

Akumulátory

Stěží najdeme výrobek určený pro modeláře, o kterém bylo v posledních letech napsáno tolik. Tolik protichůdných, správných, nesprávných nebo vysloveně nesmyslných informací máme opravdu jen o akumulátorech. Není v našich silách uvést vše na pravou míru, ale věříme, že v následujících řádkách najdete užitečné informace pro volbu toho „správného“ akumulátoru. Jak si možná z hodin fyziky vzpomínáte, akumulátory fungují na základě vratné (obousměrné) chemické reakce mezi elektrolytem a povrchem dvou elektrod - kladné a záporné. Při vybíjení běží reakce v jednom směru, při nabíjení v druhém. Jak už je to v přírodě zařízeno, celý proces neběží se 100% účinností, přičemž elektrická energie se neztrácí, ale proměňuje v teplo. V modelářské praxi se nejčastěji používají tři typy akumulátorů: **niklkadmiové (NiCd)**, **niklmetalhydridové (NiMH)**, **olověné (Pb)** a nejmodernější **Lithium polymerové (Li-poly)**. První dva druhy ovládají oblast elektrického pohonu a napájení vysílačů a přijímačů, olověné akumulátory naopak dominují jako zdroje pro žhavení svíček spalovacích motorů, pro startéry a palivová čerpadla a pro pohon větších modelů lodí. Niklkadmiové (NiCd) akumulátory jsou stále nejrozšířenější - jejich výhodou je nižší cena, schopnost dávat vyšší vybíjecí proud, vyšší spolehlivost a delší životnost. Niklmetalhydridové (NiMH) akumulátory mají při stejné velikosti vyšší kapacitu, ale poskytnou menší vybíjecí proud při vyšším poklesu napětí při zatížení a jejich životnost a schopnost snášet hrubé zacházení je nižší.

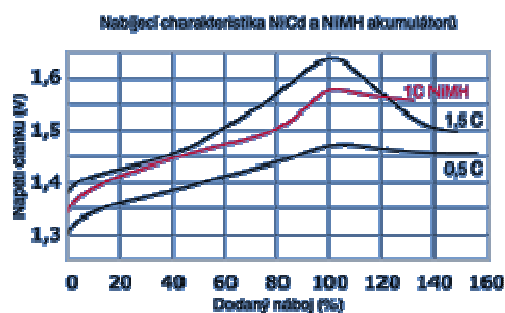
Některé parametry a „akumulátorové“ pojmy:

Kapacita - udává velikost elektrického náboje (množství energie) uloženého v akumulátoru. Udává se v ampérhodinách (Ah) nebo v praxi častěji v miliampérhodinách (mAh). Akumulátor o kapacitě 1 Ah (=1000 mAh) je teoreticky schopen dávat proud 1 ampér po dobu jedné hodiny.

Vnitřní odpor - udává schopnost akumulátoru dávat větší nebo menší vybíjecí proud. Pro názornost si představte dvě láhve (akumulátory) na-plněné stejným množstvím vody (se stejnou kapacitou). Jedna má hrdlo o průměru 1 cm (velký vnitřní odpor) a druhá hrdlo o průměru 5 cm (malý vnitřní odpor). Pokud se je rozhodneme vyprázdnit, bude to samozřejmě láhvi s malým hrdlem trvat déle (dává menší vybíjecí proud).

Jmenovité napětí akumulátoru - pro NiCd a NiMH akumulátory je to 1,2 V, pro olověné 2 V na článek. V provozu se toto napětí mění v rozmezí 0,8 - 1,5 V u NiCd a NiMH a asi 1,7 - 2,3 V u olověných.

