli vysoké reaktivnosti lithia se totiž článek rozkládá sám od sebe a někdy už i po dvou letech může být nepoužitelný.



obr. 5.1.1 Konstrukce Li-ion článku

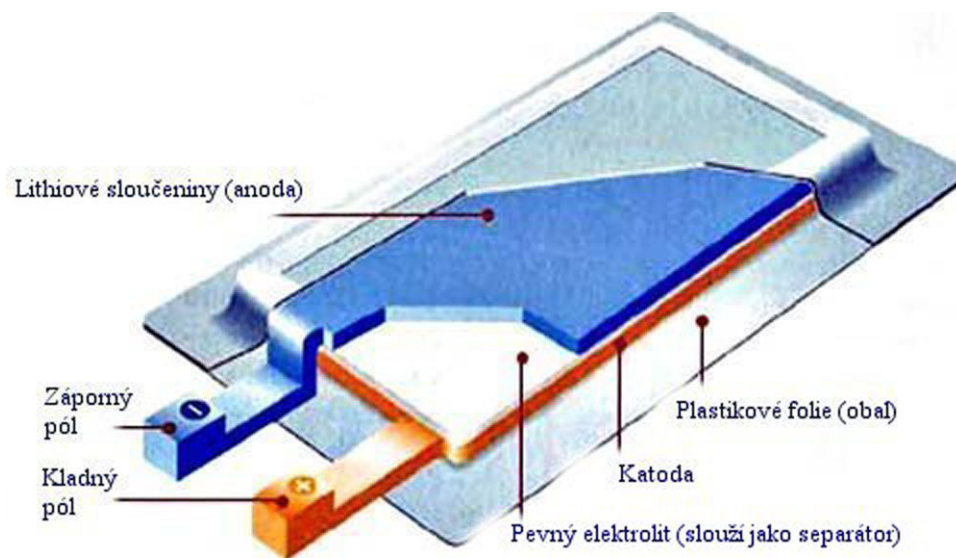
5.2 Li-pol

Lithiopolymerový akumulátor používá namísto tekutého elektrolytu pevný. Ten tedy nemůže vytéci, a článek proto nepotřebuje žádný masivní ochranný obal - stačí pokovená nebo hliníkem pokrytá umělohmotná fólie. Odpadá tu i jinak obvyklý separátor, neboť odstup elektrod zajišťuje přímo pevný elektrolyt.

Katoda sestává z oxidu lithia a kobaltu nebo lithia, niklu a kobaltu, do jehož krystalické mřížky byly vpraveny ionty lithia. Anodu tvoří sloučeniny grafitu. Stejně jako u typu Li-ion je jmenovité napětí 3,6V - identická je i technika nabíjení.

Lithiopolymerové akumulátory lze vyrobit extrémně ploché (o tloušťce jen několik milimetrů) a v libovolném tvaru - dají se dokonce v širokých mezích formovat a ohýbat. Díky tomu se vejdu do malých mobilů, miniaturních kamer, ultraplochých notebooků či PDA. Při plochem provedení se ochranný obvod často v přístroji umísťuje separátně.

V porovnání s typem Li-ion je Li-polymer při stejné kapacitě asi o 10 až 15% lehčí, ale o 10 až 20 % objemnější. Během času ztrácí kapacitu rychleji než článek Li-Ion, zato si lépe poradí s mrazem. Stejně však od -15 °C začne proud dodávat "po kapkách".



obr. 5.2.1 Konstrukce Li-pol článku

6. VYUŽITÍ

Lithiové články najdou uplatnění v širokém spektru elektrospotřebičů. Od mobilních telefonů přes fotoaparáty, notebooky, MP3 přehrávače až po speciální akumulátory používané v modelářství, které jsou zatížitelné vysokými proudy (až 20C).



obr. 6.1.1 Li-ion akumulátor do mobilního telefonu



obr 6.1.2. Li-pol akumulátor pro modelářské účely

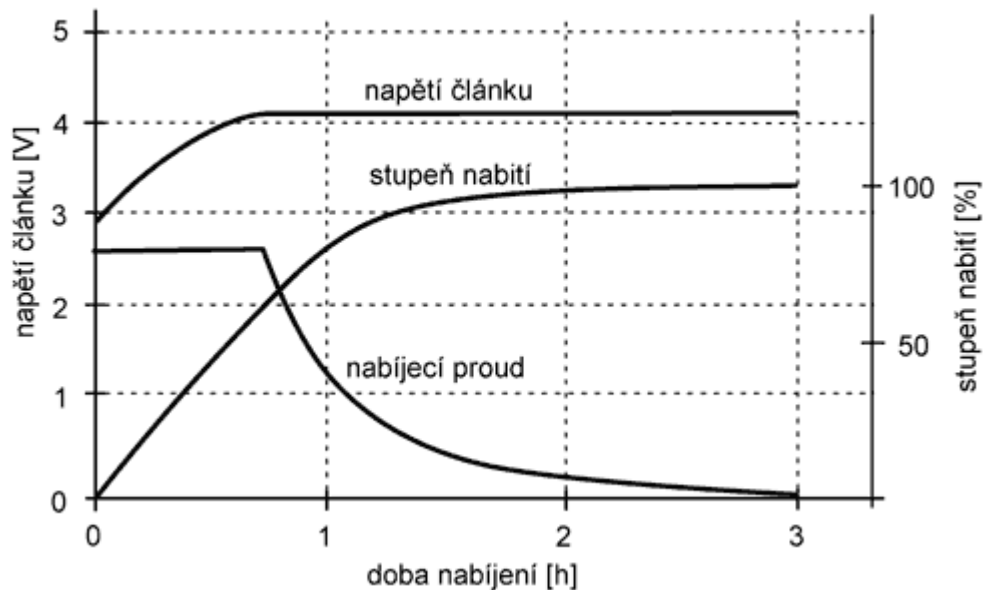


7. NABÍJENÍ

7.1 Správné nabíjení lithiových akumulátorů

Akumulátory Li-ion se nabíjejí standardně ze zdroje napětí s omezením nabíjecího proudu. Podobným způsobem se nabíjejí také bezúdržbové olověné akumulátory (SLA) a alkalické akumulátory (RAM). Při nabíjení Li-ion je třeba velmi přesně dodržet konečné nabíjecí napětí, mnohem přesněji, než je tomu u akumulátorů SLA a RAM. Uvádí se, že již malé překročení nabíjecího napětí podstatně zkrátí dobu života článku, při napětí menším se článek nenabije na plnou kapacitu. Konečné nabíjecí napětí je podle typu článku 4,1 nebo 4,2V, a je třeba je dodržet s přesností $\pm 1\%$.

Naopak nabíjecí proud není třeba přesně dodržet, bude-li menší, bude nabíjení jen trvat déle. Maximální nabíjecí proud uvádějí výrobci od 0,1 do 2C. Jednotkou C se myslí jmenovitá kapacita článku. Bude-li mít článek kapacitu např. 900mAh a povolený nabíjecí proud 0,5C, můžeme jej nabíjet proudem až 450mA.



graf 7.1.1 Graf nabíjecí charakteristiky

Typický průběh nabíjení článku Li-ion je znázorněn na grafu 7.1.1. a platí pro nabíjení proudem 1 C. Z obrázku je patrné, že článek se nabíjí velmi rychle. V první fázi se článek nabíjí proudem tak dlouho, dokud napětí na článku nedosáhne konečného nabíjecího napětí. Nabíjecí proud ani nemusí být konstantní, stačí když nepřekročí maximální nabíjecí proud. V okamžiku, kdy napětí článku dosáhne konečného nabíjecího napětí, je článek nabit přibližně na 70 %, pokud byl předtím téměř vybit. Byl-li článek vybit jen částečně, je v tomto okamžiku jeho náboj větší. Rovněž při nabíjení menším proudem bude v okamžiku dosažení konečného napětí náboj článku větší, nabíjení však trvá pochopitelně déle.

V druhé fázi se článek nabíjí konstantním napětím a nabíjecí proud se postupně zmenšuje. Článek považujeme za nabitý, pokud nabíjecí proud poklesne na zlomek původního nabíjecího proudu, většinou asi 0,05C. Nabíjecí proud se postupně zmenší až k nule. To je výhoda, neboť nehrozí přebití článku. Doba nabíjení nemusíme hlídat a článek může být v nabíječce libovolně dlouho. Nabíječka může rovněž bez jakéhokoli nastavování nabíjet články s různou kapacitou, stačí zajistit, aby ani u článku s nejmenší



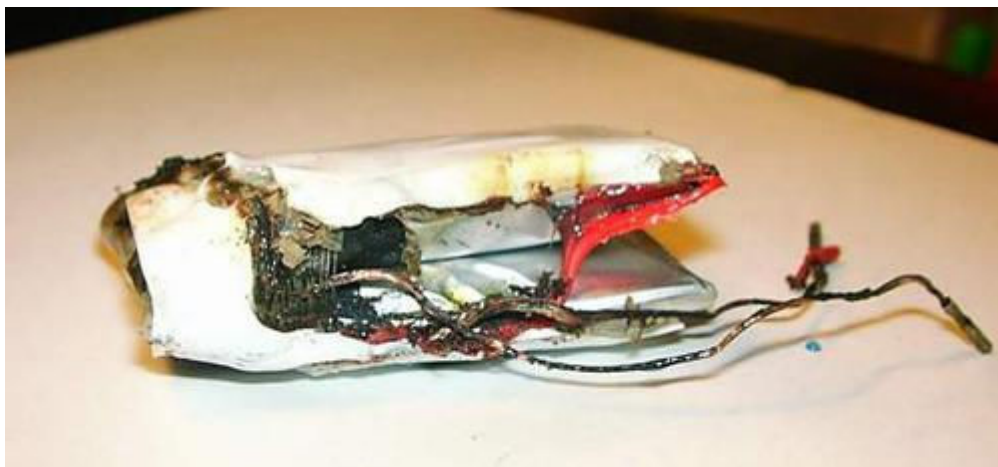
kapacitou nebyl překročen maximální nabíjecí proud. Články s větší kapacitou se budou nabíjet déle.

