

Skoro vše o akumulátorech a nabíjení

aneb letem světem startovacích olověných akumulátorů



20. prosince 2008

Zpracoval:

Marconi

K1400

STRUČNÝ OBSAH

ČÁST I. - AKUMULÁTORY, ROZDĚLENÍ, FUNKCE **str. 4**

Galvanické (elektrochemické) zdroje proudu	str. 5
Vlastnosti olověného akumulátoru	str. 6
Konstrukce olověného akumulátoru	str. 8
Bezúdržbové akumulátory	str. 9
Akumulátor se zaplavenými elektrodami	str.10
Akumulátory s vázaným elektrolytem - AGM	str.12
Gelový akumulátor	str.13
Gelový nebo AGM?	str.14

ČÁST II. - MĚLI BYCHOM ZNÁT **str.17**

Plášť akumulátoru	str.17
Napětí akumulátoru	str.17
Proud	str.18
Jmenovitá kapacita akumulátoru	str.18
Vnitřní odpor akumulátoru	str.18
Samovybíjení akumulátorů	str.19
Startovací kapacita, vybíjecí proud	str.19
Hluboké vybíjení	str.20
Základní charakteristiky akumulátoru	str.21
Jaké údaje se o akumulátoru běžně uvádějí	str.22
Tvary elektrod	str.22
MF, SLA, SLI	str.22
Peukertova konstanta	str.22

Co znamená pojem sulfatace?	str.23
Co se v olověném akumulátoru děje při vybíjení/nabíjení?	str.26
ČÁST III. – NABÍJENÍ AKUMULÁTORU	str.29
Charakteristika U	str.30
Charakteristika I	str.30
Charakteristika W	str.31
Pokyny pro nabíjení	str.34
Důležité poznámky k nabíjení	str.39
Teplotní kompenzace	str.40
Udržovací nabíjení (udržovací proud)	str.40
Rychlé nabíjení (nabíjení velkým proudem)	str.41
Odpojování akumulátoru	str.42
Nabíječky	str.42
Postup uvedení do provozu nového akumulátoru	str.43
ČÁST IV. – PROVOZ A ÚDRŽBA AKUMULÁTORU	str.45
Závady akumulátorů	str.48
Část V. - SHRUTÍ A ZÁVĚR	str.49
Jaký akumulátor si mám vybrat?	str.49
Stručné shrnutí	str.52
Připomeňme si	str.53
Omyly, se kterými se můžete setkat	str.55
Závěr	str.58

Tento materiál jsem zpracoval po zjištění, že základní součást elektrické soustavy vozidla, bývá mnohdy opomíjena i když se podstatnou měrou podílí na jeho fungování. Tato publikace, díky svému rozsahu, nemůže dát odpovědi na všechny otázky, či popsat vše, co problematika akumulátorů, jejich nabíjení a údržby, představuje. Věřím však, že v ní najdete alespoň základní informace pro obecnou orientaci v této oblasti a pomůže Vám vyvarovat se některých chyb.

Důležité upozornění! Pokud v této publikaci uvádím nějaké hodnoty napětí a dobíjecích proudů, jedná se o orientační, obvyklé hodnoty, které se mohou u konkrétního výrobku nepatrně lišit. Prostudujte příslušnou technickou dokumentaci výrobce, nebo příbalový leták daného akumulátoru. Konkrétní pokyny pro nabíjení, včetně svorkových napětí akumulátoru vzhledem k hloubce vybití, případně kompletní nabíjecí/vybíjecí křivky lze získat jako součást dokumentace daného akumulátoru. Hodnoty se mohou, dle typu a výrobce, nepatrně lišit. Pokud tyto hodnoty neznáte, nebo jsou Vám nedostupné, použijte údaje definované v této publikaci.

Publikace není myšlena jako kuchařka, přesně definující jednotlivé postupy a reflektující komplexní otázky dané problematiky, ale slouží výhradně k získání základní orientace v problematice akumulátorů, jejich parametrů, nabíjení, údržbě, provozu a orientaci v příslušné terminologii.

ČÁST I. - AKUMULÁTORY, ROZDĚLENÍ, FUNKCE

Naleštěný motocykl ne a ne nastartovat. Baterie vypovídá službu. Klasická, bezúdržbová, gelovka, taková a maková, prostě kdo se v tom má vyznat. Dokud akumulátor poslušně plní svůj účel, většinou zapomínáme, že nějaký v motocyklu (automobilu) vůbec máme. Problém nastává, když akumulátor selže. Rozdíl v ceně akumulátorů je nepřehlédnutelný a i pro ten nejlevnější akumulátor musíme sáhnout poměrně hluboko do kapsy. A tak nás zajímá, zda za své peníze dostaneme spolehlivý výrobek, který uspokojí veškeré energetické nároky našeho stroje za všech režimů jízdy. Méně si už všímáme jeho potřeb během provozu. Všiml jsem si, že se na internetových fórech objevují, v souvislosti s akumulátory, informace, které jsou někdy zavádějící, někdy mylné. A čím méně někteří vědí o konstrukci a vlastnostech akumulátorů, tím zasvěcenější a zmatenější, ale o to přesvědčivější názory od nich uslyšíme. Smutné je, že mnohdy i prodejci akumulátorů o nich tvrdí skutečnosti, které jsou spíše znakem neznalosti a obecně šířených mýtů, než

jejich odborné erudice. Tak se pojďme spolu podívat, jak to s těmi akumulátory vlastně je.

Galvanické (elektrochemické) zdroje proudu

Zdrojem elektrické energie může být mimo jiné celá řada galvanických (elektrochemických) článků, pracujících na různých principech. Však jen jeden druh umožňuje účinně elektrickou energii nejen vydávat, ale také **akumulovat**. Ano, je to akumulátor.

Na úvod mi dovolu malou odbočku do terminologie. V souvislosti s galvanickými (elektrochemickými) zdroji elektrické energie mluvíme o článku (monočlánku). Více článků spojených dohromady pak tvoří baterii. Více akumulátorových článků tvoří akumulátorovou baterii. My se však nebudeme držet přísně této terminologie (nejsme v hodinách fyziky), ale budeme zde prostě hovořit o akumulátoru nebo baterii a vždy pod těmito pojmy budeme chápat akumulátorovou baterii. Akumulátory patří mezi tzv. sekundární články, kdežto primárními pak označujeme takové články, kde probíhá nevratná reakce vybíjení – elektrická energie v článku se snižuje až do jejího vyčerpání, bez možnosti jejího obnovení, dobítí.

Poznámka: Některé klasické „suché“ galvanické články – „nedobíjecí“ baterie (primární články), lze za určitých okolností, v omezené míře, také dobít. Například klasické „uhlo-zinkové“ baterie. Jen je třeba dodržet určité zásady. Svorkové napětí jednoho článku nesmí během vybíjení klesnout cca pod 1 V, nabíjecí proud musí být velice malý (nabíjecí napětí nesmí být větší než napětí, při kterém dochází k rozkladu solí tvořících elektrolyt). Za optimum se považuje cca 0,1 mA na 1 cm² povrchu zinkové elektrody nabíjeného článku (celkem se bude jednat o proudy nejvýše několika málo mA) a dobíjeme vždy ihned po ukončení odběru proudu z článku a to

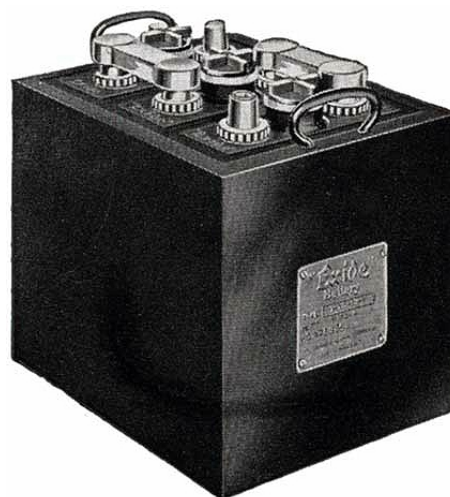


Fig. 1. The Battery

Obr. 1 – Automobilový akumulátor značky Exide společnosti Powerstream
Rok 1922, USA.

stabilizovaným zdrojem proudu. Počet vybíjecích a nabíjecích cyklů může kupodivu dosáhnout i několika desítek až set, než dojde k destrukci článku. Pro praxi to dnes, v době moderních dobíjecích článků s poměrně dlouhou životností, valný význam nemá, berte to spíše jako technickou zajímavost.

Akumulátorové články jsou různé konstrukce. Kyselinové – olověné, alkalické – například nikl-železové, stříbro-zinkové, nikl-kadmiové, nikl-



Obr. 2 – Gaston Planté

metal-hydridové, atd. Každý takový článek má svá specifika, výhody a nevýhody, své charakteristiky, díky kterým nalézá upotřebení v té které oblasti průmyslu, zdravotnictví, telekomunikací, dopravě, spotřební elektronice, atd. V automobilovém a motocyklovém průmyslu se využívá už mnoho desítek let články olověné. Proč tomu tak je, si povíme v další části. A snad pro doplnění, princip olověného akumulátoru objevil německý vojenský lékař J. W. Sinsteden roku 1854 a první olověná akumulátorová baterie spatřila světlo světa ve Francii roku 1859 n.l. (G. R. Planté). Zařízení tvořily olověné desky ponořené do roztoku kyseliny sírové, mezi něž bylo vloženo plátno

jako separátor (viz obr. 3). Vlastně podobná konstrukce vydržela olověným akumulátorům dodnes, byť v daleko sofistikovanější podobě.

Vlastnosti olověného akumulátoru

Olověný akumulátor nalezl pro své vlastnosti široké uplatnění v mnoha oborech lidské činnosti. My se však zaměříme na akumulátory pro motorová vozidla – ať už automobilové, nebo motocyklové. Možná si říkáte, že je přece jedno, k čemu je akumulátor určen, pokud má odpovídající napětí a kapacitu. Do určité míry ano, však při bližším zkoumání zjistíme, že jiné požadavky klademe na akumulátor pro napájení například trakčních či telekomunikačních zařízení a jiný pro startování motoru automobilu. Každá oblast nasazení sleduje jiné vlastnosti. Například akumulátor v motorovém vozidle pracuje v režimu, kdy otočením klíčku zapalování motocyklu nebo automobilu, musí akumulátor uspokojit značné proudové požadavky na úrovni až několika set ampér, přičemž po nastartování, máme-li palubní

dobíjecí soustavu v pořádku, je akumulátor prakticky už jen dobíjen, neboť veškeré energetické potřeby vozidla do značné míry pokrývá alternátor. Naopak v jiném režimu pracují třeba záložní akumulátory pro napájení počítačů nebo celých počítačových sítí. Zde akumulátor, pod dohledem řídicí elektroniky, která dbá o jeho kondici, čeká na svoji příležitost – výpadek síťového napájení zařízení. Jeho zatížení je pak přesně definované, téměř konstantní, bez velkých špiček a výkyvů. Jiné požadavky jsou na trakční akumulátory, jiné na napájení prvků spotřební elektroniky, nebo energetické zálohování pamětí mikroprocesorů.