Nabíjecí proud, vybíjecí proud - udává se v ampérech (A) nebo miliampérech (mA). Důležitý údaj je proud, jehož velikost odpovídá číselné hodnotě kapacity akumulátoru - označuje se jako 1C (např. pro akumulátor 1700 mAh je 1C=1,7 A)



Nabíjecí křivka - udává průběh napětí na akumulátoru při nabíjení konstantním proudem v závislosti na čase. Na první pohled můžeme odvodit metodu nejčastěji používanou pro automatické ukončení nabíjení NiCd a NiMH akumulátorů - tzv. delta-peak - sleduje se malý

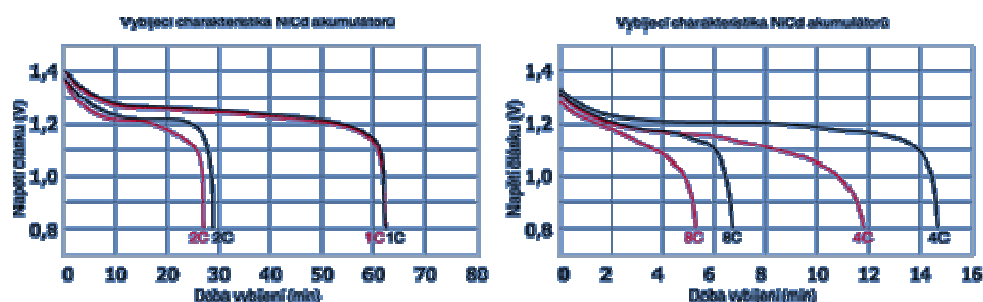
pokles (řádově desítky mV) napětí plně nabitého akumulátoru. Vidíme, že změna napětí je mnohem menší při nízkém nabíjecím proudu - automatika nabíječky nemusí pracovat správně. Křivky dle obrázku platí pro akumulátory s nízkým vnitřním odporem; akumulátory s větším vnitřním odporem opět dávají delta-peak menší. Stejně tak je sledovaný pokles napětí NiMH akumulátorů mnohem menší, než u NiCd. Důsledkem je, že starší nabíječky s delta-peak obvodem nemusejí být schopny spolehlivě ukončovat nabíjení NiCd akumulátorů s velkým vnitřním odporem (to se vztahuje i na pohonné akumulátory s kapacitou pod 500 mAh) a NiMH článků. U olovených akumulátorů se hlídá nárůst napětí na určitou úroveň (2,3 V).

Pomalé nabíjení („nabíjení přes noc“) - nabíjení proudem 0,1C (např. 50 mA pro akumulátor 500 mAh). Používá se pro úvodní zformování akumulátorů a pro akumulátory do vysílačů a pro přijímače. Výhodou je, že není třeba přesně hlídat konec nabíjení. Pokud nabíjíme déle, proud se sice mění na teplo, ale je tak malý, že akumulátor není ohrožen.

Zrychlené nabíjení - nabíjení proudem 0,3-0,6C - stále ještě poměrně šetrná metoda, vyžaduje už spolehlivý způsob ukončení nabíjení (aspoň časovým spínačem). Vhodné pro Tx a Rx akumulátory.

Rychlonabíjení - nabíjení proudem 1-2C nebo více, nezbytně vyžaduje automatické ukončení nabíjení (delta-peak, měření teploty, dodaného náboje atd.). Časový spínač je nevhodný.

Vybíjecí křivka - pro akumulátory je typická malá změna napětí v průběhu cca 90% doby vybíjení. Proto je velmi obtížné zjišťovat okamžitý stav akumulátoru dle měřeného napětí.



Na obrázcích rovněž vidíme rozdíl mezi akumulátorem s malým vnitřním odporem (tzv. tvrdým, černá křivka) a akumulátorem s velkým vnitřním odporem (tzv. měkkým, červená křivka). Zatímco při malém vybíjecím proudu je rozdíl malý, s nárůstem proudu vidíme větší pokles napětí na měkčím akumulátoru a pokles dodaného náboje. S růstem vybíjecího proudu klesá velikost odevzdaného náboje, což je způsobeno poklesem účinnosti akumulátoru - více energie se promění na teplo. U tvrdých pohonných akumulátorů NiCd je pokles kapacity v rozmezí 1C až 8C asi 20-25%, u měkčích NiCd a NiMH je to více. Vybíjecí křivky NiMH akumulátorů jsou podobné; dosavadní typy mají poněkud blíže k NiCd akumulátorům s větším vnitřním odporem.

Samovolné vybíjení, samovybíjení - akumulátor není schopen trvale udržovat jednu nabitý náboj, protože - jak už jsme si řekli - je reakce na elektrodách vratná. Nabitý akumulátor se samovolně vybíjí - u NiCd akumulátoru ztrácíme asi 1% elektrického náboje denně (akumulátory s větším vnitřním odporem se vybíjejí méně, s nízkým vnitřním odporem více), u NiMH akumulátorů může jít až o 3 - 4% za den.