Pro úplnost je třeba se zmínit o nabíjení nových a hluboce vybitých článků. Tyto články se nabíjejí velmi pomalu proudem v řádu jednotek miliampér tak dlouho, dokud jejich napětí nedosáhne 2,7 až 3V. Takové formování článku trvá velmi dlouho, řádově hodiny. Články nelze rovnou nabíjet velkým proudem, mohly by se vážně poškodit. V praxi asi nebudete muset články formovat. Elektronické obvody přístrojů napájených akumulátory Li-ion zpravidla zařízení vypnou dříve, než je článek zcela vybit. Poslední pojistkou je ochranný obvod v akupaku.

K nabíjení akumulátorů Li-ion byla vyvinuta řada speciálních integrovaných obvodů.

7.2 Zásady bezpečného nabíjení

Je důležité chránit články před zkratem a vysokou teplotou. Nesmíme překročit teplotu článků při nabíjení, vybíjení i skladování, kterou udává výrobce. Nikdy by neměla přesáhnout asi 60°C! Při nabíjení by se články neměly zahřívat vůbec. Před připojením na nabíječ by se měl zkontrolovat počet článků, max. nabíjecí proud a dbát na správnou polaritu! Akumulátory, které jsou podvybité ($U < 2,5V$ / čl.) bychom neměli připojovat na nabíječ se standardním nabíjecím programem. Takto podvybité články se musí nabíjet odlišným způsobem. Některé typy článků neobsahují tlakovou pojistku a při nesprávné manipulaci může dojít k výbuchu a následnému požáru!



obr. 7.2.1 Akumulátor po výbuchu



obr. 7.2.2 Hořící akumulátor



obr. 7.2.3 Škody po nesprávném zacházení



obr. 7.2.4 Další z nepovedených pokusů



7.3 Balancery

Může se stát, že jeden článek v akupaku má nižší napětí než ostatní. Ukažme si to na příkladu. Máme tříčlánkový akupak. Pokud bude mít jeden z článků nižší napětí, přístroj v kterém je takovýto akumulátor, to nerozpozná. Pro něj je jediná důležitá hodnota celkové napětí. Pokud přístroj vypne na předem nastavené minimální hodnotě napětí, článek který měl nižší napětí bude podvybit (články v akupaku jsou „rozhozené“). To způsobí jeho trvalé poškození. Tomu všemu může předejít přístroj zvaný Balancer. Balancer je přístroj, který zajišťuje předem dané napětí na konci nabíjení u každého článku v akupaku.

Srovnávačky Li-pol článků (v cizině běžně užívaný název balancery) mohou být v zásadě dvojího druhu:

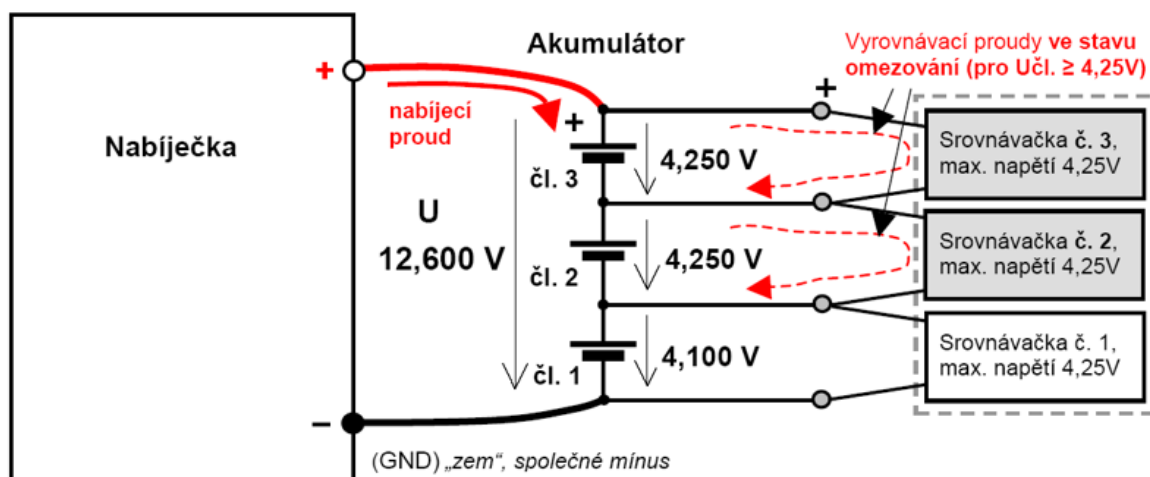
I. jednoduché typy, které ve skutečnosti nesrovnávají, ale pouze omezují napětí na max. povoleno hodnotě (např. 4,25V / článek) nebo na hodnotě nastavitelné trimrem.

II. procesorem řízené srovnávačky, které skutečně aktivně srovnávají napětí všech článků během celého nabíjení.

Balancery typu I

Jsou levné a jejich použití je rozhodně lepší, než nabíjet bez srovnávačky, mají ale také svá omezení a nedostatky. Nedá se totiž říci, že by tento typ srovnávaček skutečně články srovnával (zde by byl více na místě název "omezovač napětí"), nicméně mohou alespoň zabránit přebití článků, což je pro Li-pol články rovněž důležité.

Situace na obrázku je pro tento druh srovnávaček typická: článek č. 1 byl více vybit (třeba proto, že má o trochu nižší kapacitu než ostatní dva články), a má proto menší počáteční napětí v rámci nabíjení (i velmi dobrou, kvalitní a přesnou nabíječkou) se napětí jednotlivých článků zvyšují u článků, které začínaly na vyšším napětí vzroste napětí na 4,25V dříve (celkové napětí nabíječky je těsně po 12,6V) srovnávačky č. 2 a č. 3 začínají omezovat napětí na 4,25V u článků 2 a 3 nabíječka dosáhla maximálního celkového napětí pro 3 články (12,60V) a začíná omezovat proudy napětí článku č. 1 je však pouze 4,10V a tak to již zůstane až do konce nabíjení (články jsou "rozhozeny" o 150mV)



obr. 7.3.1 Zapojení s jednoduchou srovnávačkou

U takto nabitých článků ovšem není článek č. 1 plně nabit a při následném vybití bude vybit opět jako první. Pokud nemůžete nastavit na regulátoru vyšší celkové vypínací napětí a články plně vyčerpáte (tj. až na vypínací napětí regulátoru, zde 9V), bude článek č. 1 v každém případě podbit (a to i dost značně) a devastace tohoto článku bude s dalšími cykly rychle pokračovat až do jeho úplného zničení.

Pro pulzní nabíječky mohou být poměry ještě horší a s některými pulzními nabíječkami nespolupracuje tento typ srovnávaček vůbec. Situaci můžeme mírně zlepšit nastavením omezovacího napětí na nižší hodnotu (třeba 4,23V), ale musíme zde nechat rezervu nad koncovým napětím nabíječky. Pokud by totiž bylo omezovací napětí stejné

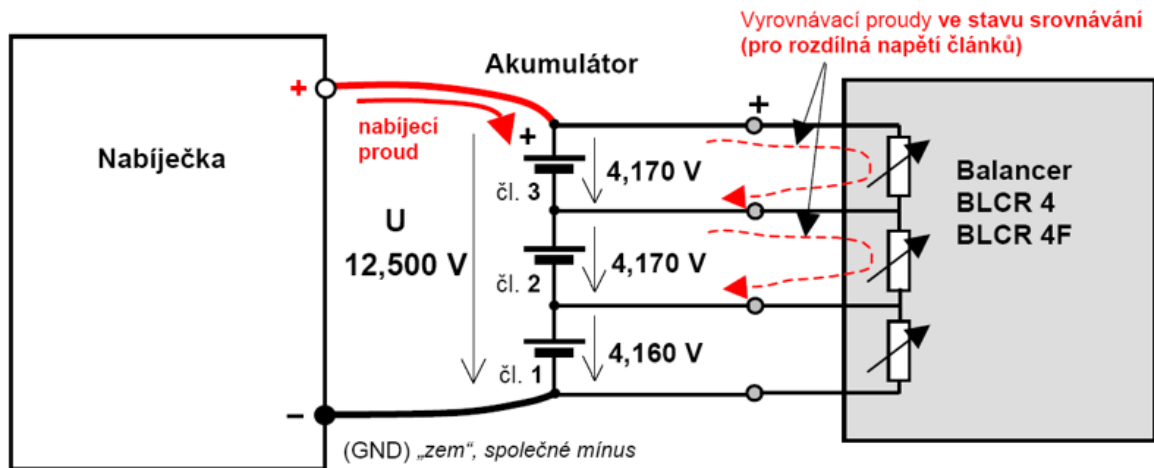


(nebo nižší), jako je max. napětí článků z nabíječky, nabíječka by nemohla ukončit nabíjení, protože by trvale tekla proud přes srovnávačku!

