

Akumulátory

Akumulátory (sekundární články):

- slouží k opakované akumulaci energie v podobě vratných chemických změn,
- podle druhu elektrolytu se dělí na:
 - 1) zdroje s kyselým elektrolytem – nejčastěji používaným akumulátorem ve vozidlech je olovený akumulátor (1859 C. R. Plantée),
 - 2) zdroje se zásaditým elektrolytem – u vozidel se používají výjimečně – jedná se NiCd a NiFe s napětím 1,2 V na článek a lithium-iontové s napětím 3,6 V na článek,

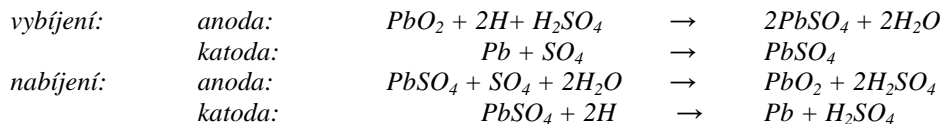
Konstrukce oloveného startovacího akumulátoru:

- anodou je deska z hnědého oxidu olovičitého PbO_2 – naneseného na nosné mřížce;
- katodou je deska z šedého houbovitého olova Pb ;
- kladné a záporné desky článku jsou odděleny mřížkami - vložkami – separátory;
- separátory umožňují proudění elektrolytu mezi elektrodami a významnou měrou rozhodují o vlastnostech akumulátoru;
- separátory se vyrábí z skelné tkaniny, platů (PE), moderní akumulátory používají mikroporézní separátory ze speciálních papírů;
- jeden článek je tvořen několika paralelně spojenými deskami kladného a záporného pólu spojenými můstky – desková sada (desky se pravidelně střídají);
- počet desek článku (jejich plocha) rozhoduje o kapacitě akumulátoru;
- každý článek má otvor opatřený zátkou umožňující doplňování elektrolytu a unikání plynů;
- baterie tvořena sériovým spojením několika článků – počet článků rozhoduje o napětí akumulátoru, běžně se užívají baterie s 3, 6 a 12 články \Rightarrow jmenovité napětí 6, 12 a 24 V;
- kladný pólový vývod je větší než záporný;

Vlastnosti olovených akumulátorů:

- elektrolytem je 20% kyselina sírová – H_2SO_4 ,
- při vybíjení hustota klesá z 1,26 až 1,285 $g \cdot cm^{-3}$ u nabitého akumulátoru na 1,16 $g \cdot cm^{-3}$ u vybitého akumulátoru, největší vodivost má elektrolyt při hustotě 1,2 až 1,22 $g \cdot cm^{-3}$ (50 až 70% kapacity),
- jmenovité napětí jednoho článku je asi 2 V, přibližně platí $U_0 = 0,84 + p$
- horní nabíjecí napětí článku 2,4 až 2,45 V (při překročení se článek začíná plynovat „vařit“ – dochází k rozkladu vody na vodík a kyslík – vzniku výbušné směsi !),
- ke konci nabíjení vzrůstá napětí na 2,6 až 2,7 V,
- nabíjení je ukončeno plným pokrytím elektrod aktivní hmotou, další nabíjení má za následek rozklad vody na $2H_2$ a O_2
- po ukončení nabíjení klesá napětí na 2,4 V, po několika hodinách se ustálí na 2,1 V – tato hodnota se již významně nemění,
- dobíjecí napětí vozidla je doporučeno 14 až 14,2 V
- odpor nabitého 12 V akumulátoru se pohybuje od 20 do 30 m Ω ;
- dolní vybíjecí napětí článku 1,7 až 1,9 V, nedoporučuje se však provozovat akumulátor pod napětím 1,85 V kdy hrozí **sulfitace**
 - sulfitace je přeměna amorfního $PbSO_4$ na krystalický – krystaly mají menší činný povrch a tím zpomalují chemické reakce – desky tvrdnou a bortí se – zborcení desek je příčinou tzv. proražení článku, kdy dojde k vodivému spojení kladné a záporné elektrody,
 - při sulfitaci dochází současně ke snižování kapacity akumulátoru;
 - sulfitace je příčinou nedostatečného nabití a vybíjení pod napětí článku 1,7 V;
- moderní akumulátory s menší kapacitou asi do 10Ah (dnes již i pro vozidla) se vyrábí jako uzavřené a bezúdržbové (gelové), kdy se vodík s kyslíkem zpět slučují na vodu v tzv. rekombinátoru;
- formátování desek je proces při prvním nabíjení akumulátoru při kterém se vytvoří na elektrodách aktivní hmota;

- chemické reakce:



Parametry akumulátorů:

- jmenovité napětí;
- kapacita $C = I \cdot t$ (I - vybíjecí proud, t - doba vybíjení);
- rezervní kapacita – doba vybíjení při proudu 25A – pro dojezd vozidla při poruše nabíjení;
- vybíjecí proud – obvykle proud při teplotě $-18^\circ C$ po dobu 10 s při napětí větším 7,5 V;
- póly jsou kónické 1 : 9, anoda má o 2 mm větší průměr než katoda.