Proč se ve vozidlech, ať už motocyklech či automobilech, využívá něco tak starobylého, jako je olověný akumulátor? Proč ne jiný, modernější typ? Vždyť je velmi těžký. Hmotnost olověného akumulátoru je cca 4 až 5 x větší než hmotnost nikel-železového akumulátoru stejné kapacity, životnost olověného akumulátoru je jen několik málo roků, kdežto alkalických i deset let. Ano, olověný akumulátor není dokonalý, má však řadu výhodných vlastností. Například velice malý vnitřní odpor (cca 0,001 Ohmu), díky němuž je akumulátor schopen krátkodobě dodávat mnoho energie (velký proud) při zanedbatelném poklesu jeho svorkového napětí. A to je vlastnost, kterou potřebujeme právě při startování motoru (startér si vezme klidně 80 - 120A, u dieselových motorů i více jak 300A). Svoji podstatnou roli však hraje celkem příznivá cena olověných akumulátorů a zvládnutá, léty prověřená technologie výroby. Olověný akumulátor má velkou energetickou účinnost (cca 85%), to znamená, že vydá velký podíl dodaných „ampérhodin“. Olověné akumulátory mohou pracovat v mnoha režimech, poměrně příznivý je také průběh jejich nabíjecích a vybíjecích charakteristik. Alkalické akumulátory mají většinou vždy nějaké „ale“. Například Ni-MH akumulátory jsou drahé (na jednotku kapacity stojí asi 10 x více než olověné), Ni-Cd mají paměťový efekt, Ni-Fe nižší energetickou účinnost, navíc „plynují“ prakticky od samého počátku nabíjení, atd.



Obr. 3 – Plantéuv akumulátor.

Shrňme-li vlastnosti olověného akumulátoru, pak jako výhodu můžeme označit nízký vnitřní odpor, schopnost dodat po krátký okamžik vysoký proud, vysokou energetickou účinnost, schopnost zvládnout poměrně náročné provozní podmínky ve vozidle a přijatelný poměr cena/výkon. Jako

nevýhody můžeme označit zejména omezenou životnost a velkou hmotnost.

Poznámka: hmotnost dnešních moderních akumulátorů se díky jejich konstrukci významně snížila. Například v 30. letech minulého století vážil 40Ah akumulátor cca 21 kg, kdežto dnes má takový akumulátor hmotnost zhruba poloviční.

Konstrukce olověného akumulátoru

Konstrukce akumulátoru je v zásadě u většiny typů automobilových a motocyklových baterií stejná. Akumulátor je tvořen plastovým kontejnerem (monoblokem) na jejímž vrcholu nalezneme vyvedený kladný a záporný pól baterie, případně plnicí či odvětrací zátky, někdy i indikátor stavu nabití. Uvnitř je akumulátor tvořen jednotlivými články, které jsou sériově propojeny (sériovým propojením se napětí jednotlivých článků sčítá). Vlastní články tvoří systém kladných a záporných olověných desek ve formě mřížek, které jsou vzájemně odděleny pro elektrolyt propustným separátorem a ponořeny do zředěné kyseliny sírové o předepsané hustotě (tzv. akumulátorová kyselina). Aktivní hmotou kladné mřížky je jemnozrnný, pórovitý, kysličník olovičitý (v nabitém stavu je kladná mřížka hnědá),



Obr. 4—pohled pod víko do akumulátoru

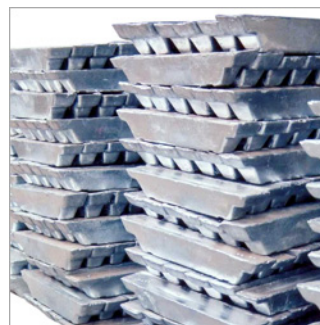
zápornou mřížku tvoří houbovitě olovo (v nabitém stavu je záporná mřížka šedá). V detailech se pak jednotlivé akumulátory liší. Každý výrobce má své řešení mřížek a separátorů, jejichž konfigurací se snaží zajistit zejména prodloužení životnosti akumulátoru, snížení vnitřního odporu, zmenšení samovolného vybíjení a zlepšení startovacích schopností i za

nízkých teplot. Akumulátorová baterie o jmenovitém napětí 12V obsahuje 6 akumulátorových článků, baterie o napětí 6V pak články 3.

Olověné akumulátory můžeme rozdělit do 2 základních kategorií:

- **akumulátory vyžadující údržbu**
- **akumulátory bezúdržbové**

Akumulátory vyžadující údržbu jsou nejstaršími a dnes klasickými akumulátory. Takový akumulátor snadno identifikujeme tím, že na vrcholu (na víku) jsou šroubovací inspekční zátky, které slouží ke kontrole hladiny elektrolytu a případnému doplňování destilované vody. Tento typ akumulátorů s elektrodami zaplavenými vodným roztokem kyseliny sírové - elektrolytem (proto se jim říká se zaplavenými elektrodami) vyžaduje vždy údržbu, i když dnes již nikoliv intenzivní.



Obr. 5 – olověné ingoty připravené pro výrobu akumulátorů

Tato údržba spočívá v pravidelné kontrole předepsané hladiny elektrolytu, která činností akumulátoru klesá jednak přirozeným odparem, jednak „plynováním“, elektrolýzou - rozkladem H_2O na kyslík a vodík, při nabíjení. Do akumulátoru doléváme výhradně destilovanou vodu, případně kontrolujeme hustotu elektrolytu – po plném nabití dosahuje $1,28\text{ g/cm}^3$ (platí pro automobilové/motocyklové startovací akumulátory), při teplotě 25°C . Hustota elektrolytu – roztoku kyseliny sírové, je teplotně závislá (při 10°C bychom naměřili cca $1,29\text{ g/cm}^3$, při 40°C cca $1,27\text{ g/cm}^3$). Proto, pokud se teplota, při které prověřujeme stav akumulátoru zásadně liší od 25°C , musíme zjištěné hodnoty hustoty elektrolytu korigovat. Za snížené teploty naměříme hustotu vyšší než je skutečnost, při zvýšené naopak. Současné moderní akumulátory však díky své konstrukci vykazují nižší ztráty vody a tak se inspekce omezuje na kontrolu hladiny elektrolytu v intervalu cca 3 až 12 měsíců podle konkrétního typu, provedení a provozním režimu akumulátoru.

Bezúdržbové akumulátory

Pod pojmem bezúdržbový akumulátor se schovává několik různých řešení akumulátorů a tedy i cest k „bezúdržbě“. Již jsme si řekli, že údržbou rozumíme pravidelnou inspekci hladiny elektrolytu a z tohoto pohledu kategorie akumulátorů, o kterých budeme dále hovořit, takovou činnost



Obr. 6 – záběr z výrobního závodu (Topin Battery, Čína)

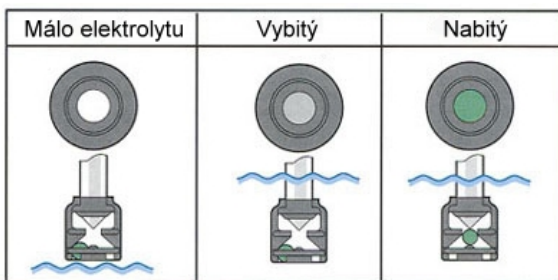
nevyžaduje a dokonce, v mnoha případech, ani neumožňuje. Budiž však řečeno, že údržbu akumulátoru nelze omezit pouze na zjištění úrovně hladiny elektrolytu, ale je vhodné čas od času zkontrolovat stav elektrod – svorek. Jejich oxidace je samozřejmě na závalu, neboť omezuje proces nabíjení či naopak výdeje energie, zejména při momentální velké proudové potřebě. Dotáhneme tedy na svorkách všechny šroubové spoje, případně je ošetříme pastou proti korozi. Do údržby můžeme zahrnout také pravidelné dobíjení akumulátoru například během zimní odstávky vozidla, kontrolu dobíjecí soustavy a její případné seřízení pokud to daná konstrukce umožňuje. V těchto bodech se údržbě nevyhneme ať už s údržbovým nebo bezúdržbovým („Maintenance Free“) akumulátorem.

Akumulátor se zaplavenými elektrodami

I takový akumulátor bývá vydáván za bezúdržbový (i když přesnější by asi bylo mluvit o jakémsi semi-bezúdržbovém řešení). Je toho dosaženo zejména legováním mřížek elektrod vápníkem. Dřívější technologie využívala mřížky výhradně dotované antimonem, obsah Sb byl poměrně vysoký, cca 6-7%. Takové řešení bylo voleno pro zajištění dostatečné tuhosti mřížek. Dnes se však využívá v mnoha akumulátorech na kladné elektrodě antimonová koncepce (Pb/Sb) se snížením obsahem Sb, kdežto na záporné pak tzv. kalciová (vápníková) koncepce (Pb/Ca) - například v bateriích AKUMA

Comfort. Z tohoto řešení pak vznikla koncepce kalcium-kalcium, která využívá vápník na obou mřížkách, tedy jak záporných tak i kladných. Jedná se o kompozit, jehož základem je olovo s přísadami antimonu v dávce cca 1,5

– 3% a vápníku v dávce cca 0,08 – 0,12%. Dotování vápníkem se mimo jiné příznivě projevilo na odparu vody, který je nyní minimální (snížil se cca na pětinu hodnoty obvyklé u akumulátoru Pb/Sb). Tím je dosaženo, že hladina elektrolytu (byť nepatrně klesá), se udržuje na bezpečné



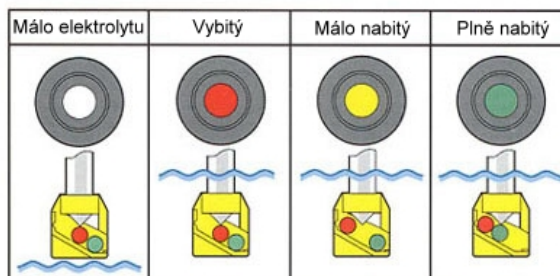
Obr. 7 – jedno kuličkový hustoměr

úrovni po dlouhou dobu životnosti akumulátoru. Samozřejmě za předpokladu správné funkce dobíjecí soustavy vozidla a odpovídající péči při dlouhodobém odstavení. Konstrukčně se však jedná o klasický akumulátor se zaplavenými elektrodami, jen dolévací otvory jsou často skryty běžnému užítí pod víkem. Speciální zátky nebo víko akumulátoru s jakýmsi „labyrintem“ kanálků osazených gumovým nebo teflonovým těsněním, omezují možný únik elektrolytu při náklonu nebo převržení, zároveň však zajišťují bezpečné odvětrávání nahromaděných plynů. U některých akumulátorů se můžeme setkat s indikátorem nabití. Jedná se vlastně o kuličkový hustoměr, jehož indikátor tvoří průhledové okénko do komůrky hustoměru, v jehož kanálku je jedna nebo dvě barevné kuličky (obr. 7 a 8).

Konstrukce kalcium-kalcium se rovněž příznivě projevuje na samovybíjení akumulátoru. U klasického akumulátoru koncepce olovo-antimon je hodnota samovybíjení cca 1% za den,

kdežto u konstrukce kalcium-kalcium klesá až na třetinu. Technologie mřížek akumulátorů se neustále vyvíjí, každý výrobce má svoje řešení. Leguje se i stříbrem (Bosch), selenem (Bären) a dalšími prvky. O vlastnostech mřížek a tím

akumulátoru však nerozhoduje jen složení kompozitu, ale také jejich tvar a konstrukce. Zejména konstrukční řešení mřížek a jejich technologie výroby

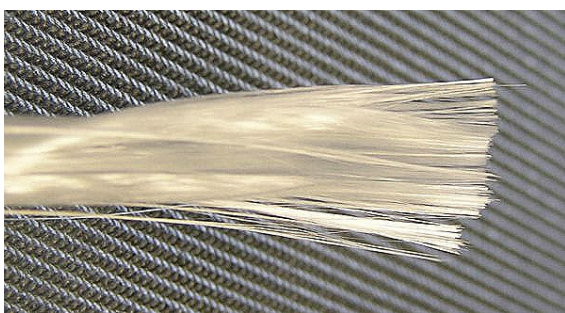


Obr. 8 – dvou kuličkový hustoměr

může značně ovlivnit náchylnost ke korozi, odlučování aktivní hmoty a následné destrukci akumulátorového článku.