Problematickou záležitostí těchto typů je mechanický nastavovací prvek (pokud jej obsahují). Není-li totiž nastavení provedeno již ve výrobě, a to bez proměnných nastavovacích prvků, používají se otočné odporové trimry. Tyto však mají omezenou teplotní i časovou stabilitu. Velmi často se stačí jen dotknout nastavovací hřídelky, a to dokonce i u víceotáčkových trimrů, a nastavená hodnota se posune někam jinam.

Srovnávačky typu II

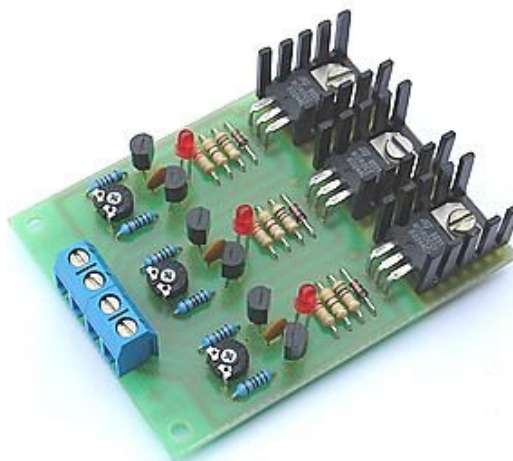
Jsou sice dražší, ale na rozdíl od typu I skutečně aktivně srovnávají napětí jednotlivých článků na stejnou hodnotu, a to po celou dobu nabíjení (např. balancery BLCR 4, 4F). Jsou řízeny procesorem. Ve výrobě je nastavena přesnost měření pomocí procesu kalibrace. Kalibrační hodnoty jsou uloženy trvale v procesoru a nemění se (nepodléhají vlivům prostředí). Tyto balancery upozorňují na články, jejichž napětí je mimo povolené meze (články vybité pod 3V), upozorní i velmi hlasitě akusticky na případ, kdy napětí některého článku překračuje 4,25V (zvolen příliš velký nabíjecí proud vzhledem k maximálnímu vyrovnávacímu proudu, stavu vybití a stavu "rozhození" článků) případně, že napětí všech článků překračuje 4,25V (vadná nebo zle nastavená nabíječka). I v případě, že nabíječka je nastavena na nižší napětí (např. 4,17V / článek) nebo nedosáhla ještě maximálních napětí, jsou články srovnány a napětí článků je v toleranci typicky ± 10 mV.



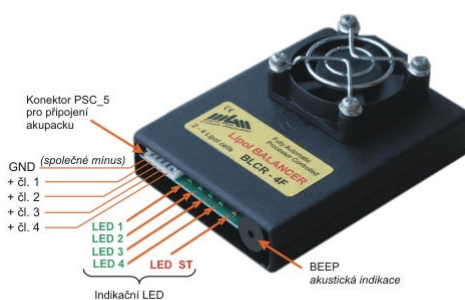
obr. 7.3.2 Zapojení s procesorovým balancerem

Balancery tohoto typu mohou spolupracovat s nabíječkami jak stejnosměrnými, tak i pulzními. Díky tomu, že srovnávají napětí článků od počátku nabíjení, mají delší čas na srovnání článků a nabíjecí proud proto může být několikanásobně vyšší než vyrovnávací proud (na rozdíl od typu I). Než se články nabijí na koncové napětí, tak i menšími vyrovnávacími proudy lze "přibrzdit" nabíjení článků s vyšším napětím tak, aby se jejich napětí vyrovnala.

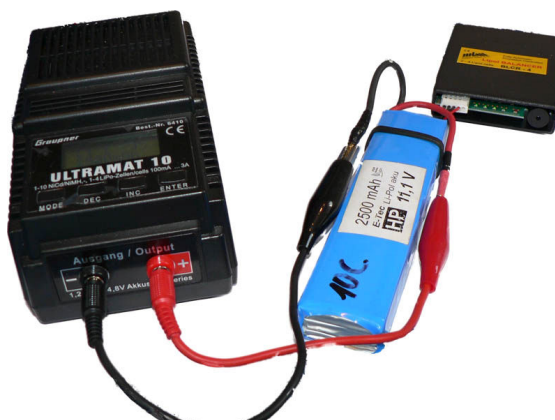
Ukázka, jak takové zařízení vypadá ve skutečnosti:



obr. 7.3.3 Jednoduchá srovnávačka



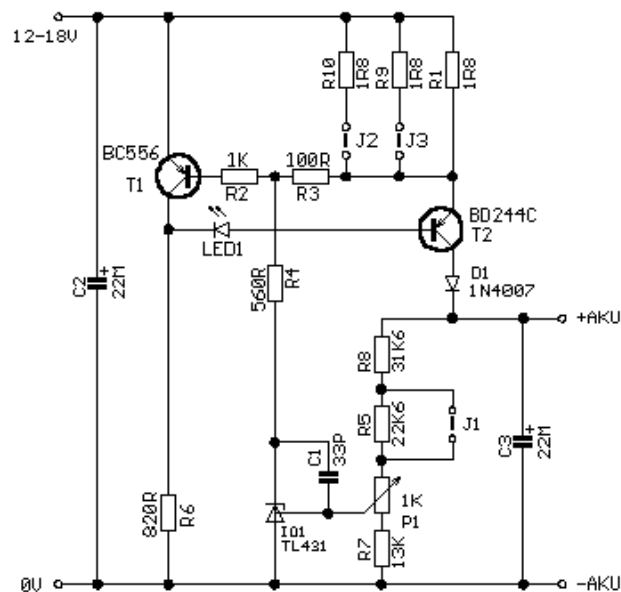
obr. 7.3.4 Počítačový balancer



obr. 7.3.5 Počítačový balancer v akci

7.4 Popis zapojení nabíječky

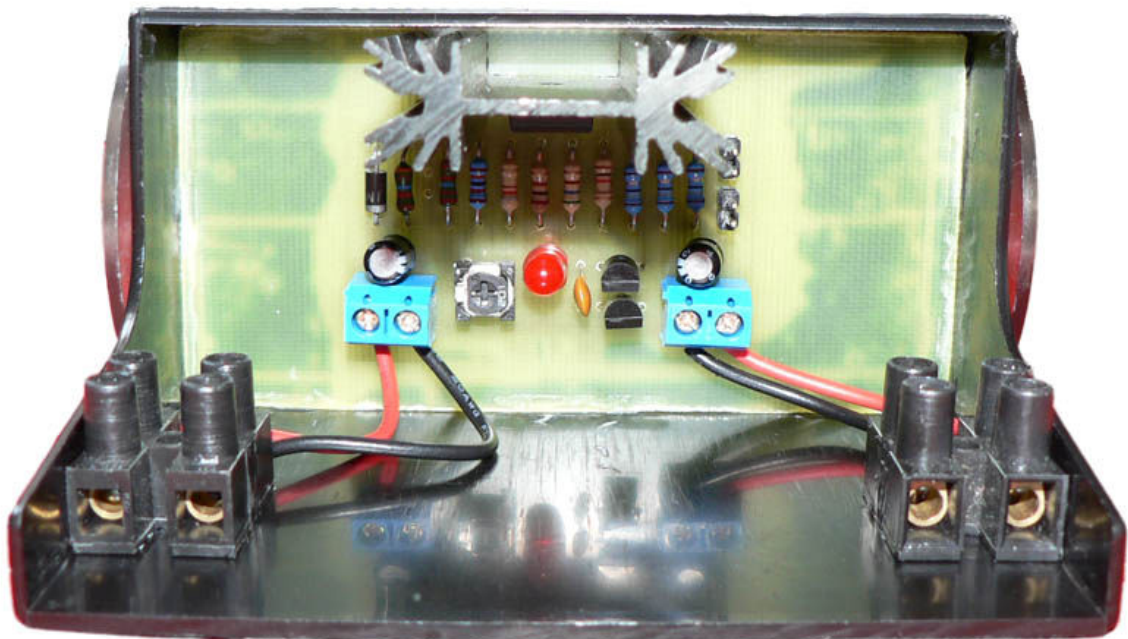
Základním prvkem zapojení je IO1 - referenční zdroj napětí TL431. Jeho stabilita musí splňovat stabilitu, což je u nabíječe Li-ion velmi důležitá vlastnost. Jako stabilizátor proudu pracují tranzistory T1 a T2. Nabíjecí proud protéká přes odpor R1(R9,10). Pokud úbytek napětí na tomto odporu přesáhne asi 0,6 V, začne se pomocí T1 omezovat proud tranzistorem T2. Hodnota odporu R1 tedy určuje nabíjecí proud. Díky použití tranzistorů PNP je úbytek na nabíječi podstatně menší. Další výhodou je, že minus pól výstupu je společný se vstupním. Výstupní napětí je řízeno již zmíněným obvodem TL431. Jeho velikost určuje dělič napětí na výstupu (R5,R7,R8, P1), který upravuje napětí na velikost referenčního napětí obvodu 2,5V. Součástky R4, C1 zamezují rozkmitání obvodu. Velmi důležitá je indikace nabíjecího proudu pomocí D2. LED dioda indikuje proud báze T2, který je úměrný výstupnímu proudu. Jas diody postupně klesá a tím indikuje stav nabíjení hlavně v konečné části. Dioda D1 zamezuje vybíjení nabíjené baterie při nepřítomnosti napájecího napětí. Zapojení nepotřebuje žádnou ochranu na vstupu proti přepólování, je proti němu odolné. Dále má zajímavou vlastnost, a to, že pokud při nepřipojeném akumulátoru svítí jasně LED, je vstupní napětí nabíječe nižší než je třeba.



obr. 7.4.1 Schéma zapojení nabíječky

Chlazení

S chladičem na výrobku k dlouhodobé práci je možno vyzářit maximálně 5 - 6W bez přídavného chlazení. Z toho vyplývá omezení maximálního vstupního napětí pro výstupní proud 1A. Při 2 článcích je to asi 14V a pro 3 články je to asi 18V. Příklad : při zdroji s napětím 18V a výstupem nastaveným pro 2 články je nabíječ zcela určitě přetížen. Je třeba si uvědomit, že se zvyšující teplotou je nabíječka méně spolehlivá a proto je chlazení velice důležité.