Akumulátorové sady („packy“) - jen vyjíměčně se akumulátory používají jednotlivě (kompaktní žhavicí koncovky pro spalovací motory), větší-nou jsou spájeny v sadě. Čtyř- a pětičlánkové sady se používají pro napájení přijímačů a serv, šestičlánky v modelech aut a lodí, sedmi- a vícečlánkové sady v modelech letadel. Akumulátory se vždy zapojují do série (za sebou), nikdy paralelně (vedle sebe). Kapacita takové sady se rovná kapacitě jednotlivého článku, jmenovitě napětí je součtem jmenovitých napětí jednotlivých článků.

Formování akumulátorů - je obdobou záběhu spalovacích motorů. Nový nebo dlouho nepoužívaný akumulátor je třeba podrobit nejméně třem (lépe pěti) cyklům pomalého nabití proudem 0,1C a pomalého vybití proudem max. 1C. Tento pomalý postup „rozhybe vnitřnosti“ článků a zároveň umožní článkům v sadě vyrovnat svoje parametry. Další cykly už mohou probíhat s rychlonabíjením a vybíjením v normálním provozu.

Provoz akumulátorů - všeobecným problémem akumulátorových sad je to, že jednotlivé články nejsou nikdy úplně stejné. V provozu potom dochází k tomu, že jeden článek se vybije nejdříve, načež se ho zbytek sady snaží dobíjet. Tento článek se více ohřívá a v průběhu opakovaných vy-bíjecích cyklů se jeho parametry stále více zhoršují a odchyľují od zbytku sady. Navenek se to projeví poklesem náboje, který je sada schopna dodat, nárůstem vnitřního odporu, který způsobuje větší ohřev sady při vybíjení a poklesem maximálního vybíjecího proudu, který je akumulátor schopen dávat. Postupem času tento proces může vést až ke zničení článku. Je třeba říci, že „současná medicína“ není schopna tomuto jevu zabránit, lze jej jen omezit. Musíme se prostě smířit s tím, že akumulátorová sada, kterou my modeláři nutíme pracovat na hranici možností, nevydrží věčně. Můžeme ale hodně udělat pro to, aby vydržela déle.

Vyplatí se kupovat kvalitní značkové akumulátory: u NiCd je zvláště pro pohonné účely volba jednoznačná - SANYO. Podobně je tomu u NiMH článků, ale vzhledem k tomu, že tento výrobce nenabízí články v některých populárních velikostech, můžete se spolehnout na značku KAN. Věnujeme pozornost důkladnému formování nové sady, snažíme se akumulátory pravidelně cyklovat. Pokud delší dobu sadu nepoužíváme, skladujeme NiCd akumulátory zásadně plně vybité a NiMH plně nabité. Po delší přestávce (měsíc a více), provedeme formování, jako by šlo o novou sadu. Dobrý nabíječ je samozřejmostí. Pro rychlonabíjení by měl mít spolehlivou delta-peak automatiku, v ideálním případě jištěnou ještě další meto-dou. Měl by být vybaven funkcí vybíjení nebo si pořídíme vybíječ zvláštní (JETI, BEL). Pokud chceme provozovat elektrický pohon na úrovni jen tro-chu nad občasným poletováním o nedělích, měli bychom uvažovat o zakoupení nabíječe s displejem, který bude umět měřit vybitý a nabitý náboj. Budeme tak mít mnohem důkladnější informace o stavu akumulátorů. Pro omezení vlivu „rozbíhání parametrů“ jednotlivých článků bychom měli v pravidelných intervalech provést 1-2 cykly pomalé nabití/pomalé vybití jako při formování. Umožníme tak článkům svoje parametry v klidu „srovnat“. U vysílačových, přijímačových a pohonných NiCd sad by mělo stačit provést tento úkon 2-3x ročně, u pohonných NiMH akumulátorů doporučujeme provádění častější. Zvláštní péči si vyžadují pohonné NiMH články kapacit do 1000 mAh, které jsou silně přetěžovány - tam by měl pomalý cyklus nabití/vybití následovat po 12-15 „ostrých“ cyklech.