Akumulátory s vázaným elektrolytem - AGM

Vývoj akumulátorů nikdy neustal. Jedním z progresivních řešení jsou tzv. akumulátory AGM (Absorbed Glass Mat). Jejich historie sahá k počátku 70.



Obr. 9 – skelná vlákna a ze kterých je vyráběn separátor AGM akumulátorů

let, kdy byla definována koncepce akumulátoru s vázaným elektrolytem. Jedním z průkopníků AGM technologie byla společnost Gates Corporation (USA), která v roce 1973 uvedla na trh akumulátorové články pod obchodním názvem Cyklon™ (mimořádně, prodávají se dodnes—viz obr. 24). Na ně pak navázala v roce 1992

řadou AGM akumulátorů Genesis (od roku 1993 pod „křídly“ společnosti Hawker Group).

AGM akumulátor má poněkud jinou konstrukci separátoru a uzpůsobené řešení elektrod - mřížek. Akumulátory AGM naleznete mimo jiné i ve vojenské technice – letectví (např. v letadlech F/A-18, F-117 Stealth, nebo C-130 Hercules). Vlastní AGM akumulátorový článek se skládá z množství kladných a záporných elektrod, jež jsou odděleny speciálním separátorem ze skelných vláken dotovaných bórem (obr. 9), který těsně přiléhá na jednotlivé mřížky. Výhodou tohoto typu separátoru je vynikající iontová vodivost, umožňující rychlý průnik plynů a tím účinnou rekombinaci na záporné elektrodě a výbornou schopnost vázat elektrolyt. Konstrukce také omezuje mezimřížkové zkraty, drolení aktivní hmoty, což má blahodárný účinek na životnost akumulátoru a dále snižuje riziko stratifikace kyseliny - jakési vrstvení hladin kyseliny s různou hustotou, kdy se u dna akumulátorové nádoby hromadí elektrolyt s vyšší koncentrací. Stratifikace napomáhá sulfataci a vede k rychlejší degradaci akumulátoru. Tento problém je však velkým strašákem zejména u stacionárních zdrojů proudu (s velkou vertikální výškou článků), než v akumulátorech vozidlových. A nyní to podstatné.

V akumulátorech tohoto typu je **elektrolyt** právě **vázán** (vsáklý) **v separátoru**. Proto AGM akumulátor nemá zaplavené elektrody („hladinku“ elektrolytu) a pokud bychom se podívali dovnitř (nedělejte to), bude se nám zdát, že je suchý, bez elektrolytu. Případným dolitím destilované vody jej zničíme. Díky konstrukci AGM akumulátoru je samozřejmě vyloučen únik elektrolytu při naklonění či převržení.

Výhodou AGM akumulátorů je velký podaný výkon za nízkých teplot, vysoká odolnost vůči otřesům, zvýšená kapacita při snížení hmotnosti, absolutní bezúdržbovost – žádné dolévání destilované vody, žádné hlídání hladiny elektrolytu a rovněž pomalé samovybíjení.

Gelový akumulátor

V kategorii bezúdržbových akumulátorů panuje velký zmatek a ani prodejci akumulátorů nebývají bohužel vždy nositeli správných informací. Akumulátory AGM jsou často chybně označovány jako gelové, navíc informace o konstrukci gelových akumulátorů jsou veřejnosti problematicky dostupné a tak nastupují mnohdy domněnky a to i přesto, že gelové akumulátory již mají za sebou značný kus historie a rozhodně nejsou posledním technologickým výkřikem. Například Akkumulatorenfabrik Sonnenschein si patentovalo VRLA gelovou baterii již v roce 1957 a ve stejném roce zahájilo její výrobu.

Konstrukce gelového akumulátoru je však podobná každému jinému akumulátoru. Obsahuje sestavu kladných a záporných mřížek oddělených celkem běžným separátorem. Však elektrolyt je zde vázán v tixotropním křemičitém gelu (SiO_2 , který je pak aditivován dalšími látkami) – nikoliv v separátoru jako u AGM! Zjednodušeně se dá říci, že gelový akumulátor je konstrukčně velice podobný akumulátoru se zaplavenými elektrodami, jen místo tekutého elektrolytu obsahuje gel – elektrolyt v křemičité suspenzi. Ani zde, stejně jako u akumulátoru AGM, nehrozí vylití elektrolytu ať už při náklonu, nebo převržení. Výhodou gelové koncepce je nižší citlivost na vyšší provozní teplotu, kdy například u AGM může za vysokých teplot při nabíjení bez teplotní kompenzace dojít k tzv. teplotnímu zkratu za vývinu značného množství plynů. Následkem může být destrukce akumulátoru. Gelové akumulátory snížily, díky suspendovanému elektrolytu, riziko stratifikace kyseliny prakticky na nulu. Stejně tak, jako u technologie AGM, jsou gelové akumulátory bezúdržbové, se zvýšenou kapacitou při snížené hmotnosti a

nízkou hladinou samovybíjení. Lépe snášejí provoz za zvýšených teplot a hlubší vybíjení. I gelové akumulátory našly uplatnění ve vojenské technice. Najdeme je například v tancích NATO.



Obr. 10 – MF akumulátor Exide

Uzavřené koncepce akumulátorů (ať už gelových nebo AGM) mají pro snížení odparu vody samozřejmě mřížky konstruovány z olověného kompozitu dotovaného vápníkem, který se rovněž příznivě podílí na snížení „bouřlivého plynování“ jak jej známe z konvenčních akumulátorů. Konstrukce akumulátoru (mřížek) je dále uzpůsobena tak, aby vznikající plyny při nabíjení zde mohly účinně rekombinovat. Akumulátory pracují na principu tzv. kyslíkové rekombinace,

kdy volný kyslík uvolňovaný v pozdějších fázích nabíjení prochází póry separátoru od kladné elektrody k záporné, kde je redukován na vodu (za uvolnění tepelné energie). Tímto procesem se tak významně snižuje množství plynného kyslíku a vodíku vznikajícího při nabíjení (přebíjení) akumulátoru. Tak bylo dosaženo prakticky úplné hermetičnosti těchto baterií.

Gelový nebo AGM bezúdržbový akumulátor nebývá vybaven klasickými šroubovacími zátkami, byť můžeme v některých případech jakési zátky objevit. Ty však slouží jen k prvotnímu naplnění elektrolytem před uvedením do provozu. Po jejich uzavření se již nikdy neotevírají. Motocyklové (automobilové) gelové a AGM akumulátory jsou vždy výhradně tzv. koncepce VRLA, tj. ventilem řízené (VRLA - Valve Regulated Lead Acid batteries). Akumulátory jsou vybaveny ventilem, který slouží k regulaci pracovního tlaku uvnitř akumulátoru a zároveň působí jako bezpečnostní přetlakový ventil (otevře se při tlaku asi 10 - 40 kPa dle typu akumulátoru). Jeho konstrukce je řešena tak, že neumožňuje průnik vzduchu z okolního prostředí do pracovního prostoru akumulátoru.

Gelový nebo AGM?

Upřímně řečeno, na tuto otázku nelze kvalifikovaně odpovědět. Někteří výrobci se přiklonili ke gelové koncepci, jiní k AGM a někteří pro jistotu produkují obě řady (například VARTA). Jistě, jsou teoretické argumenty pro

a proti, ale neexistují exaktní srovnávací testy, nebo jsou nám nedostupné. Proklamace výrobců pak nelze brát za bernou minci, udávané parametry jsou mnohdy definovány dle rozdílných technických norem a výsledky tak nejsou vždy zcela souměřitelné.

Pro zajímavost uvádím, že jistý výrobce produkující gelové akumulátory tvrdí, že jeho „gelovky“ vydrží do ztráty poloviny kapacity 1000 nabíjecích/vybíjecích cyklů dle dané metodiky, kdežto konkurenční AGM „jen“ 500 cyklů. Jenže výrobce AGM akumulátorů tvrdí to samé, ale naopak, tedy ve prospěch AGM provedení. East Penn uvádí tabulku, kde porovnával životnost 3 gelových akumulátorů, 3 AGM různých značek v tzv. „BCI - 2 Hour Life“ laboratorním testu. Nejlepší výsledek podala „gelovka“ tohoto výrobce, a pak to bylo prostřídáno - někdy dosáhl lepších výsledků AGM jindy gelový akumulátor. Pokud bychom zprůměrovali dosažené hodnoty, nepatrně příznivější výsledky podaly gelové akumulátory, které vykazaly v průměru cca o 10% delší životnost. Pokud však budeme ignorovat nejlepší a nejhorší výsledek jako výjimečný extrém, pak to vychází o 30% lépe ve prospěch AGM. Takže jaký akumulátor má větší životnost? Těžko říci. Nenechme se tedy unést marketingovými grafy a řekněme, že životnost obou provedení je cca stejná. Hodně bude záležet na provozních podmínkách.

Dotkněme se však alespoň rámcově jejich porovnání. Obě koncepce jsou bezúdržbové, dnes výhradně tzv. VRLA koncepce – tedy ventilem řízené. Ventil slouží, mimo jiné, jako přetlaková pojistka pro odvod plynů, pokud tyto nestačí rekombinovat uvnitř akumulátorové nádoby. Obě řešení eliminují vytékání elektrolytu při náklonu nebo převržení, oba akumulátory jsou prakticky hermeticky uzavřené. Obě koncepce jsou vysoce odolné proti otřesům. AGM akumulátory mají větší aktivní plochu mřížek, proto dosahují vyšších startovacích proudů a podávají výborný výkon za nízkých teplot. Nejlepší srovnání parametrů jednotlivých typů akumulátorů je možné u výrobce téže značky, tím vyloučíme vliv rozdílné metodiky pro jejich získání a snahu své výrobky představit v poněkud lepším „světle“. Firma Varta produkuje prakticky všechny typy akumulátorů. Podívejme se tedy, co uvádí ve svých „data-sheets“. Jako vzor si vybereme motocyklový akumulátor 12V o kapacitě 10Ah.

Gelový akumulátor má hmotnost 3,5 kg, objem



Obr. 11 – údržbový akumulátor Yuasa; vlevo je patrná hadička na odvětrání plynů

nádoby 1,75 dm³, vybíjecí proud (dle EN) 90 Ah. AGM akumulátor stejného typu má hmotnost 3,2 kg, objem nádoby 1,37 dm³, vybíjecí proud (dle EN) 120 Ah. Dle těchto údajů vychází jako poněkud výhodnější akumulátor



Obr.14 – nahlédnutí pod plášť akumulátoru

technologie AGM. Při nižší hmotnosti a menších rozměrech má stejnou kapacitu (10Ah), však je navíc schopen dodat o třetinu (33%) větší „startovací“ proud (výhodné pro studené starty) než akumulátor gelový. A jak je to s cenou u stejného prodejce? AGM akumulátor 1.921,- Kč, gelový pak 1.726,- Kč.

Takže je snad gelová koncepce překonána technologií AGM? To jistě ne. AGM technologie je sice vlajkovou lodí mnohých

výrobců akumulátorů, nicméně gelový akumulátor má rovněž své přednosti. Gelové akumulátory jsou méně citlivé na hluboké vybíjení než AGM, rekombinace plynů je zde zpravidla účinnější a jsou rovněž méně náchylné k tzv. teplotnímu zkratu jak jsme si řekli již dříve. V případě odstávky pak ztrácejí o něco pomaleji svoji kapacitu než akumulátory AGM. Výrobci, kteří založili svoji technologii na gelovém provedení, snášejí argumenty pro obhajobu své koncepce. Výrobci AGM zase pro akumulátory s vázaným elektrolytem.