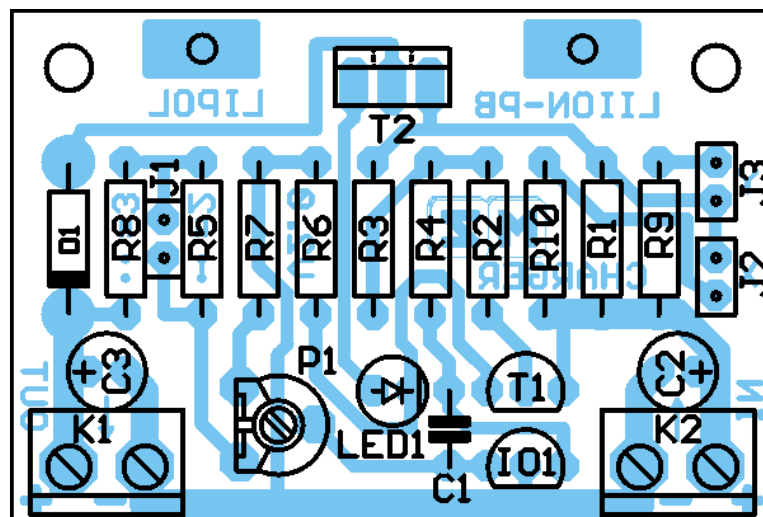


obr. 7.4.2 Nabíječka lithiových a olověných akumulátorů

7.5 Rozpiska součástek

| | |
|-------------|--------------------|
| R1,9,10 | 1R8 |
| R2 | 1k |
| R3 | 100R |
| R4 | 560R |
| R5 | 22k6/1% |
| R6 | 820R |
| R7 | 13k/1% |
| R8 | 31k6/1% |
| P1 | PT6VK001, trimr 1k |
| C1 | 33pF keram |
| C2,3 | 22μF/25V |
| D1 | 1N4001 (1N4007) |
| LED | obyčejná 20mA |
| T1 | BC556 |
| T2 | BD244C |
| IO1 | TL431 |
| Plošný spoj | |
| chladič | |

7.6 Plošný spoj



obr. 7.6.1 Plošný spoj nabíječky

8. MĚŘENÍ

8.1 Protokol

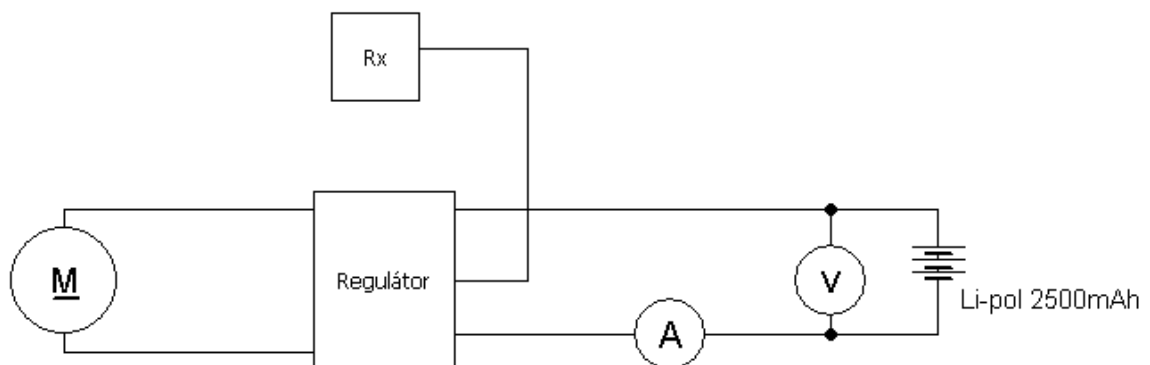
8.1.1 Zadání

Za úkol jsme si dali naměřit vybíjecí charakteristiky v závislosti na proudu. Výsledkem má být graf vybíjecí charakteristiky společně s porovnáním vybíjení proudem 1C, 2C, 4,6C.

8.1.2 Popis měřeného předmětu

Lithiopolymerový šestičlánekový akupak (3s2p) E-Tec HP 11,1V se servisním konektorem, maximální trvalý vybíjecí proud 10C (krátkodobě 15C).

8.1.3 Schéma zapojení



obr. 8.1.3.1 Schéma zapojení pro měření



8.1.4 Použité přístroje

| Označení ve schématu | Přístroj | Název | Sériové číslo |
|----------------------|------------|--------------------------|---------------|
| | Nabíječka | Graupner Ultramat 10 | 6410 |
| A | Ampérmetr | F - Tech | 0109523 |
| V | Voltmetr | F-Tech | 8631241 |
| | Balancer | Mgm compro BLCR-4 | 3443 |
| M | Motor | PJS 3D 900 | |
| RX | Přijímač | Jeti model REX 4 plus | |
| Regulátor | Regulátor | Jeti model ADVANCE 30 3P | |
| | Vysílačka | Hitech Eclipse 7 QPCM | 0681 |
| | Akumulátor | AcuPak Li-pol E-Tec 2500 | |
| | Fotoaparát | Panasonic Lumix FZ5 | F5SPO1951 R |

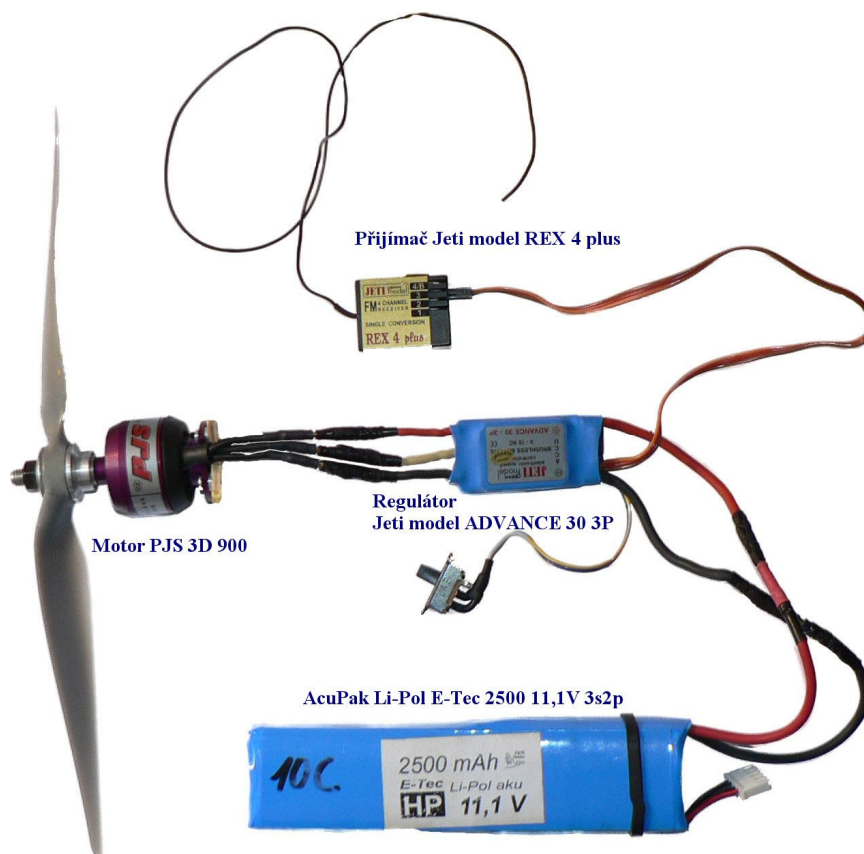
8.1.5 Postup měření

Na akupaku Li-pol 2500mA 3s2p jsme měřili vybíjecí charakteristiky. Měření jsme opakovali pro několik vybíjecích proudů a výsledky jsme zaznamenali do tabulek a následně do grafů.

Nakonec jsme celé měření nasimulovali na počítači pomocí Great Planes Real Flight R/C Flight Simulatoru a porovnali jsme s našimi výsledky.

Jak jsme měřili?

Akupak jsme zapojili do soustavy používané v leteckém modelářství, která je vidět na obr. 8.1.5.1.



obr. 8.1.5.1 Zapojení pro měření

Jako zátěž jsme použili motor s vrtulí a regulátorem otáček. Potom jsme mezi baterii a regulátor připojili ampérmetr a k baterii jsme připojili voltmetr. Pomocí ovladače na vysílače jsme nastavovali otáčky motoru respektive odebíraný proud. Pro každé měření jiný:

1C – 2,5A

2C – 5A

4,6C – 11,5A (nevíc co naše sestava zvládla)

údaje na voltmetru a ampérmetru jsme v předem daných časových úsecích zaznamenávali do tabulek.