Sady z vybíraných článků - výše popsaný problém je možno omezit také tím, že sadu sestavíme z akumulátorů předem otestovaných. Vyberou se články s co nejbližšími parametry - díky tomu, že se vybírané akumulátory navzájem méně „přetahují“, je vyšší maximální vybíjecí proud, napětí akumulátoru při vybíjení i kapacita. Samozřejmě je mnohem vyšší i cena takové sady. V praxi pro rekreační létání se sadami do 10 článků se vybírané sady asi nevyplatí. Pokud máte vyšší nároky, zvláště pokud hodláte používat napájení - řekněme s 20 články a více, stojí to za úvahu.

Paměťový efekt - je strašidlo obcházející modeláře podobně, jako strašidlo komunismu obcházelo Evropou. Jen v krátkosti - paměťový efekt skutečně existuje, ale jde o záležitost zcela okrajovou, nikoliv o „požíračku kapacity“. Postihuje NiCd i NiMH akumulátory, ale bát se jej nemusíme. Prostě neexistují žádné „paměťové baterky“, jak se stále ještě můžete doslechnout. Pokud značkový akumulátor ztrácí kapacitu, je to důsledkem výše popsaného „rozbíhání parametrů“, nesprávného nabíjení (přebíjení), přetěžování v provozu (opravdu, naše modelářské nároky jsou nesmírně vysoké), mechanického poškození (po tvrdém přistání) atd. Prostě platí stará moudrost o kupování levných věcí a rozhodně se vyplácí pravidelná péče o akumulátory.

Lithium polymerové akumulátory

Lithium polymerové (Li-poly) akumulátory představují nejmodernější zdroj energie pro pohon modelů. Vynikají především nízkou hmotností a vysokou energetickou hustotou - tj. velikostí uloženého elektrického náboje vztaženého na jednotku hmotnosti. Vzhledem k tomu, že za krátkou dobu jejich používání se okolo těchto článků již vyrojila řada pověr a nepřesných informací, povíme si o nich něco podrobněji.

Vzhledem ke zcela odlišnému typu elektrochemické reakce probíhající uvnitř článků vyžadují zcela jiné zacházení než běžné niklkadmiové (NiCd) nebo niklmetalhydridové (NiMH) akumulátory.

Základní vlastnosti Li-poly článků:

Li-poly články mají zpravidla tvar plochého hranolu s dvojicí tenkých páskových elektrod vyčnívajících na kratší straně. Celek je zavařen v tuhé plastové fólii. Vzhledem k tomu, že vlastní elektrody jsou z materiálů obtížně pájitelných, jsou k nim naplocho bodově přivařeny pásky z materiálu, který lze pájet běžnou páječkou a cínovou pájkou. Pozor: pájitelný povrch elektrod je z té strany článku, kde je natištěno označení polarity a číselný kód. Elektrody nesmějí být opakovaně mechanicky namáhány (ohýbány atd.). Jmenovité napětí Li-poly článku je 3,7 V (na rozdíl od 1,2 V u NiCd a NiMH akumulátorů). **V provozu nesmí v žádném případě napětí článku překročit 4,2 V při nabíjení a poklesnout pod 3 V.** Překročení těchto hodnot znamená s vysokou pravděpodobností nevratné poškození akumulátoru. V běžném provozu by napětí naprázdno (předtím, než akumulátor začnete nabíjet) nemělo poklesnout pod 3,5-3,6 V. Pokud zjistíte před začátkem nabíjení napětí nižší, akumulátory zcela jistě vybíjíte nadměrně.

Z tohoto důvodu je třeba používat pro nabíjení speciální nabíječe pro Li-poly akumulátory, stejně jako používat speciální regulátory, jejichž ochranné obvody (PCO) zabrání vybití článků pod bezpečnou mez. Z hlediska dlouhodobé životnosti je vhodné nespoléhat na "vypnutí" ochranným obvodem regulátoru - ten je spíše "poslední záchrana" bránící hlubokému vybití Li-poly akumulátorů. Doporučujeme důsledně se řídit zásadou: "Přistávám nebo zajíždím do depa, jakmile zaznamenám pokles výkonu motoru (v důsledku poklesu napětí akumulátorů)". Tím je celkem spolehlivě zajištěno, že akumulátory nebudete vybíjet příliš pod 3,5 V (při zatížení), kdy začíná docházet k výraznějšímu "rozcházení" parametrů jednotlivých článků v sadě - nebo dokonce pod 3,3 V, což je hodnota již vyloženě "zdraví škodlivá". Nemusíte být smutní, že náboj uložený v akumulátoru nevyužijete "do poslední kapky" - tímto postupem přijdete pouze o cca 20% kapacity, a to ještě za situace, kdy by motor už byl stejně "líný".