Ať použijete ve svém motocyklu akumulátor AGM nebo gelový, neuděláte chybu. Z našeho hlediska jsou obě technologie prakticky rovnocenné. Spíše si dejme pozor na neznámkové, podezřele levné akumulátory. Tyto „no-name“ akumulátory mohou (ale nemusí) mít zpravidla horší technologii výroby, článek může mít dokonce menší počet mřížek, závady mohou být na straně separátoru (trhliny) i elektrolytu (problematická čistota). Takový akumulátor pak má omezenou životnost, vyšší ztrátový odpor a menší startovací proudy než je obvyklé. Však i u značkového výrobku se můžete setkat se závadou a krátkou životností. Proto je důležité vyloučit poškození akumulátoru nevhodně nastavenou dobíjecí soustavou, či nevhodným postupem při dobíjení mimo vozidlo.

A jak jsou na tom akumulátory se zaplavenými elektrodami? Nejsou už technickým anachronismem? Ani náhodou. Dnešní moderní konstrukce akumulátorů dosahují výborných výsledků a rozhodně nepatří do „starého železa“. Například akumulátor Varta s antisulfační úpravou o kapacitě 12Ah má vybíjecí proud 120A, kdežto gelový akumulátor stejného výrobce a stejné kapacity „jen“ 100A. Samozřejmě, hodně záleží na konkrétním provedení akumulátoru, jeho architektuře - akumulátor dané technologie, byť obdobné kapacity, může poskytovat značně rozdílné vybíjecí proudy. A abychom po výše provedeném srovnáním přeci jen rehabilitovali gelovou koncepci, tak uvedu další porovnání. Daný „antisulfační“ akumulátor Varta se zaplavenými elektrodami 20Ah má vybíjecí proud 200A, gelový téhož výrobce s kapacitou „jen“ 18Ah však už nepřehlédnutelných 260A.

Obecně je nutno říci, že konečné parametry toho kterého akumulátoru závisí na daném výrobci, použité technologii a provedení akumulátoru. Nezanedbatelným faktem je, jakou strategii daný výrobce sleduje. Může to být honba za excelentními parametry, která se logicky projeví na ceně akumulátoru, nebo naopak snaha nabídnout akumulátor „za hubičku“, od kterého však nelze čekat žádné mimořádné výkony. Přístup a detaily se liší, proto mezi jednotlivými provedeními akumulátorů stejné technologie (gelový, AGM, se zaplavenými elektrodami), však různých výrobců, sledujeme rozdíly ve výkonech.

ČÁST II. - MĚLI BYCHOM ZNÁT

V této části vysvětlím některé nejběžnější pojmy, se kterými se v souvislosti s akumulátory můžete setkat a popíšeme si elektrochemické reakce probíhající při nabíjení a vybíjení olověného akumulátoru.

Plášť akumulátoru – je zpravidla z bílého (mléčného, poloprůhledného) nebo černého plastu. Bílý plast signalizuje klasický údržbový akumulátor se zaplavenými elektrodami, černý pak většinou akumulátor bezúdržbový (ať už se zaplavenými elektrodami, nebo AGM či gelový).

Napětí akumulátoru – udává se ve voltech [V] a je závislé na počtu článků baterie. U olověného 6-ti článkového (12-ti voltová baterie) plně nabitého akumulátoru je jeho svorkové napětí cca 12,6 až 12,8V, kdežto plně vybitého cca 10,5V. U tří článkového (6-ti voltová baterie) jsou hodnoty poloviční. Napětí na akumulátoru dosahuje při nabíjení a vybíjení jiných hodnot, sleduje

tzv. nabíjecí a vybíjecí křivku, která má poněkud odlišný průběh. Jednotkou tisíckrát menší je milivolt [mV].

Proud – udává se v ampérech [A], případně v jednotkách 1000 x menších, miliampérech [mA]. Hodnoty proudu provázejí každý elektrický obvod, akumulátor nevyjímaje. Zjišťujeme doporučenou hodnotu dobíjecího proudu, počítáme dobu nabíjení při konstantním proudu, proudový odběr spotřebičů a dle toho dimenzujeme akumulátor, atd.

Jednoduchý výpočet - proudový odběr „I“ spotřebiče známého příkonu „P“ ve Watech [W] vypočítáme snadno dle vzorce $I = P/U$, kde U = svorkové napětí na spotřebiči. Výsledek obdržíme v ampérech, pokud dosazujeme „P“ ve Watech a „U“ ve Voltech. Například 60W žárovka (přední světlomet) odebírá z akumulátoru $60/12,6 = \text{cca } 4,8\text{A}$.

Jmenovitá kapacita akumulátoru – udává se v ampérhodinách [Ah]. Obvykle se udává pro zatížení jmenovitým proudem po dobu 20 nebo 10 hodin. Jmenovitá kapacita se označuje symbolem „C“ a číslicí vyjadřující dobu zatížení v hodinách. Například $C_{20} = 55\text{Ah}$ znamená, že při zatížení jmenovitým proudem po dobu 20 hodin, dosahuje akumulátor kapacity 55Ah. Nebo jinak, při odběru $55/20 = 2,75\text{A}$ bude akumulátor kryt energetickou potřebu spotřebiče po dobu 20 hodin. Čím větší udávaná kapacita, tím více energie je akumulátor schopen naakumulovat a následně vydat. Jmenovitá kapacita se zjišťuje dle různé metodiky, proto je dobré zjistit, co daný údaj znamená. Například dle EN norem se zjišťuje při teplotě 25°C a zatížení daným proudem tak dlouho, dokud napětí na článek neklesne pod 1,5V. Obvyklé vyjádření jmenovité kapacity akumulátoru je tedy C_{20} (zatěžování po dobu 20 hodin) nebo C_{10} (zatěžování pod dobu 10 hodin).

Někdy se lze setkat s pojmem **rezervní kapacita**, označení RC. Udává se v minutách a je to doba, po kterou je akumulátor schopen dodávat proud 25 A do poklesu napětí každého článku pod 1,75 V.

Součástí technických dat akumulátorů bývají vybíjecí křivky definující kapacitu akumulátoru při různém proudovém odběru, neboť skutečná hodnota kapacity akumulátoru je závislá mimo jiné rovněž na jeho zatížení. Čím větší zatížení, tím nižší kapacita. Proto stejný akumulátor bude mít o něco nižší hodnotu jmenovité kapacity C_{10} než hodnotu C_{20} .

Vnitřní odpor akumulátoru – udává se v ohmech a čím nižší hodnota vnitřního odporu, tím je akumulátor „tvrdší“. Ideální akumulátor má nulový vnitřní odpor a byl by proto schopen dodat prakticky jakýkoliv proud bez poklesu jeho svorkového napětí. Takový ideální akumulátor však neexistuje.

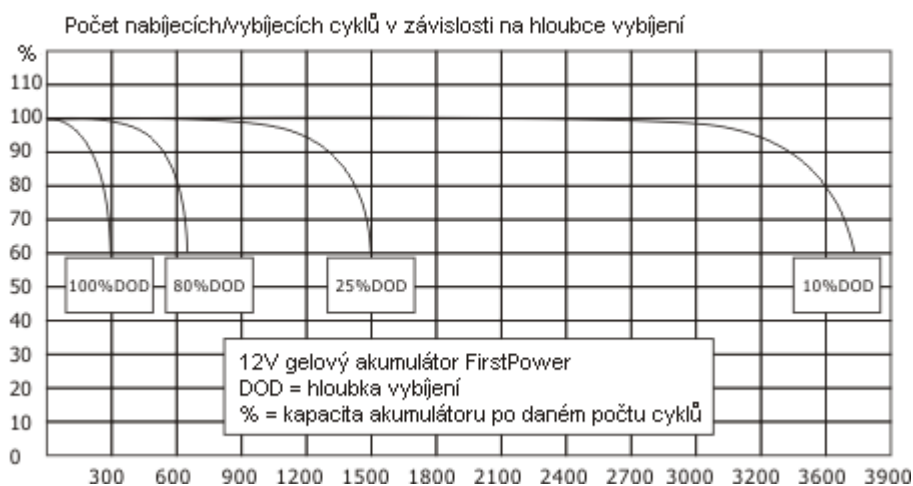
U skutečného akumulátoru dojde vždy k určitému poklesu napětí, což je dáno jeho vnitřním odporem. Čím větší odběr proudu, tím větší pokles napětí, čím menší vnitřní odpor, tím je tento pokles nižší. Teoreticky, pokud bychom výstupní svorky akumulátoru dokonale zkratovali, poteče tímto zkratem proud o velikosti $I=U/R_i$, kde „U“ je svorkové napětí akumulátoru [V], „ R_i “ jeho vnitřní odpor [Ohm]. Čím nižší vnitřní odpor, tím vyšší proud. Pokud si představíme například plně nabitý automobilový akumulátor, pak by jeho svorkami v případě dokonalého zkratu (pokud by nedošlo okamžitě k jeho destrukci a samozřejmě, za předpokladu, že by se chemické reakce mohla v daném okamžiku účastnit veškerá aktivní hmota mřížek a objem elektrolytu) protékal teoreticky proud až cca 13000A! To je okamžitý výkon okolo 150 kW. Pro srovnání - elektrický přímotop má příkon „jen“ asi 1 - 2 kW. Proto, dojde-li ke zkratu na elektrické instalaci vozidla, končí to většinou fatálně – požárem. Proč je důležitá hodnota vnitřního odporu? Malý vnitřní odpor akumulátoru zajišťuje schopnost poskytnout, při velkém zatížení, vysoký vybíjecí proud, aniž by dramaticky pokleslo napětí v obvodu akumulátoru - například při startování vozidla. Vnitřní odpor vzrůstá s vybitím akumulátoru.

Samovybíjení akumulátorů je realitou každého provedení akumulátoru. Baterie se zaplavenými elektrodami se vnitřními pochody zcela vybije do cca 6 - 9 měsíců. Pokud budeme sledovat po jaké době odstávky klesne kapacita plně nabitého akumulátoru na 80% původní hodnoty, pak u gelového akumulátoru to je za cca 6 měsíců, AGM za 4 měsíce, se zaplavenými elektrodami cca za 2 měsíce (platí pro zcela odpojený akumulátor, bez jakéhokoliv odběru proudu - jakýkoliv odběr proudu, i nepatrný, například z blikající LED diody, tuto dobu zkracuje). Hodnoty jsou závislé od konkrétního výrobce, typu a provedení akumulátoru. Samovybíjení se zhoršuje stářím akumulátoru a nezapomínejme také, že je silně závislé na okolní teplotě. Jestliže daný VRLA akumulátor ztratí 30% své kapacity při 25°C za 6 měsíců, pak při 40°C to je už za necelé 3 měsíce. Skladování akumulátorů, ať už jakéhokoliv provedení, vysoká teplota neprospívá. Snažme se je skladovat vždy v chladné (nevytápěné) a suché místnosti. Klasické akumulátory, díky samovolnému vybíjení, snižují své svorkové napětí asi o 8-10 mV/den, AGM akumulátory asi o 3-4 mV/den a gelové asi o 2 - 3 mV/den.

Startovací kapacita, vybíjecí proud - (označuje se mnohdy písmeny CCA – Cold Cranking amps) definuje tzv. „startovací“ schopnosti akumulátoru za studena. Čím vyšší hodnota CCA, tím lépe. Udává se však dle různých norem a každá má jinou metodiku. Jedná se zejména o normy dle EN, IEC, DIN a

SAE. Metodika zjišťování startovacího proudu dle EN předepisuje ochladit akumulátor na mínus 18°C a zatížit jej vybíjecím proudem po dobu 10 sekund. Napětí akumulátoru nesmí na konci testu při daném vybíjecím proudu klesnout pod 7,5V. Pak se odběr proudu na 10 sekund přeruší a akumulátor se následně zatíží proudem o velikosti 60% původní hodnoty do poklesu napětí na hladinu 6V. Dle DIN se vybíjí po dobu 30 s, přičemž koncové napětí nesmí klesnout pod 9V. Dle IEC se vybíjí po dobu 60 s a napětí nesmí klesnout pod 8,4V, kdežto dle SAE se vybíjí po dobu 30 s a napětí nesmí klesnout pod 7,2V. Různé metodiky tak dávají různé, značně rozdílné, výsledky. Například akumulátor s vybíjecím proudem zjištěným dle EN o velikosti 100A, bude mít stejnou hodnotu dle metodiky DIN jen asi 60A.