8.1.6 Tabulky naměřených hodnot

Tabulka pro 1C (vybíjíme jednonásobkem kapacity akumulátoru – 2,5A)

| čas [min] | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| napětí [V] | 12.52 | 11.64 | 11.55 | 11.49 | 11.44 | 11.4 | 11.37 | 11.33 |

| čas [min] | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| napětí [V] | 11.28 | 11.25 | 11.21 | 11.18 | 11.15 | 11.12 | 11.09 | 11.06 |

| čas [min] | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| napětí [V] | 11.03 | 10.99 | 10.96 | 10.94 | 10.91 | 10.88 | 10.85 | 10.82 |

| čas [min] | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| napětí [V] | 10.8 | 10.77 | 10.75 | 10.71 | 10.68 | 10.65 | 10.63 | 10.6 |

| čas [min] | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| napětí [V] | 10.58 | 10.54 | 10.52 | 10.48 | 10.46 | 10.43 | 10.41 | 10.38 |

| čas [min] | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| napětí [V] | 10.35 | 10.33 | 10.29 | 10.27 | 10.23 | 10.2 | 10.17 | 10.14 |

| čas [min] | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 |
|------------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| napětí [V] | 10.1 | 10.06 | 10.01 | 9.97 | 9.93 | 9.87 | 9.81 | 9.75 |

| čas [min] | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 |
|------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| napětí [V] | 9.7 | 9.62 | 9.53 | 9.43 | 9.31 | 9.16 | 8.98 | 8.72 |

| čas [min] | 64 | 65 | 66 | 67 |
|------------|------|------|------|------|
| napětí [V] | 8.33 | 8.08 | 8.05 | 8.02 |



STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA SDĚLOVACÍ TECHNIKY

110 00 Praha 1, Panská 856/3
☎ 221 002 111, 📠 221 002 666

URL: www.panska.cz
e-Mail: sekretariat@panska.cz

Tabulka pro 2C (vybíjecí prou se rovná dvojnásobku kapacity akumulátoru – 5A)

| čas [min] | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| napětí [V] | 12.57 | 11.05 | 10.98 | 10.94 | 10.91 | 10.87 | 10.83 | 10.78 |

| čas [min] | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| napětí [V] | 10.74 | 10.69 | 10.65 | 10.59 | 10.56 | 10.5 | 10.44 | 10.39 |

| čas [min] | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| napětí [V] | 10.35 | 10.28 | 10.24 | 10.2 | 10.14 | 10.09 | 10.03 | 9.97 |

| čas [min] | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|------------|------|------|------|------|------|------|----|------|
| napětí [V] | 9.89 | 9.82 | 9.71 | 9.61 | 9.47 | 9.29 | 9 | 8.53 |

| čas [min] | 32 | 33 |
|------------|------|------|
| napětí [V] | 8.16 | 8.08 |

Tabulka pro 4,6C (vybíjecí prou se rovná 4,6 násobku kapacity akumulátoru – 11,5A)

| čas [min] | 0 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 |
|------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| napětí [V] | 12.48 | 10.2 | 10.13 | 10.12 | 10.11 | 10.08 | 10.05 | 10.02 |

| čas [min] | 4 | 4.5 | 5 | 5.5 | 6 | 6.5 | 7 | 7.5 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| napětí [V] | 9.98 | 9.94 | 9.89 | 9.84 | 9.79 | 9.74 | 9.68 | 9.59 |

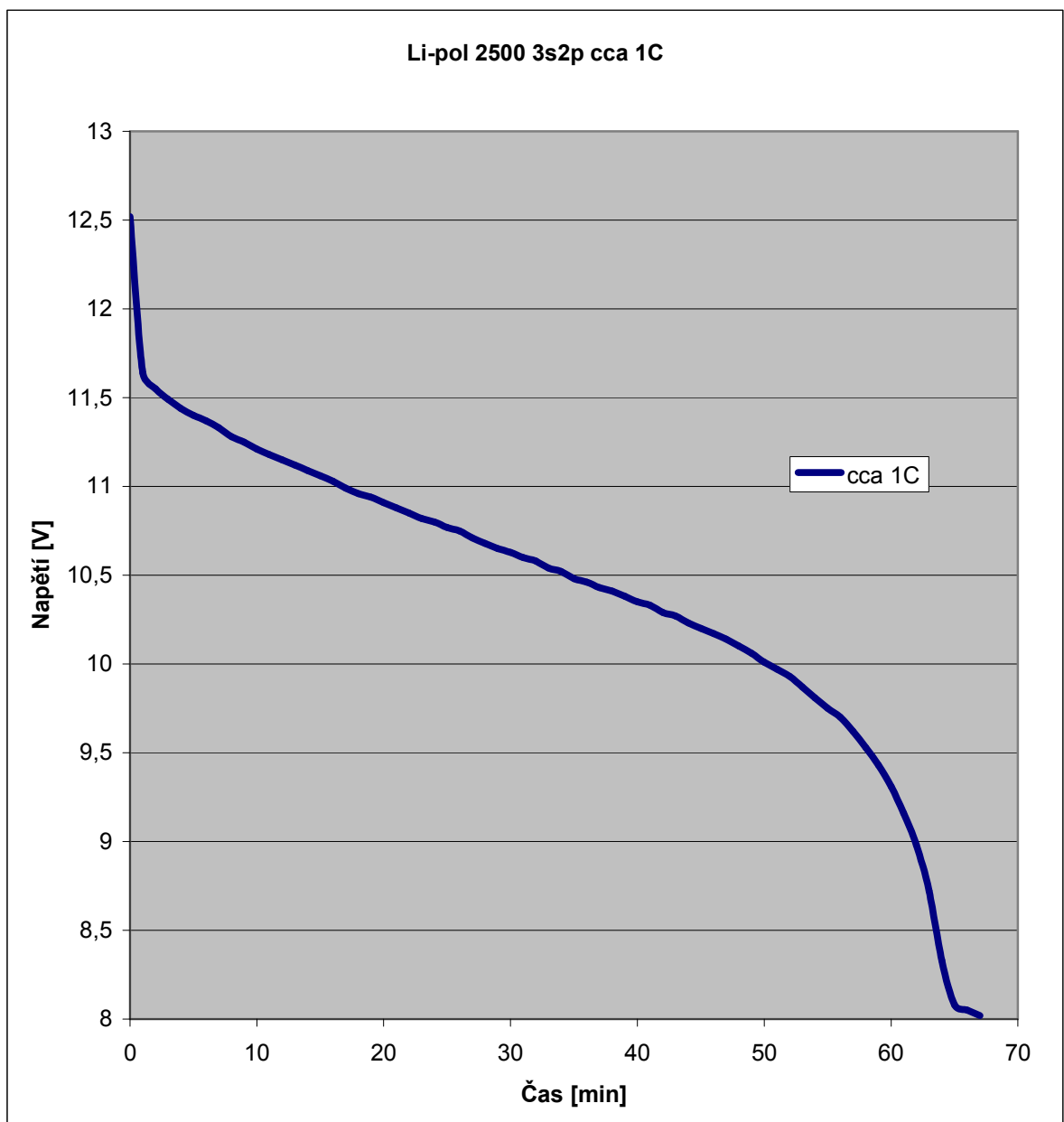
| čas [min] | 8 | 8.5 | 9 | 9.5 | 10 | 10.5 | 11 | 11.5 |
|------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| napětí [V] | 9.5 | 9.38 | 9.21 | 8.98 | 8.69 | 8.49 | 8.41 | 8.31 |

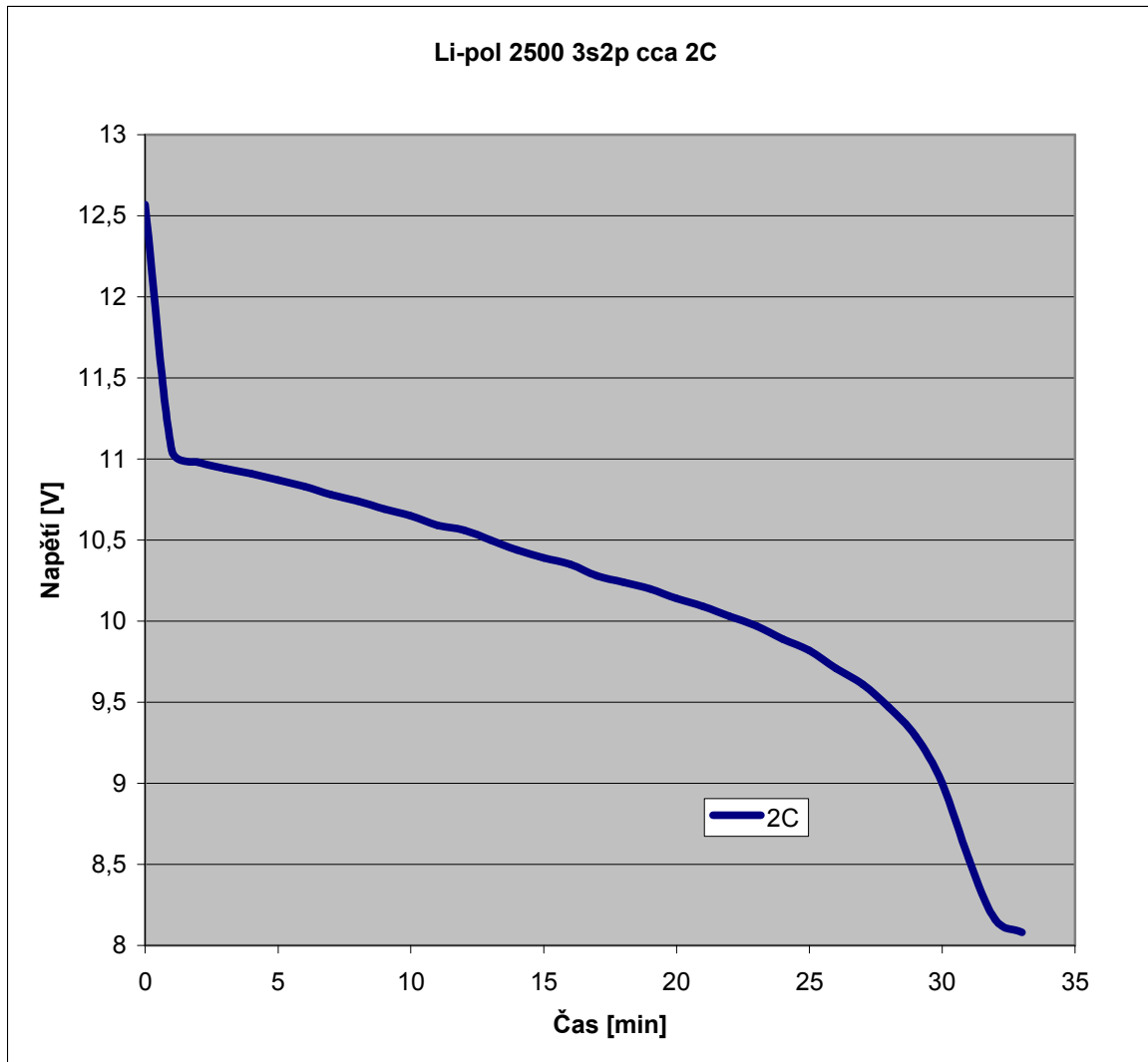
| čas [min] | 12 | 12.5 | 12.75 | 13 | 13.25 | 13.5 | 13.75 | 14 |
|------------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| napětí [V] | 8.21 | 8.14 | 8.08 | 8.05 | 8.03 | 8.02 | 8.02 | 8.01 |