Nedodržení správného postupu při nabíjení, stejně třeba jako zkrat článku, vede k přehřátí článku a jeho poškození vyvíjenými plyny. Pokud teplota uvnitř článku překročí cca 150 stupňů Celsia, dojde k nastartování exotermní chemické reakce (reakce doprovázená vývojem tepla), která může samovolně pokračovat i při odpojení nabíječe. V důsledku toho může dojít k explozi článku a k vzniku požáru, neboť vystříknutá náplň článku se na vzduchu sama vznítí. Ačkoliv jsou Li-poly akumulátory při správném zacházení zcela bezpečné, toto nebezpečí nepodceňujte.

Oproti NiCd a NiMH článkům je zásadní výhodou, že Li-poly články je možno spojovat do sad nejen sériově (a dosáhnout tak vyššího napětí při stejné jmenovité kapacitě), ale i paralelně (vedle sebe, kapacita článků se počítá, stejně jako maximální velikost dodávaného proudu). Podmínkou je důkladný výběr článků, jejich napětí se nesmí lišit o více než 0,01 V, musejí být ze stejné výrobní série a mít za sebou stejnou historii používání. Rovněž během provozu je třeba pravidelně (po 5-7 cyklech) kontrolovat napětí článků. Pokud zaznamenáte vyšší rozdíl, je třeba parametry článků vyrovnat cyklováním jednotlivých článků. Sériově řazené články se označují písmenem „s“ (3s jsou tři články v sérii, sada 3s z 1200 mAh článků má potom jmenovité napětí $3 \times 3,6 = 10,8$ V, kapacita zůstává 1200 mAh), paralelně řazené písmenem „p“ (3s2p jsou dva tříčlánky propojené paralelně; sada 3s2p z 1200 mAh článků má jmenovité

napětí $3 \times 3,6 = 10,8$ V, kapacitu $2 \times 1200 = 2400$ mAh a je schopna poskytovat dvojnásobný proud). Oproti NiCd a NiMH článkům nevyžadují Li-poly akumulátory úvodní formování, ale je možné, že během několika úvodních cyklů se bude využitelná kapacita poněkud zvyšovat. Li-poly akumulátory také není třeba před nabíjením vybíjet - je tak např. možno zcela bezpečně nabíjet akumulátory vybité na 50%.

Zhotovování akumulátorových sad

Vzhledem k páskovým elektrodám z tenkého plechu, které není možno mechanicky namáhat a nárokům kladeným na výběr článků, doporučujeme nákup již továrně zhotovených sad. Pro hloubavější modeláře jsou tu postupy převzaté z časopisu Quiet&Electric Flight International (lednové a listopadové vydání, 2003).

Jednotlivý článek: Horní část článku ovineme 1-2 vrstvami samolepící pásky - tak vytvoříme základní izolační vrstvu. Na přední stranu elektrod připájíme kabely se silikonovou izolací odpovídajícího průřezu; pájíme krátce, abychom zamezili přehřátí. Elektrody nyní opatrně ohneme na zadní stranu článku a celek ovineme 2-3 vrstvami samolepící pásky (páska by měla fixovat kabely v délce 1-2 cm. Takto jednoduše vývody zároveň zaizolujeme i ochráníme proti mechanickému namáhání.

Více článků: doporučujeme zhotovit malý plošný spoj z kuprexitu s rozměry odpovídajícími čelům článků (stačí proškrabáním měděné fólie) s úzkými štěrbinami pro elektrody vyříznutými lupenkovou pilkou. Na plošném spoji snadno vytvoříme požadované sériové nebo paralelní zapojení. Články navzájem slepíme oboustrannou lepící páskou a celek ochráníme smršťovací fólií. Výstupní kabely se pájejí na plošný spoj. Na obrázku vlevo je znázorněn plošný spoj pro dva články v sérii.