Hluboké vybíjení – vždy zkracuje životnost akumulátoru. Je to takové vybíjení, při kterém napětí klesá k hladině 10,5V, nebo i pod ní. Takto vybitý akumulátor musíme ihned nabít, jinak jej ohrozíme masivní sulfatací. Udává se, že akumulátor se zaplavenými elektrodami vydrží hluboce vybitý nejvýše 1 až 2 dny, gelový až 4 týdny. AGM bude asi někde uprostřed. Ale doporučuji, v zájmu zachování zdraví akumulátoru, jej do takové situace vůbec nepřivést, protože po hlubokém vybití se nám už nemusí podařit akumulátor znovu oživit. Pokud přeci jenom někdy dostaneme akumulátor do stavu hlubokého vybití, nespolehejme, že jej dobijeme až budeme mít náladu,



Obr.15—příklad životnosti gelového akumulátoru v závislosti na hloubce vybíjení

ale učiníme tak ihned, jak je to jen možné. Neopájejme se tím, že „gelovka“ počká ještě pár dní. Čím déle je akumulátor ve stavu hlubokého vybití, tím hůře pro jeho životnost a vlastnosti. Snažme se vždy dodržet jednoduchou

zásadu - vybíjení akumulátoru by mělo být ukončeno nejpozději při snížení jeho napětí na 10,5V. Pro zachování dlouhé životnosti baterie je však nutné ukončit její vybíjení vždy daleko dříve a to nejpozději při vyčerpání 75 až 80% její kapacity, tj. při napětí naprázdno 11,9 až 12,2V dle typu a provedení akumulátoru.

Udává se, že pravidelné vybíjení (cyklické vybíjení/nabíjení) do ztráty 10% kapacity významně nesnižuje životnost akumulátoru. Vybíjení do poloviny kapacity snižuje životnost asi na pětinu ($5 \times$), vybíjení do úplného vybití snižujeme životnost baterie asi na desetinu ($10 \times$). Naštěstí akumulátory ve vozidlech jsou udržovány dobíjecí soustavou stále v nabitém stavu. Kritickým obdobím se tak stávají zimní měsíce - studené starty za nízkých teplot a krátké pojezdů, kdy může docházet k hlubšímu vybíjení (nedobíjení) baterie. Obecně platí jednoduchá úměra. Čím hlubší vybíjení, tím kratší životnost baterie. Snad ještě dodám, že hluboké vybíjení nejlépe snášejí akumulátory gelové.

Základní charakteristiky akumulátoru – definující jeho „výkon“ jsou zejména jmenovitá kapacita a vybíjecí (startovací) proud. Oba parametry před koupí baterie zkontrolujeme. Jmenovitá kapacita by měla odpovídat kapacitě předepsané našemu motocyklu (automobilu), nebo být o něco vyšší. Například mám předepsán akumulátor 10Ah, pak rozhodně nekoupím akumulátor 8Ah, ale budu vybírat mezi 10Ah akumulátory, případně, pokud se mi vejde do kastlíku, sáhnu po 11 či 12Ah akumulátoru. Doporučuji při porovnávání jednotlivých akumulátorů zkontrolovat, jak je kapacita deklarována – mělo by se jednat o tzv. C_{10} (kapacita při vybíjení proudem o hodnotě $1/10$ kapacity) nebo C_{20} (kapacita při vybíjení proudem o $1/20$ kapacity), přičemž C_{20} bude dávat údaj o mírně vyšší kapacitě, než by tomu bylo v případě hodnoty C_{10} . Pokud tedy vybíráme mezi 2 akumulátory stejné kapacity, přičemž jeden ji má deklarovanou při C_{10} a druhý při C_{20} , pak dáme raději přednost tomu, jež ji uvádí při C_{10} . Další údaj, který prověříme, bude hodnota vybíjecího proudu (CCA) – vybereme akumulátor pokud možno s nejvyšší deklarovanou hodnotou. Pozor na metodiku měření - ať srovnáváme srovnatelné údaje. Větší hodnotu vybíjecího proudu oceníme při startování.

Chování daného akumulátoru v procesu nabíjení a vybíjení pak charakterizují jeho nabíjecí/vybíjecí křivky. Jejich znalost umožňuje přesně řídit péči o akumulátor daného typu a provedení. K dispozici také bývají orientační hodnoty napětí akumulátoru pro různé hloubky vybití (zpravidla v hladinách 100% = nabitý, 75% = částečně vybitý, 50% = z poloviny nabitý, 25% =

částečně nabitý a 0% = vybitý).

Jaké údaje se o akumulátoru běžně uvádějí – typové označení, jmenovité napětí (6, 12 či 24V) jmenovitá kapacita, vybíjecí proud, rozměry, hmotnost (s elektrolytem nebo bez elektrolytu), typ elektrických kontaktů – pólů (pozor, ať akumulátor pasuje na svorky vaší kabeláže), pólování vývodů (kde je plus a kde mínus), případně na které straně je připojena odplynovací trubička (jen u akumulátorů se zaplavenými elektrodami).

Tvary elektrod (desek - mřížek) – nejrozšířenější jsou akumulátory s plochými mřížkami (obr. 16), ale lze se setkat i s akumulátory, jejichž mřížky jsou stočeny do spirály. Jedná se o vysoce výkonné akumulátory často s vázaným elektrolytem, používaných například na lodích. Příkladem takového řešení jsou baterie EXIDE Maxxima (obr. 17).

Zjišťování hustoty kyseliny sírové – nám u běžného akumulátoru se zaplavenými elektrodami napovídá o stavu nabití, případně o stavu elektrolytu. Při kontrole hustoty nezapomínejte na její teplotní závislost. K dispozici jsou korekční, přepočítací tabulky nebo grafy. U AGM či gelových akumulátorů samozřejmě hustotu ani hladinu elektrolytu neprověřujeme.

MF – (Maintenance Free) – takto se označují plně bezúdržbové akumulátory. Jedná se buď o AGM nebo gelové baterie.

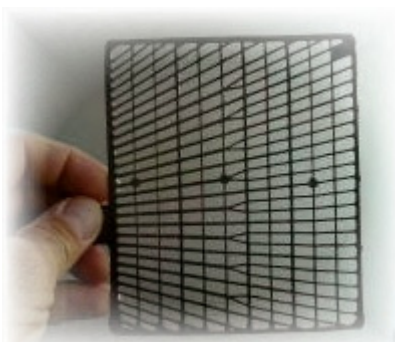
SLA - (Sealed Lead Acid) pod tímto označením se skrývají hermeticky uzavřené olověné kyselinové akumulátory (již naplněné elektrolytem z výroby).

SLI – (Starting-Lights-Ignition) pod tímto označením se skrývají „startovací“ akumulátory, tedy takové, které jsou schopné podat značný startovací proud. Jsou však i akumulátory „jen“ pro zálohování napájecích zdrojů, napájení přístrojů, trakční a staniční aplikace.

Peukertova konstanta – pojmenovaná po německém vědci, který roku 1897 vyjádřil závislost kapacity akumulátoru na rychlosti vybíjení. Zjednodušeně můžeme říci, že dle jeho bádání můžeme korigovat vybíjecí proud mocninou konstanty „k“, tedy I^k , kde k = Peukertova konstanta. Následně tak lze stanovit kapacitu akumulátoru při daném vybíjecím proudu. Peukertova konstanta pro olověné akumulátory se zaplavenými elektrodami je $k = 1,2$ až $1,6$, pro gelové $1,1$ až $1,25$, pro AGM pak $1,05$ až $1,15$.

Co s tím? Jak jsme říkali, kapacita akumulátoru závisí mimo jiné na hodnotě vybíjecího proudu. Nejnížší Peukertovu konstantu mají akumulátory AGM,

což znamená, že s rostoucím odběrem proudu „ztrácí“ kapacitu nejméně. Modelujme nyní příklad s gelovým akumulátorem ($k = 1,2$). Jmenovitá kapacita akumulátoru $C_{20} = 12\text{Ah}$. Chceme jej vybíjet proudem 5A (svítíme si hlavním reflektorem při vypnutém motoru). Jak dlouho bude akumulátor dodávat energii než se vyčerpá jeho kapacita? Přepočítáme vybíjecí proud Peukertovou konstantou, $I = 5^{1,2} = \text{cca } 6,9\text{ A}$. Tedy námi modelovaný gelový akumulátor bude „vnímat“ odběr 5A jako bychom odebírali 6,9A (tedy s určitou licencí pro zjednodušení - vybíjecí proud je daný, jen kapacita akumulátoru se jeví při různém proudu jiná). Takže podělíme kapacitu s tímto vypočítaným proudem $12/6,9 = \text{cca } 1,74$ a máme výsledek. Po dobu 1,74 hodin vydrží náš akumulátor dodávat energii žárovce. Jaká je tedy Peukertova kapacita akumulátoru při odběru proudu 5A? Vynásobíme čas odebraným proudem (zde už skutečným, ne vypočítaným) $1,74 \times 5 = 8,7\text{ Ah}$. Námi modelovaný gelový akumulátor má tzv. Peukertovu kapacitu při odběru 5A „jen“ 8,7 Ah, přestože se jedná o akumulátor s kapacitou 12 Ah. Uvádím to jen pro zajímavost, nepředpokládám, že budete něco takového počítat, ale můžete se někdy s výrazem Peukertovy konstanty setkat. Pamatujme si však, že kapacita reálného akumulátoru je tím nižší, čím více je zatěžován, tj., čím větší proud je z něho odebírán.



Obr. 16 – plochá mřížka akumulátoru

Výkonové poměry akumulátorů uvádím jen pro zajímavost. Olověný akumulátor nám poskytne asi 30 – 45 Wh (Watt hodin) na 1 kg hmotnosti, či 60 – 80 Wh na 1 litr objemu. Nejhorší poměr kapacity [Ah] na jednotku hmotnosti i objemu má klasický akumulátor se zaplavenými elektrodami. O něco výhodnější poměr mají gelové akumulátory a nejlepšího poměru dosahují akumulátory AGM, který je přibližně 3,5 – 3,6 Ah/kg, nebo 6,7 – 6,8 Ah/dm³. Pro akumulátor potřebujeme cca 8-10 ml elektrolytu na 1 Ah jeho kapacity.

Co znamená pojem sulfatace?

Sulfatace je tvorba síranu olovnatého vznikající při vybíjení akumulátoru.