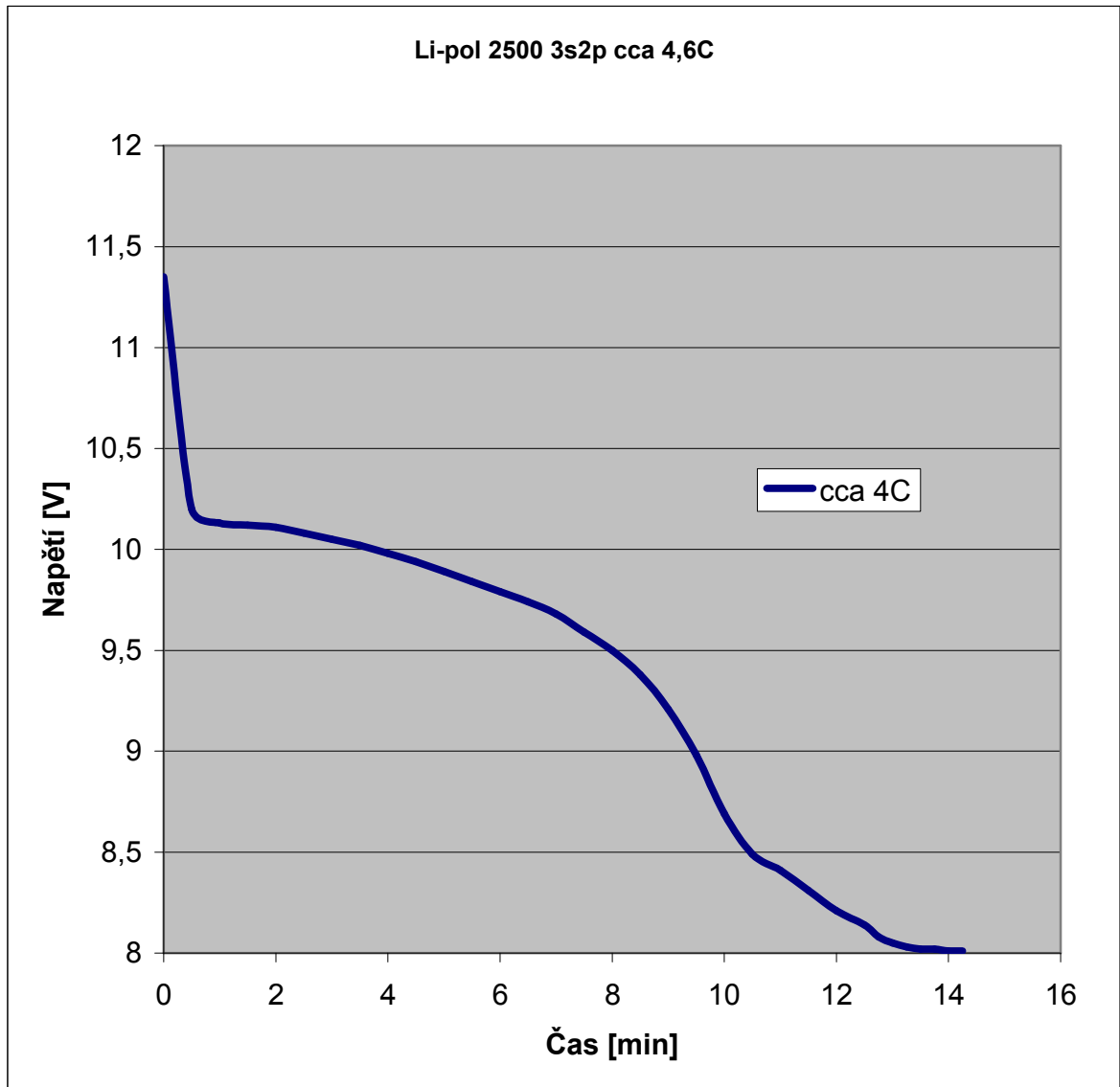
| čas [min] | 14.25 |
|------------|-------|
| napětí [V] | 8.01 |

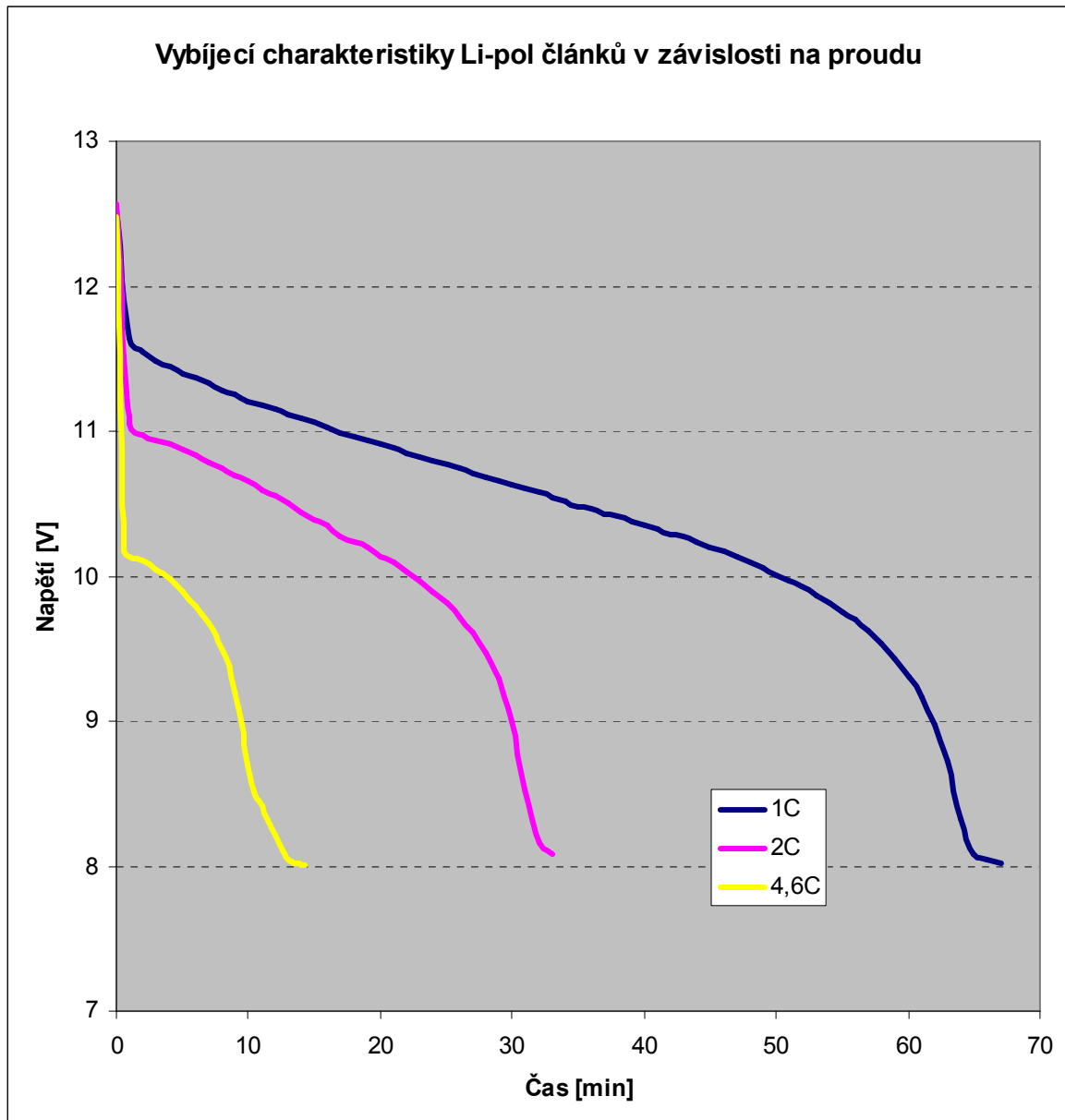
8.1.7 Grafy

Naměřené vybíjecí charakteristiky podle vybíjecího proudu zaznamenané do grafů jsou na stránkách 40 – 43.