Výhody olověného akumulátoru:

- nízká cena,
- stálost napětí – za provozu kolísá napětí článku $\pm 5 \% U_n$;
- velký rozsah provozních teplot – 40 až + 65°C u bezúdržbových akumulátorů;
- malý vnitřní odpor článku (10 až 30mΩ u 6článekového akumulátoru);
- velká kapacita 1 až 10 00 Ah u staničních akumulátorů–
- (25 Wh/kg);
- malá citlivost na přebíjení (neplatí pro moderní spirálově vinuté akumulátory OPTIMA 850 nabíjené velkým proudem po krátký nabíjecí čas);
- velká přetížitelnost – umožňuje snadné startování spalovacího motoru vozidla;
- dlouhá životnost
 - 4 000 až 12 000 startovacích cyklů u startovacích akumulátorů, ale pouze 100 „plných“ cyklů;
 - 600 až 1 000 cyklů v cyklickém provozu u trakčních akumulátorů,
 - 10 až 30 (40) let u staničních akumulátorů,
- možnost kontroly stavu nabití akumulátoru měřením hustoty elektrolytu;
- dobrá účinnost:
 - ampérhodinová účinnost: $\eta_{Ah} = \frac{Q_{vyb}}{Q_{nab}} \cdot 100$ až 85 % ,(u Ni-Cd pouze 2/3 u NiMH je ještě nižší),
 - watthodinová účinnost $\eta_{Wh} = \frac{Q_{vyb} \cdot U_{vyb}}{Q_{nab} \cdot U_{nab}} \cdot 100$ až 65 % při C₁₀
- maximální kapacita mezi 1/3 až 1/2 životnosti

Nevýhody olověného akumulátoru:

- velká hmotnost – maximální teoretická hustota měrné energie 167 Wh.kg⁻¹, nejvyšší praktická hodnota 85 Wh.kg⁻¹, běžná hodnota 25 až 40 Wh.kg⁻¹
- malá odolnost před mechanickými otřesy;
- zvětšení nitřního odporu s poklesem teploty (při –20°C je odpor 2x než při +20°C) a s poklesem nabití (při 15% nabití je vnitřní odpor dvojnásobný než při 100% nabití) ⇒ špatné startování vozidla za nízkých teplot,
- závislost bodu tuhnutí elektrolytu na hustotě (od –68°C při hustotě 1,28 g.cm⁻³ po –11°C při hustotě 1,16 g.cm⁻³),
- samovolné vybíjení od 2,5 do 25 % za měsíc – velmi vzrůstá s teplotou,
- malý nabíjecí proud ⇒ dlouhá nabíjecí doba od 8 do 24 hodin , doporučená hodnota nabíjecího proudu 0,1C (10 % kapacity) – tomu odpovídá nabíjecí doba 12 h;
- akumulátor s elektrolytem nelze dlouhodobě skladovat – samovolná sulfatace
- dlouhodobě lze skladovat pouze nové akumulátory bez elektrolytu (při teplotách –30 až +30 C) – před použitím se plní elektrolytem a nabíjí na plnou kapacitu !

Údržba olověných akumulátoru spočívá:

- v pravidelné kontrole hustoty elektrolytu akumulátoru – nízká hustota elektrolytu je příznakem vybití akumulátoru ⇒ je nutné jeho okamžité dobít,
- správná hodnoty napětí naprázdno je 12,5 až 12,6 V při měření digitálním voltmetrem,
- doporučuje se 2x ročně nabití akumulátoru mimo vozidlo
- doporučený nabíjecí proud je 6 až 10 % kapacity,
- při plném nabití se již po dobu 2 až 4 hodin ustálí napětí na hodnotě 15 až 16,5 V (2,5 až 2,75 V na článek)
- v běžném provozu není nutné doplňovat kyselinu – doplňuje se pouze voda určená pro doplňování akumulátorů (při nabíjení se uvolňuje vodík a kyslík ⇒ voda se rozkládá a tím dochází k jejímu úbytku) hladina elektrolytu má být 5 až 10 mm nad horním okrajem desek separátorů;
- u bezúdržbových akumulátorů s rekombinátorem se pomocí speciálních měřících přístrojů kontroluje na základě měření napětí akumulátoru při zatížení stav nabití;
- u bezúdržbových akumulátorů s víčky se kontroluje hladina elektrolytu a doplňuje voda,
- před montáží se svorky konzervují vazelinou,
- trvalý dobíjecí proud 0,02 až 0,1 % C_N,
- *při ředění kyseliny vodou se uvolňuje velké teplo přivádějící vodu do varu a tím způsobující rozstříkávání, proto se musí lít kyselina do vody!*

Běžné závady při provozu

- přebíjení – dobíjecí napětí vozidla je vyšší jak 14,4 V nebo je akumulátor přebíjen dlouhou jízdou s malým počtem startovacích cyklů – nutné časté doplňování vody,
- nedobíjení – dobíjecí napětí je nižší jak 13,8 V nebo je v provozním cyklu velký počet startování k počtu provozních hodin.