Síran olovnatý tvoří na mřížkách akumulátoru drobné, jemné krystalky, které se časem přetvářejí na větší, neboť PbSO_4 se přednostně váže na již vzniklé krystaly. Tyto sírany (sulfáty – proto sulfatace) svým povlakem postupně



Obr. 17 – pohled do akumulátoru Exide Maxxima.
Všimněte si spirálových elektrod

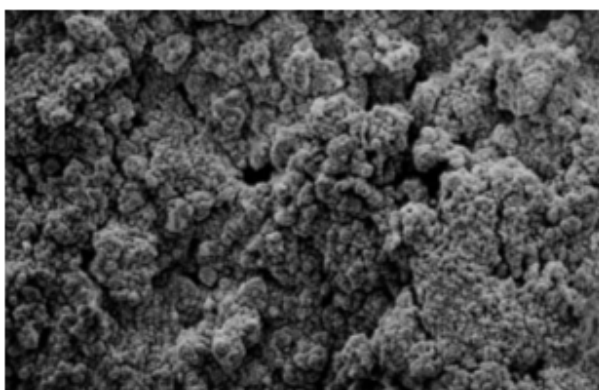
snižují účinnou plochu elektrod (mřížek), které se tak nemohou účastnit elektrochemických reakcí v akumulátoru. Tento proces snižuje kapacitu akumulátoru a zvyšuje jeho vnitřní odpor. Dalším problémem je, že PbSO_4 má poněkud větší objem než aktivní hmoty, čímž dochází k mechanickému namáhání článků, postupnému oddělování a vypadávání aktivních hmot.

K největší sulfataci dochází při nedobíjení, velké krystalky PbSO_4 zůstanou neredukovány a při každém dalším vybíjení dále narůstají. PbSO_4 tvoří čiré lesklé krystaly, podobné sklu. Sulfataci podporuje hluboké vybíjení (u 6-ti článkového olovného akumulátoru napětí 10,5 V nebo méně), dále vybíjení nebo nabíjení velkými proudy. Při masivní sulfataci je akumulátor ztracen. Jak poznám, že je akumulátor sulfatovaný? Prvními příznaky je snížení jeho kapacity (brzy se vybije), při nabíjení zaznamenáváme vyšší teplotu elektrolytu, články začínají „plynovat“ brzy po zahájení nabíjení, svorkové napětí akumulátoru může být v průběhu nabíjení paradoxně vyšší, než by mělo být. Účinnou prevencí rizika sulfatace je pravidelné dobíjení akumulátoru.

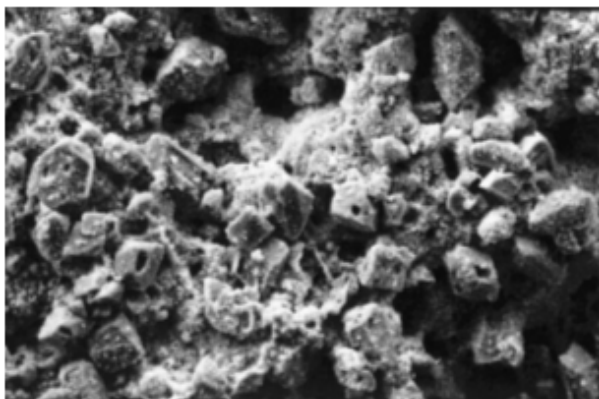
Pokud je už akumulátor zasažen významnější sulfatací, dá se s tím něco dělat? Ano, nepřekročí-li sulfatace určitou mez, můžeme zkusit například opakované nabíjení malým konstantním proudem o velikosti cca 0,05 až 0,025 násobku kapacity akumulátoru (např. pro akumulátor 12Ah to je 0,3 až 0,6A) až do úplného nabití bez ohledu na dobu nabíjení (může to trvat nezvykle dlouho). U hodně zanedbaného akumulátoru je možné zkusit nahradit starý elektrolyt destilovanou vodou a nabíjet jej proudem o cca 0,02 násobku jeho kapacity (např. pro akumulátor 12Ah to je cca 0,2 až 0,25A) až do silného vývinu plynů. Přitom kontrolujeme napětí akumulátoru a dosáhneme-li cca 15 V u 6-ti článkového (7,5V u tří článkového), lze vodu vylít a

okamžitě naplnit akumulátor čerstvým elektrolytem o hustotě 1,28 g/cm³. Pak jej nabíjíme už běžným způsobem. Výše popsané (s výjimkou opakovaného nabíjení malým konstantním proudem) samozřejmě nelze aplikovat pro tzv. plně bezúdržbové AGM nebo gelové akumulátory.

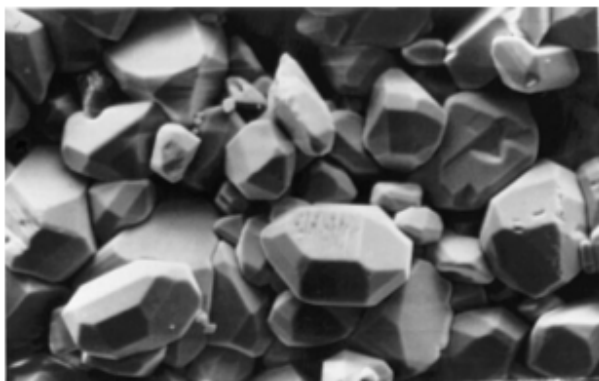
Mnohé moderní akumulátory jsou vybaveny antisulfační úpravou (například akumulátory Yuasa řady YuMicron), která významně snižuje riziko sulfatace.



Obr. 18 – povrch aktivních hmot na elektrodě akumulátoru bez známek sulfatace. 550 x zvětšeno (zdroj: Shanghai Jeegu Electronic Ltd.)



Obr. 19 – povrch aktivních hmot na elektrodě akumulátoru s počínající sulfatací. 550 x zvětšeno (zdroj: Shanghai Jeegu Electronic Ltd.)



Obr. 20 – masivní sulfatace, aktivní hmoty zcela překryly krystaly síranu olovnatého. 550 x zvětšeno (zdroj: Shanghai Jeegu Electronic Ltd.)

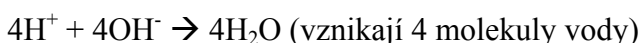
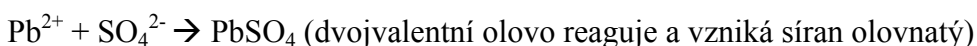
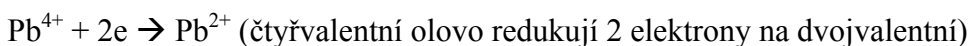
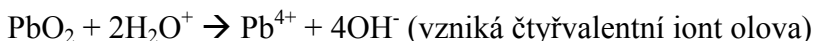
Co se v olověném akumulátoru děje při vybíjení/nabíjení?

Akumulátorová kyselina, vodný roztok kyseliny sírové o dané koncentraci, tvoří elektrolyt (přesněji tzv. potenciální elektrolyt), kdy vlivem elektrolytické disociace (rozrušování vazeb atomů v molekulách kyseliny interakcí s molekulami vody) dochází k rozpadu původní struktury na systém volně rozptýlených iontů (plus jako horní index značí kladný iont - kationt, minus pak záporný iont - aniont) v roztoku, dle výrazu:

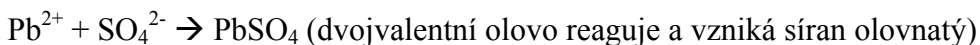
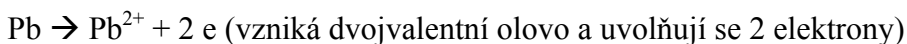


Jednotlivé ionty se pak účastní vlastního procesu nabíjení či vybíjení a reagují s aktivními hmotami elektrod. V akumulátoru v každém okamžiku dochází k chemické reakci mezi deskami (mřížkami) a elektrolytem. Směr této reakce závisí, zda je akumulátor právě nabíjen, nebo vybíjen. Při vybíjení klesá hustota elektrolytu (roztoku kyseliny sírové), elektrolyt (kyselina) se rozkládá na vodu, přičemž na elektrodách (kladné i záporné) se tvoří jemně krystalický síran olovnatý.

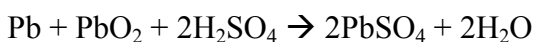
Při vybíjení prochází proud od záporné elektrody ke kladné. Na kladné elektrodě pak probíhá následující redukční děj:



Na záporné elektrodě probíhá oxidační děj:



Celkový zápis výše uvedených vybíjecích procesů představuje rovnice:



Z rozdílu potenciálů, které jsou důsledkem reakcí mezi aktivní hmotou elektrod a elektrolytem, vzniká na elektrodách elektromotorické napětí. Elektrodový potenciál kladné elektrody je cca 1,69V, záporné pak cca - 0,36V. Reakce při vybíjení probíhají tak dlouho, dokud se nespotebují aktivní hmoty elektrod a dokud se kyselina sírová zcela nerozloží.

Při nabíjení probíhá v akumulátoru obdobná reakce jako při vybíjení, jen její směr je opačný. Síran olovnatý se přeměňuje na aktivní hmoty, na kladné elektrodě se tvoří červenohnědý kysličník olovičitý, na záporné šedé, houbovitě olovo, přičemž do elektrolytu se vylučuje kyselina sírová, elektrolyt houstne. Proces nabíjení můžeme opět popsat několika rovnicemi. Proces na kladné elektrodě:

$\text{PbSO}_4 - 2e^- + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PbO}_2 + 4\text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ (síran olovnatý oxiduje na kysličník olovičitý)

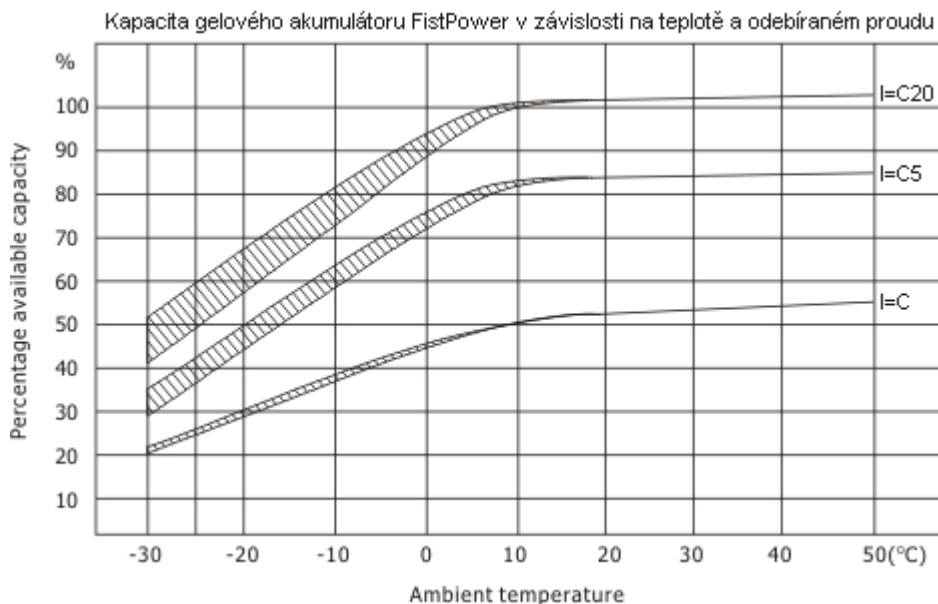
Proces na záporné elektrodě:

$\text{PbSO}_4 + 2e^- \rightarrow \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$ (síran olovnatý redukuje na olovo)

Celkový zápis výše uvedených nabíjecích procesů představuje rovnice:



Princip akumulace a výdeje energie je tedy založen na přeměně elektrické energie v chemickou při nabíjení a naopak, z chemické na elektrickou při vybíjení.



Obr. 21 – závislost kapacity gelového akumulátoru na teplotě a odebíraném proudu

A co se děje v akumulátoru, když se nenabíjí ani se z něho neodebírá žádný proud? Probíhá v něm stejná reakce, jako při vybíjení, neboť náboj akumulátoru se samovolně, vnitřními elektrochemickými procesy, snižuje.

Ztráta náboje přitom může dosahovat až 1% denně, přičemž menší akumulátory ztrácejí kapacitu spíše rychleji než akumulátory větší. Rychlost samovybití závisí na teplotě, typu akumulátoru, jeho kondici, stáří a samozřejmě konstrukci. Běžný akumulátor se tak sám zcela vybije vnitřními pochody za nejvýše 9 měsíců.