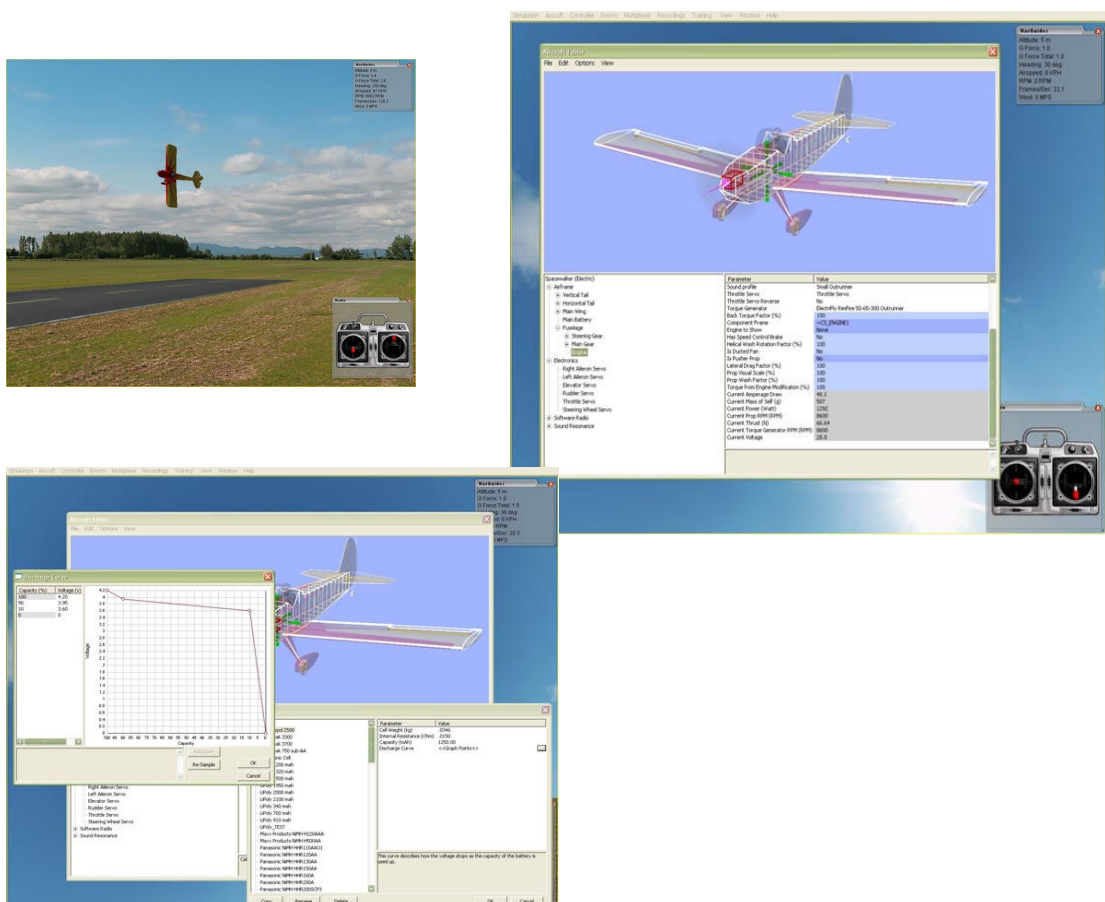


8.1.8 Závěr měření

V první řadě bychom měli říct, že měření bylo ovlivněno stářím článku. Měřením jsme dokázali, že nejvhodnější je používat vybíjení pouze do proudu 1C, protože se tím především zabrání ničení – výrazně se tím prodlužuje životnost článku.

8.2 Simulace

Nakonec jsme celé měření nasimulovali na počítači pomocí Great Planes Real Flight R/C Flight Simulatoru a porovnali jsme s našimi výsledky.



obr. 8.2.1 Screenshoty ze simulátoru

9. BUDOUCNOST LI ČLÁNKŮ

9.1 Využití v automobilech

V budoucnosti se počítá s využitím lithiových akumulátorů ve všech odvětvích elektrotechniky a průmyslu vůbec. Podle nás najdou lithiové akumulátory uplatnění v automobilovém průmyslu. Již dnes víme, že zásoba fosilních paliv se rapidně zmenšuje a během několika příštích desetiletí zcela vymizí. Proto se už dnes některé automobilky chystají na vývoj aut s elektrickým pohonem. V minulosti se tímto vývojem zabývalo mnoho jiných automobilek, ale z ekonomických důvodů přešly k hybridním pohonům.

V současné době je Mitsubishi jedinou automobilkou, která se ještě zabývá vývojem a výrobou elektromobilů. Mitsubishi na rozdíl od jiných výrobců nepoužívá pro elektromobily osvědčenou techniku z benzínových modelů. Jsou to hlavně převodovky a poloosy s náhony, které nahrazuje unikátním řešením elektromotorů zabudovaných přímo v kolech vozidla (obr. 9.1.1 – 9.1.4).



obr. 9.1.1 Mitsubishi Lancer



obr. 9.1.2 Mitsubishi Colt 1

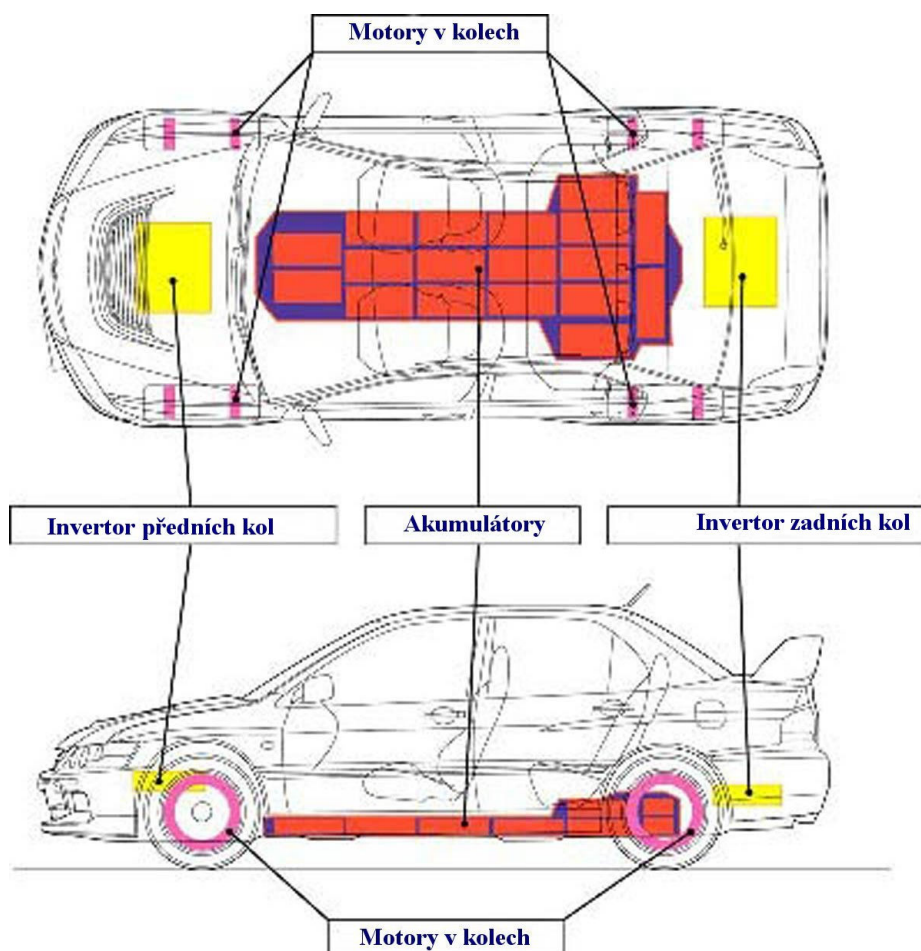


obr. 9.1.3 Lineární elektromotor



obr. 9.1.4 Lineární motor

Elektromotory jsou vyrobeny společně s firmou Toyo Denki Seizo. Každý z nich má maximální výkon 50 kW, nejvyšší točivý moment je 518 Nm a maximální otáčky 1500 min⁻¹. Rozměry motoru činí 445 mm. Velikost pneumatik je 255/30 ZR20. Nejvyšší rychlosti dosahuje až 180km/h a dojezd na jedno nabití je okolo 180 km. Celý systém je napájen ze sady li-ion baterií umístěných v zadní části podlahy (obr. 8.3.5).