Průmyslové akumulátory

- a) staniční – zálohování osvětlení, telekomunikačních zařízení a počítačů
- b) trakční akumulátory – vozidla nezávislé trakce – vysokozdvizné vozíky, manipulátory, elektromobily

Odlišnosti od startovacích akumulátorů:

- automatické doplňování vody při dobíjení
- nucený oběh elektrolytu prouděním vzduchu při dobíjení \Rightarrow o 10 °C nižší teplota při dobíjení, zkrácení doby nabíjení o 30 %, úspora 15 % energie a až 75 % vody,
- rekombinace: - na H₂ a O₂ na paládiových katalyzátorech
- přídavnými elektrodami
- akumulátory bez kapalného elektrolytu (řízené ventilem) – účinnost rekombinace H₂ a O₂ až 95 % - nižší stálé nabíjecí napětí 2,25 V a cyklické nabíjecí napětí 2,4 až 2,47 V, mohou dočasně pracovat i v obrácené poloze
 - AGM (absorbed glass mat) – záporné elektrody nejsou nikdy trvale nabitě \Rightarrow mohou pohlcovat H₂, elektrolyt je nasáklý v separátorech,
 - gelové akumulátory – elektrolyt je zhuštěný SiO₂ – dlouhá životnost až 18 let
- $U_{\text{nab}} = 2,23$ až 2,25 V při trvalém nabíjení, při cyklickém nabíjení $U_{\text{nab}} = 2,4$ až 2,45 V,
- životnost akumulátorů: - staničních 15 až 40 let
- trakčních až 1 000 cyklů

Akumulátory pro UPS

- uzavřené ventilem řízené – rekombinace s mírným přetlakem,
- životnost 3 až 5 let,
- $U_{\text{nab}} = 2,27$ V při trvalém nabíjení a 2,4 až 2,45 V při cyklickém provozu
- počet cyklů: 200 při 100 % vybití
1 200 při 30% vybití

ALKALICKÉ AKUMULÁTORY

Ni-Cd akumulátor

- napětí : jmenovité 1,2 V
udržovací 1,38 až 1,43 V
plynovací 1,6 V – napětí nad 1,6 V výrazně zkracuje životnost
konečné nabíjecí 1,65 až 1,85 V
konečné vybíjecí 1,1 až 0,85 V
- měrné množství energie teoreticky až 209,8 Wh.kg⁻¹, prakticky 10 až 35 Wh.kg⁻¹,
- mohou být dlouhodobě vybity,
- velké počáteční samovybití v prvních 14 dnech (i přes 15 % z kapacity) klesá na 2 % za měsíc,
- velký nabíjecí proud od 0,3 do 2 C_N, (C_N kapacita v Ah)
- malý odpor 0,8 až 1 mΩ, (¼ olověného akumulátoru)
- projevuje se u nich **paměťový efekt** – akumulátor si „pamatuje“ poslední hodnou do daného náboje, současně se však zvýší počet cyklů, při nabíjecím proudu < 0,1C_N je paměťový efekt zanedbatelný
- pro potlačení paměťového efektu se doporučuje 10 cyklů plného vybití a plného nabití na 200 % C_N,
- na konci cyklu dochází k výraznému poklesu napětí až o 30 % (u olověných pouze 10 %),
- životnost 800 plných cyklů nebo až 10 000 20 % cyklů

Užití: Napájení zařízení s velkým proudovým odběrem a velkými proudovými nárazy – motorů ručního nářadí a hraček.

Ni-MH akumulátor

- větší množství měrné energie než Ni-Cd akumulátor 55 až 80 Wh.kg⁻¹,
- napětí : jmenovité 1,2 V
naprázdno 1,3 až 1,4 V
konečné vybíjecí 1,1 až 0,9 V
- menší nabíjecí proud než Ni-Cd od 0,1 do 1 C_N,
- maximální teplota pro rychlé nabíjení je 45°C,
- po dlouhodobém skladování je nutné pro dosažení plné kapacity provést 3 plné cykly,
- nižší životnost článků – do 350 cyklů,
- větší vnitřní odpor,
- 2 násobek ceny Ni-Cd

Užití: Napájení zařízení s proměnným odběrem – s potřební elektronikou – digitální fotoaparáty atd.

Li-ion akumulátor

- velké množství měrné energie až 130 Wh.kg⁻¹,
- jmenovité napětí podle typu 3 až 4 V – typická hodnota je 3,6 V, konkrétní hodnota závisí na kovu anody a katody
- samovybití 5 až 8 % za měsíc,
- životnost 500 až 1 000 cyklů,
- akumulátor nesnáší přebíjení a proudové nárazy,
- 2,5 násobek ceny Ni-Cd

Užití: Napájení zařízení se stálým odběrem bez proudových špiček – notebooky a mobilní telefony, dnes i ruční nářadí