Když jsme si zjednodušeně popsali procesy probíhající v akumulátoru, asi už tušíte, proč silně vybitý akumulátor může za zimních teplot klidně i zamrznout. Ano, je to proto, že elektrolyt obsahuje velké množství vody, koncentrace kyseliny je nízká. Následkem zmrazení je mechanická destrukce akumulátoru, porušení separátoru, deformace desek, jejich houbovitě povrchové struktury, případně i prasknutí pláště akumulátoru. Plně nabitý akumulátor v plné kondici nezamrzne ani při silných mrazech. Vždyť elektrolyt plně nabitého akumulátoru s hustotou $1,28 \text{ g/cm}^3$ mění své skupenství na pevné až při teplotě -68°C . Při hustotě $1,25 \text{ g/cm}^3$ (nepatrně vybitý akumulátor) zamrzá při -52°C a asi z poloviny vybitý akumulátor (přesněji o „chlup“ víc než z poloviny - hustota elektrolytu $1,15 \text{ g/cm}^3$) zamrzne při -15°C . Vybitý akumulátor (hustota $1,1 \text{ g/cm}^3$), zamrzne už při -7°C a hluboce vybitý mrzne při teplotách těsně pod bodem mrazu.

A i když akumulátor nezamrzne, proč v zimních měsících motorové vozidlo hůře startuje? Díky vyšší viskozitě oleje a tím většímu odporu, který klade motor startéru? Ne, to je zcela zanedbatelný důvod. Je to dáno tím, že vlastnosti akumulátoru velmi závisí na dynamické viskozitě kyseliny sírové a ta je značně teplotně závislá. Při nižší teplotě sledujeme vyšší viskozitu - dochází k problematickému míšení elektrolytu, elektrolyt v okolí desek se tak rychleji vyčerpá. Proto se za nízkých teplot akumulátor chová, jako by měl vyšší vnitřní odpor, nižší kapacitu. Udává se, že v rozsahu teplot $+30^\circ\text{C}$ až -10°C klesá kapacita akumulátoru cca o 1% s každým stupněm Celsia. Tento fakt je pak silně závislý na odebíraném proudu. Čím je odebíraný proud větší, tím je tento pokles kapacity větší (obr. 21). Proto při velkých startovacích proudech a teplotách pod bodem mrazu, klesá kapacita akumulátoru jen na zlomek jeho jmenovité hodnoty.

Jenže nejen teplota, ale i správná hustota kyseliny se podílí na kapacitě akumulátoru. Pokles hustoty jen o $0,01 \text{ g/cm}^3$ způsobí pokles kapacity o 3% a tento pokles je opět silně závislý na odběru proudu. Pokles hustoty o $0,06 \text{ g/cm}^3$ způsobí, při požadavku na odběr proudu o velikosti $1,2 \text{ A}$, u akumulátoru s jmenovitou kapacitou 12 Ah , pokles jeho kapacity na cca 75% původní hodnoty. Prostě takový akumulátor se bude chovat, jako bychom měli nikoliv 12 Ah baterii, ale baterii s kapacitou 9 Ah .

Na závěr této kapitoly jednoduchá otázka pro pozorné čtenáře. Co obsahuje 100% vybitý akumulátor? Ano, místo elektrolytu jen vodu a mřížky povleklé sulfátem olova. Když je vybíjením rozložena poslední molekula kyseliny sírové, je napětí akumulátoru nulové. Mimochodem, snahy o oživení by byly poněkud marné.

ČÁST III. – NABÍJENÍ AKUMULÁTORU

Myslíte, že bezúdržbový akumulátor nevyžaduje skutečně žádnou údržbu? Kdepak. Už jsme si řekli, že i ten sebedokonalejší akumulátor vyžaduje mít v pořádku dobíjecí soustavu, aby nedocházelo k jeho trvalému přebíjení nebo naopak nedobíjení a tím zkracování životnosti akumulátoru. Dále mít čisté, nezoxidované svorky a šroubové spoje řádně dotažené. Při odstávce vozidla či motocyklu, je pak nutno pamatovat na pomalé samovybíjení a včas zasáhnout jeho dobitím, přičemž starší akumulátor vydrží kratší dobu v nabitém stavu než nový.

Při nabíjení vybitého olověného akumulátoru o 6-ti článcích, stoupá jeho svorkové napětí ve třech pásmech. První pásmo je charakteristické tvorbou kyseliny sírové v pórech olověných desek (mřížek), napětí stoupá na cca 13,2 V, hustota elektrolytu se zvyšuje až na 1,15 g/cm³. Nabíjení pokračuje ve druhém pásmu, kdy pokračuje přeměna síranu olovnatého až do vzrůstu napětí na cca 14,7 V při současném zvýšení hustoty elektrolytu na 1,25 g/cm³. Při překročení napětí 14,7 V (třetí pásmo nabíjení) se začne kromě síranu olovnatého rozkládat voda na kyslík a vodík, akumulátor začne „bublat“ – plynovat. Rozloží-li se pak všechny síran olovnatý, dosáhne napětí akumulátoru hodnoty 16,2 až 16,8 V a hustota elektrolytu je 1,28 g/cm³. Akumulátor bouřlivě plynuje a nadále se již jeho napětí nezvyšuje. Veškerá dodávaná energie z nabíječky se spotřebovává k rozkladu vody na kyslík a vodík. Pokud zaznameneáme „plynování“ při napětí menším než asi 14,4V, je to jeden ze signálů sulfatace akumulátoru (čím nižší napětí, tím větší sulfatace).

Při vybíjení (jakmile připojíme nějaký spotřebič na právě nabitý akumulátor), klesne jeho svorkové napětí rychle na cca 12,6 až 12,8 V, hustota elektrolytu klesá, kyselina se začne rozkládat, vzniká voda a na povrchu elektrod se tvoří síran olovnatý. S postupným vybíjením se snižuje svorkové napětí akumulátoru až na 10,5 V, kdy hustota elektrolytu dosahuje 0,95 g/cm³. Tehdy považujeme akumulátor za zcela vybitý. Vybíjení k hladině

10,5V nebo méně považujeme za tzv. hluboké. Hluboké vybíjení akumulátor poškozuje – zkracuje jeho životnost, vede k rychlé sulfataci, vzrůstu vnitřního odporu a vyčerpání elektrolytu a to až do selhání akumulátoru.

Poznání výše popsaných zákonitostí nám slouží k řízení procesu nabíjení akumulátoru. Něž se pustíme do problematiky nabíjení, připomínám, že nabíjecí proud nezávisí na počtu článků a tedy napětí akumulátoru, ale jeho kapacitě. To znamená, že akumulátorovou baterii o dané kapacitě nabíjíme stejným proudem, bez ohledu na to, zda se jedná o baterii 6V (3 články) nebo 24V (12 článků). Rozeznáváme 3 základní nabíjecí charakteristiky.

Charakteristika U – nabíjení konstantním napětím, jehož hodnota se nastavuje na „plynovací napětí“ akumulátoru, tedy na cca 14,4 až 14,8V. Po připojení nabíječky tohoto typu zahájíme nabíjení značně velkým proudem (jeho velikost bude závislá na hloubce vybití akumulátoru), který se konstrukčně zpravidla omezuje na max. 0,5 až asi 1 x násobek jmenovité kapacity akumulátoru. Počátečné nabíjecí proudy (jsou-li omezeny jak jsem uvedl výše) tak mohou dosáhnout, například u akumulátoru 12 Ah, 6 až 12A. Jak se napětí akumulátoru při nabíjení zvyšuje, klesá dobíjecí proud. Konečný nabíjecí proud dosahuje asi 0,002 násobku jmenovité kapacity akumulátoru, v našem případě tedy cca nepatrných 24 mA. Vybitý akumulátor takto plně nabijeme za 10 až 15 hodin, však už za 1 až 2 hodiny je akumulátor nabit na 80% konečné kapacity. Doporučenou nutností je už v počáteční fázi nabíjení hlídat teplotu elektrolytu, neboť díky velkým protékajícím proudům dochází k značnému vývinu tepla, které může být podpořeno závadami na mřížkách staršího akumulátoru (mezimřížkové zkraty). Doporučuje se nepřekročit 40 °C. Výhodou nabíjení dle této charakteristiky je rychlost nabíjení a určitá volnost ke konci nabíjení, neboť tehdy teče akumulátorem již jen nepatrný proud (jen pozor na hladinu elektrolytu) a můžeme si dovolit i několika hodinové přebíjení.

Charakteristika I – dobíjení konstantním proudem, jehož hodnota se nastavuje zpravidla na 0,08 až 0,1 násobek jmenovité kapacity akumulátoru. To je opět v našem modelovaném případě akumulátoru s kapacitou 12Ah dobíjecí proud 0,9 až 1,2 A. Vybitý akumulátor takto plně nabijeme za asi 10 až 14 hodin, přičemž zde neexistuje „efekt“ rychlého nabití. U nabíječky s konstantním napětím jsme už za 2 hodiny měli akumulátor nabit z 80%, u nabíječky s konstantním proudem však stejný akumulátor nabijeme za 2 hodiny nejvýše z 20%. Výhodou je snadný výpočet dodaného náboje. Stačí znát dobíjecí proud a čas, po který nabíjíme. Nevýhodou je fakt, že konečný dobíjecí proud je stejně veliký, jako iniciační. Hrozí tedy značné přebíjení a

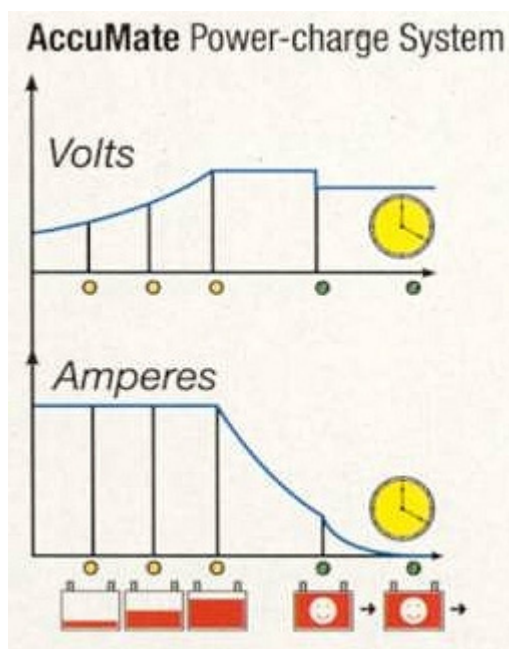
rychlé „vyvaření“ akumulátoru, pokud není nabíječka vybavena automatikou hlídající stav plného nabití, či alespoň časovým spínačem. Ještě budiž řečeno, že dokonalejší nabíječky konstantním proudem pracují s dvojí hodnotou proudu. Větším na počátku nabíjení a menším ke konci.

Charakteristika W - dobíjení se zvyšujícím se napětím a klesajícím proudem. V průběhu nabíjení se zvyšuje hodnota napětí nabíječe. Však díky zvyšování svorkového napětí akumulátoru klesá nabíjecí proud, ne však tak strmě, jako u nabíjení konstantním napětím. Nabíječe s touto charakteristikou proto nabíjejí rychle, neboť pracují s poměrně velkými proudy v průběhu celého nabíjecího procesu.

Výše popsané nabíjecí charakteristiky jsou ty zcela základní. U řady nabíječek akumulátorů pak najdeme i jiné typy nabíjecích charakteristik, ale při bližším zkoumání zjistíme, že se nakonec vždy jedná o kombinaci výše popsaných. Obvykle se začíná například nabíjet konstantním proudem a po dosažení „plynovacího napětí“ přechází nabíječka na nabíjení konstantním napětím. Tato nabíjecí charakteristika je označována jako „IU“.