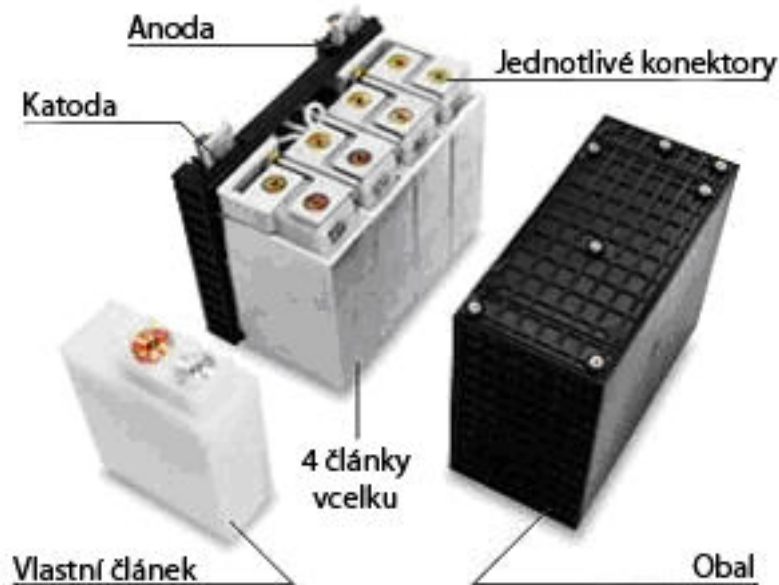
obr. 9.1.5 Osazení akumulátorů v automobilu



Mitsubishi je také pravidelným účastníkem Japonské elektromobilové rallye, která se koná každoročně na ostrově Šikoku již od roku 1998. Mitsubishi plánuje uvedení systému MIEV ve všech čtyřech kolech na trh kolem roku 2010. Již nyní lze zakoupit Mitsubishi COLT MIEV s motory v zadních kolech. Jeho cena je však zatím stále ještě velmi vysoká a to hlavně z důvodu použití nákladných Li-ion akumulátorů.



obr. 9.1.6 Lithium-iontové články vyvinuté pro Mitsubishi firmou Matsushita Electric (Panasonic).



obr. 9.1.7 Vnitřek článků

10. ZÁVĚR

Ačkoli měly lithiové články nesnadný nástup (hlavně díky nestabilitě), pomalu se dostávaly do každodenního života a nahrazovaly zastaralé baterie. Postupem času se vypracovaly na jeden z nejpoužívanějších zdrojů energie. V budoucnu je jistě nahradí jiné typy s daleko lepšími vlastnostmi (například již dnes známé palivové články), ale než se tak stane, lithiové zdroje energie budou podle nás v různých modifikacích hojně využívány. Po přečtení této práce by měl čtenář získat alespoň základní přehled o lithiových článcích.

Chtěli bychom také poděkovat za trpělivost naší vedoucí dlouhodobé maturitní práce Ing. Janě Talpové, která si vždy udělala čas pro konzultaci naší práce.



11. POUŽITÉ TERMÍNY

Kapacita akumulátoru:

Kapacita se nejčastěji udává v miliampérhodinách (mAh). Například údaj 1000mAh znamená, že akumulátor může dodávat proud 1000mA po dobu jedné hodiny nebo třeba 200mA po dobu pěti hodin ap. Potom je akumulátor vybit a při zatížení neudrží napětí. Tužkové články NiMH dnes dosahují kapacity kolem 2200mAh, bloky lithiových baterií v noteboocích to mohou dotáhnout i na více než 6000mAh.

Samovybíjení:

Jaká část kapacity ubude za jeden den, zjišťujeme takto: Plně nabitý niklový akumulátor na den uskladníme při 21°C a pak změříme jeho aktuální náboj. Poměr hodnoty naměřené bezprostředně po nabití a po 24hodinovém uskladnění představuje koeficient samovybíjení (udáváme jej v procentech).

Poměrný nabíjecí/vybíjecí proud:

Tento pojem zavádíme proto, aby bylo možné vyjádřit velikost nabíjecího či vybíjecího proudu (což jsou jisté charakteristické údaje pro jednotlivé typy akumulátorů) nezávisle na konkrétní kapacitě článku. Udává se (v mA či A) jako násobek čísla C, které zastupuje jmenovitou (číselnou) hodnotu kapacity (udané v mAh či Ah). Je-li například článek o kapacitě 1000mAh nabíjen (vybíjen) poměrným proudem 3C, znamená to, že v absolutním vyjádření jde o proud 3 x 1000mA, tedy 3A.

Poznámka:

Mnozí výrobci udávají u Li-ion akumulátorů velikost uskladněné energie pouze ve watthodinách (Wh). Tento údaj však můžete snadno přepočítat na obvyklejší (mili)ampérhodiny, vydělíte-li jej napětím článku ve voltech: je-li na akumulátoru uvedeno např. 10 Wh a 7,2 V, je jeho kapacita $10/7,2 =$ cca 1,4Ah neboli 1400mAh.



Impedance neboli vnitřní odpor:

Čím menší je vnitřní odpor, tím později "povolí" napětí při velkých proudech a akumulátor se méně zahřívá. U typu NiMH se vnitřní odpor zvětšuje tím více, čím častěji je nabíjen. V tomto směru jsou na tom nejlépe články NiCd, jejichž vnitřní odpor se téměř nemění. Čím nižší je vnitřní odpor článku, tím lépe jím protéká proud. Pokud se vnitřní odpor akumulátoru (u lithiových typů v důsledku stárnutí, u niklových kvůli nesprávnému nabíjení) zvýší, jím napájený přístroj se vypne třeba již po několika minutách provozu. Se svými cca 100 miliohmů ($m\Omega$) vykazují nejnižší vnitřní odpor články NiCd, následovány typy Li-ion ($150 m\Omega$) a Li-pol ($200 m\Omega$). Nejhorší jsou na tom články NiMH, jejichž vnitřní odpor přes $200 m\Omega$ může v důsledku špatné údržby vzrůst až na více než $350 m\Omega$.

Paměťový efekt a efekt "líné baterie":

Niklové akumulátory špatně snášejí, když se od nich málo vyžaduje - typy NiCd pak postihne tzv. paměťový efekt, u NiMH hrozí efekt "líné baterie". Oba tyto nepříznivé jevy vznikají v důsledku častého nabíjení příliš nízkým proudem (např. $0,1C$) nebo pokud zapomenete plný akumulátor čas od času zcela vybit. Pak se na elektrodách tvoří drobné krystalky, což může zkrátit dobu provozu až o 90%, neboť tím naroste vnitřní odpor a při zatížení pak spadne napětí. Oba efekty jsou podobné - až na jeden rozdíl. Efekt líné baterie nenastává tak náhle jako efekt paměťový. Z hmotnosti a naměřené kapacity určíme specifickou kapacitu. Jednotkou je Wh/kg (watthodina na kilogram). Čím vyšší je tato hodnota, tím lépe. Vzdor malé váze dodává akumulátor více energie.



12. ZDROJE INFORMACÍ A POUŽITÝ SOFTWARE

12.1 Internet

- [1] <http://www.video.az4u.info/redakce/index.php?xuser=&lanG=cs&slozka=3065&xsekce=3327&clanek=3353>
- [2] <http://www.belza.cz/charge/liion1.htm>
- [3] <http://www.bateria.cz/stranky3/zabava--pouceni/z-historie-baterii-v-cechach.htm>
- [4] <http://www.mgm-compro.cz/index.php?tid=techinfo-bezp-info-pro-lipol>
- [5] <http://www.cetra.cz/vysilacky-radiostanice/MOTOROLA/Baterie-NiCd,-NiMH-.../Co-s-Li-Ion-clanky/22>
- [6] <http://computer.zive.cz/h/computerComputer/AR.asp?ARI=123368>
- [7] <http://www.zajic.cz/nablion/lionfaq.htm>
- [8] <http://electroauto.sweb.cz/mitsubishi.html>
- [9] <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/elektro/clanky2/olovnab3.htm>
- [10] http://www.electronics-lab.com/articles/Li_Ion_reconstruct/index.html
- [11] <http://jirik.ic.cz/li-ion.php>
- [12] <http://www.belza.cz/charge/liion2.htm>
- [13] <http://www.zajic.cz/nablion/nablion.htm>
- [14] http://www.micer.wz.cz/clanky/c021/li_ion.html
- [15] <http://www.akademik.cz/rc/lipol.htm>
- [16] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Lithium>
- [17] http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium_ion_battery
- [18] <http://en.wikipedia.org/wiki/Li-Pol>
- [19] <http://www.najdiservis.cz/cojeto.htm?clid=3317&strana=1>
- [20] <http://www.radioplus.cz/clanky/vlastbat.php>



[21] <http://www.vitaro.cz/?pg=techBudoucnost&m=noveTech&PHPSESSID=5c>

[22] <http://www.batteryuniversity.com/index.htm>

[23] <http://www.zive.cz/h/Computer/AR.asp?ARI=123368>

12.2 Literatura

[24] Ing. Černý Michal. Nové Lion akumulátory. RC revue, 2002, roč. III, č. 7, str. 17

[25] Zajíc Miloš. Jednoduchý nabíječ pro Lion, Lipol a Pb akumulátorů. RC revue, 2002, roč. III, č. 9, str. 12

[26] Ing. Potenský Jiří. Lithium polymerové baterie. RC revue, 2003, roč. IV, č. 3, str. 14

[27] Ing. Černý Michal. Akrobaty F3A s elektropohonem. RC revue, 2003, roč. IV, č. 12, str. 26

[28] Ing. Dvorský Grigorij. NiCd, NiMH nebo lithium polymer? RC revue, 2004, roč. V, č. 7, str. 15

[29] JK. Akumulátory E-TEC 1200 mAh HP. RC revue, 2004, roč. V, č. 10, str. 18

[30] Kroufek Jaroslav. Akumulátory Lipol E-TEC 1700 HP. RC revue, 2005, roč. VI, č. 4, str. 29

[31] Černý Michal. BLCR 4/4F. RC revue, 2005, roč. VI, č. 6, str. 16

[32] Kroufek Jaroslav. Vyrovnávač napětí pro Lipol baterie. RC revue, 2005, roč. VI, č. 8, str. 12

[33] Kroufek Jaroslav. Lipol akumulátory Fuiiy max 1650 mAh. RC revue, 2005, roč. 6, č. 10, str. 24

12.3 Použitý software

[34] Microsoft Word

[35] Microsoft Excel

[36] Microsoft PowerPoint

[37] Adobe Photoshop CS

[38] Great Planes Real Flight R/C Flight Simulator G3.5