Nabíjení

Pro nabíjení vždy používejte speciální nabíječ určený pro Li-poly nebo lithium-iontové (Li-ion) akumulátory. Musí být vybaven automatikou zajišťující, že nebude překročeno maximální povolené napětí 4,2 V na článek a maximální nabíjecí proud (výrobci obvykle udávaných $0,7C^*$, v žádném případě ne více než $1C$). Používá se několik metod nabíjení, nejčastěji taková, při níž se nabíjí konstantním proudem do momentu, kdy napětí na článek dosáhne 4,2 V (tak je článku dodáno cca 90% náboje), poté se postupně snižujícím proudem (aby se nepřekročilo mezní napětí) nabíjí do úplného nabití. **V žádném případě nepoužíváme režim nabíjení s automatickým nastavením nabíjecích parametrů ani jakékoliv programy, které nejsou určeny pro nabíjení Li-poly (nebo Li-ion) akumulátorů.** Vhodné typy nabíječů se síťovým i 12V napájením najdete v našem katalogu.

Vybíjení

Při provozování pohonných systémů s Li-poly akumulátory je třeba brát ohled na to, že tyto články byly vyvinuty pro aplikace, v nichž je požadována vysoká kapacita a nízký proudový odběr (mobilní telefony apod.). Výrobci proto zaručují vysokou životnost při proudech, které dostačují jen pro pohon lehkých modelů slow- a park-fly. Např. pro klasické články E-Tec se zaručuje při vybíjení proudem $4C$ pokles kapacity o 10% až po 300 nabíjecích a vybíjecích cyklech. V modelářské praxi se ale proudy běžně pohybují v rozmezí 6- $10C$ i více, což samozřejmě vede k omezení životnosti, kterou není možno srovnávat se současnými NiCd akumulátory. Pohonný systém je proto lépe volit s motorem s vyšším počtem závitů a větším počtem článků v sérii, což dovoluje pracovat při stejném výkonu s nižšími vybíjecími proudy. Tento problém do značné míry odstraňují články nové řady HP, které mají zaručený vybíjecí proud vyšší než $10C$. Naprosto nezbytné je používání elektronických regulátorů otáček přizpůsobených pro napájení z Li-poly resp. Li-ion akumulátorů. Vhodné typy pro stejnosměrné i střídavé motory najdete v našem katalogu.

A na závěr ještě znovu dvanáctero základních zásad bezpečného používání Li-poly akumulátorů

- 1) Pozor na zkrat u jednotlivých článků i sad - požívejte konektory s bezpečně izolovanými kontakty, nenechávejte jednotlivé články jen tak pavalovat - např. v zásuvce, kde je může zkratovat volně „poletující“ šroubovák.
- 2) Li-poly akumulátory nepatří do rukou dětem, ani osobám, které si nepřečetly nebo nejsou ochotny dodržovat tento návod.
- 3) Chraňte články před mechanickým poškozením - vytržení elektrod, propíchnutí. Mohlo by přitom dojít k vnitřnímu zkratu s výše popsanými následky (exploze, požár).
- 4) Nepropichujte ani „nafouknuté“ články - nafouknutí je známkou vnitřního poškození a článek by se mohl po propíchnutí proměnit v plamenomet.
- 5) Při nabíjení se nejprve dvakrát přesvědčete, že jste správně nastavili parametry nabíjení (počet článků, nabíjecí proud). Nepoužívejte programy s automatickým nastavením parametrů.
- 6) Nabíjený akumulátor umístěte na nehořlavou podložku. V blízkosti se nesmějí nacházet hořlavé předměty nebo kapaliny.
- 8) Při nabíjení neponechávejte akumulátory bez dozoru.
- 9) Akumulátory nenabíjejte uvnitř automobilu (je to hořlavý předmět!)
- 10) Pravidelně kontrolujte napětí na jednotlivých člancích sady zvláště v paralelním zapojení, nemělo by se lišit o více než 0,01 V.
- 11) Po havárii vyjměte články z modelu, odložte je na bezpečné místo a po několik hodin z bezpečného odstupu sledujte.
- 12) Před definitivním vyhozením článek zcela vybijte ponořením na 12 hodin do nádoby se slanou vodou.