Výhodné je rovněž nabíjení „pulzním“ nebo „tepajícím“ napětím - zpravidla jednoduše usměrněným a nevyhlazeným (nevyfiltrovaným) proudem, kdy po intervalu nabíjení v kladné půlce dochází v záporné k částečnému vybíjení proudem o velikosti 1/10 proudu nabíjecího.

Vybíjecí proud má přitom jisté depolarizační účinky (průchodem proudu dochází vlivem elektrolýzy ke změnám na povrchu elektrod, vznikají elektrické dvojvrstvy na rozhraní elektrod a elektrolytu, jejichž elektromotorické polarizační napětí má přitom opačnou orientaci - působí



Obr. 23 – Nabíjecí charakteristika nabíječky AccuMate staršího typu. Nabíjí se konstantním proudem až k dosažení „plynovacího“ napětí, pak se přechází na nabíjení konstantním napětím. Po dosažení napětí odpovídajícího plnému nabití akumulátoru, se dobíjecí napětí skokem snižuje a přechází se do režimu udržovacího, zde konstantním napětím.

proti napětí vnějšího zdroje nabíjecího proudu) a zvyšuje tak nepatrně účinnost nabíjení. Toto dobíjení poměrně příznivě působí na již poněkud zanedbaný (sulfatovaný) akumulátor, a někdy se nám jej tak může podařit opět „vzkřísit“ k životu, tedy za předpokladu, že takový akumulátor nemá vyčerpány a znehodnoceny aktivní hmoty na deskách – mřížkách. Nabíjení „tepajícím“ napětím lze, jak už jsem naznačil, v principu realizovat poměrně jednoduše transformátorem s jednocestným usměrňovačem a nějakou odporovou zátěží (stačí vhodně dimenzovaná žárovka) zapojenou paralelně k výstupním svorkám nabíječe, nebo samozřejmě sofistikovanější „inteligentní“ nabíječkou schopnou pracovat v pulzním režimu. V jednom časovém úseku nabíjí daným proudem, v dalším vybíjí zlomkem proudu nabíjecího a tak stále dokola až do znaků plného nabití akumulátoru.

Poznámka: některé režimy pulzního nabíjení zařazují do své charakteristiky pravidelný krátký nabíjecí pulz opačné polarity o velikosti cca 10% proudu nabíjecího. Argumentuje se depolarizačním účinkem a tedy příznivým vlivem na desulfataci. Budiž však řečeno, že tento ne zcela obvyklý režim nabíjení má jak své zastánce tak i odpůrce, stejně jako pulzní nabíjení obecně. Někteří autoři příspěvek depolarizace pro vyšší účinnost nabíjení a možné prodloužení životnosti akumulátoru, dokonce zpochybňují.

Vzpomínám, jak jsem v kuchyni z umakartu vyrobil kostru na trafo, slepil epoxidem a pak smaltovaným drátem navíjel jednotlivá vinutí transformátoru pro nabíječku akumulátoru naší Škody 1000MB, vrstvy drátu natíral resistinem ML a prokládal transformátorovým papírem. Myslím, že dnes si asi nabíječku bude stavět málo kdo. Vždyť na trhu je k dispozici celá řada nabíječek od jednoduchých až po modely řízené mikroprocesory, mající i určitou „inteligenci“. Aby pro nás taková nabíječka nebyla jen „černou skříňkou“, tak se ještě podívejme, jak takový „chytrý“ přístroj pracuje. Především, že schopnosti a nabíjecí schéma konkrétní nabíječky se může lišit, ale v zásadě se bude jednat vždy o podobné řešení.



Obr. 22 – teplotně kompenzovaný nabíječ trakčních akumulátorů

Naše modelová nabíječka pracuje ve 3 fázích nabíjení tak, že v první fázi nabíjí konstantním proudem ve dvou hladinách. Po zapojení

akumulátoru se provede opatrné nabíjení vybitého akumulátoru malým konstantním proudem o úrovni jen desítek miliampér a při dosažení určitého prahového napětí (tím se ověří, že akumulátor je funkční) se přepne na nabíjení konstantním proudem rovnajícím se 1/10 kapacity akumulátoru. Po dosažení cca „plynovacího“ napětí se přepne nabíječka do fáze druhé, kde nabíjí konstantním napětím až do určité hladiny nabíjecího proudu (který se, v souladu se stavem nabití akumulátoru, postupně snižuje). Pak nastupuje fáze třetí, poslední, nabíječka sníží své napětí a dobíjí už jen malým udržovacím proudem, rovnajícím se samovolnému vybíjení. A i když se jedná o inteligentní stroj, vlastně se stále jedná jen o prostou kombinaci nám již dobře známých U a I nabíjecích charakteristik. Správná péče o akumulátor (zamezení hlubokého vybíjení, správně fungující dobíjení ve vozidle, pravidelné dobíjení při delší odstavce) je mnohem důležitější, než druh použité nabíječky, ovšem za předpokladu, že nabíječka pracuje správně.

Poznámka: možná Vás napadlo, jak je to u bezúdržbových akumulátorů. Když jsou na konci nabíjení, „vaří“ a přitom jsou mnohdy hermeticky uzavřené. Jak je to s vývinem plynů? Nehrozí exploze? Pozorný čtenář už odpověď na tuto otázku zná. Pro ostatní - při běžném provozu a nabíjení nehrozí. Bezúdržbové akumulátory mají totiž speciální konstrukci, která řeší rekombinaci plynů vznikající při nabíjení. Akumulátory jsou navíc vybaveny bezpečnostními přetlakovými ventily (např. u koncepce VRLA). Bezúdržbové akumulátory gelové nebo AGM se navíc nabíjejí tak, aby dobíjecí napětí nepřestoupilo napětí plynovací.

Pokud nabíječku akumulátorů nevlastníte a máte zájem si nějakou pořídit, pak doporučuji raději sáhnout po značkových výrobcích, či si alespoň ověřit zkušenost s danou značkou u kamarádů a známých. Jednoduché nabíječky stojí pár stokorun a akumulátor nám nabíjí zcela spolehlivě, jen jedno neumí, ohlídat akumulátor a reagovat na jeho nabití. To musíme sami. Pokud však chceme jistotu, že o akumulátor bude pečováno jak se patří, aniž by vyžadoval nějaký mimořádný dohled, sáhněte po nabíječce s určitým stupněm „intelligence“. Jejich cena se však zpravidla pohybuje v řádu tisíců korun. Ale i v případě užití nabíječky řízené mikroprocesorem doporučuji vždy kontrolovat teplotu akumulátoru v průběhu nabíjení, nejlépe vhodnou teplotní sondou, nebo alespoň „lepícím“ jednorázovým teploměrem, či v nejhorším případě „ručně“ – akumulátor by měl být pocitově neutrální, nejvýše příjemně vlažný, ne horký (teplota elektrolytu by neměla přestoupit 40°C). Pozor na teplotu okolí a hlavně, nenabíjet na přímém slunci. Uvádím to proto, že starší akumulátor před koncem životnosti může vykazovat závady, které povedou k značnému ohřevu při nabíjení se všemi riziky z toho

plynouchými. A stejně tak nesmíme zapomenout, že i nabíječka může selhat a to tím více, čím složitější elektroniku obsahuje.

Poznámka - pokud vlastníte nabíječku, je dobré čas od času zkontrolovat její funkčnost, (prověřit nabíjecí napětí, proudy a jejich hladiny, dle daného režimu nabíjení). Zejména, pokud se jedná o nabíječku pro gelové či AGM akumulátory, kde případné přebíjení znamená zkrácení jejich životnosti nebo dokonce nevratné poškození akumulátoru. Jestliže Vaše nabíječka není schopna oživit vybitý akumulátor, nejedná-li se však o hluboce vybitou baterii pod povolenou mez, je taková nabíječka buď ošizená na parametrech a schopnostech, byť se honosí kdo ví jakou elektronikou, nebo se jedná o technickou závadu či její chybné nastavení.

Pokyny pro nabíjení

Nabíjení akumulátorů není žádná věda. Pokud víme jak na to, máme alespoň základní ponětí o jejich funkci a rovněž schopnostech nabíječky, kterou vlastníme. Znalost vlastností námi používaného akumulátoru nám umožní odhadnout jeho stav.

Varování – jakákoliv manipulace s akumulátorem – jeho elektrolytem, vyžaduje zachování základních bezpečnostních postupů. Pracujeme alespoň v gumových rukavicích, ochranných brýlích nebo lépe s obličejovým štítem, gumovými rukavicemi a gumovou zástěrou. Vhodnou obuv považují za samozřejmost. Zvědavé nahlížení do otevřených dolévacích otvorů během nabíjení, byť si myslíme, že z bezpečné vzdálenosti, může být pohledem posledním. Poleptání roztokem kyseliny sírové není nic příjemného a nestojí za tu trochu hazardérství. A ještě jedno upozornění. Při nabíjení akumulátorů nepracujeme s otevřeným ohněm, piezoelektrickými zapalovači, nekouříme, eliminujeme zařízení nebo práce, kde hrozí riziko vzniku jisker. Místnost, ve které akumulátor nabíjíme, by měla být dostatečně větrána. Při nabíjení totiž uniká z akumulátoru mimo jiné plyný vodík, který se vzduchem (kyslíkem) tvoří vysoce třaskavou směs.

Po ukončení nabíjení napřed vypneme od sítě nabíječku a teprve pak odpojujeme kontakty akumulátoru.

Z internetu: „Zdravím všechny motoristy. Nedávno jsem nabíjel zánovni celoplastovou autobaterii Varta 6V 75Ah a jako vždy jsem nedodržel zásadu – nejdříve odpojit nabíječku ze sítě a teprve potom od nabíjené baterie.

Doposud se mi nikdy nic nepříhodovalo, ale tentokrát tomu bylo jinak. Baterie už řádně plynovala a tak došlo k výbuchu aku pod mýma rukama. Ihned jsem si opláchl elektrolyt z rukou a obličej a druhý den jsem už dokonce normálně slyšel na levé ucho...“

Akumulátor se zaplavenými elektrodami – je lhostejno zda údržbový či bezúdržbový. Vzhledem k tomu, že akumulátory je snadné odvětrat, můžeme nabíjet i za „plynovací napětí“. Pokud se jedná o akumulátor se zaplavenými elektrodami, vyšroubujeme zátky a zkontrolujeme hladinu elektrolytu (v případě bezúdržbového, pokud to akumulátor umožňuje – nikdy se do akumulátoru nedobývejte násilím), případně dolijeme destilovanou vodu. Připojíme nabíječku – pozor na polaritu! Raději zkontrolujeme 2 x než bychom ji zapojili obráceně. Zapneme nabíječku. Proces nabíjení průběžně kontrolujeme – zejména teplotu baterie a hladinu elektrolytu, vývin plynů. Teplota baterie – elektrolytu, by neměla přestoupit 40 °C (případně teplotu povolenou výrobcem). Čím méně, tím lépe. Pokud bude teplota vyšší, jsou dvě možnosti – může to signalizovat již špatnou kondici akumulátoru (sulfatace, zkratky mezi mřížkami), nebo příliš vysoký dobíjecí proud. V obou případech nabíjení na cca 10 minut přerušíme, snížíme dobíjecí proud a pokusíme se tak dostat teplotu do předepsaných mezí.

Budeme-li měřit svorková napětí v průběhu nabíjení, je akumulátor prakticky nabit při dosažení plynovacího napětí, tj. 14,4 – 14,7V, nabíjení pak ukončíme po dosažení 16,2 – 16,8V, kdy byl zcela ukončen proces desulfatace. Pokračování v nabíjení by bylo zbytečné - dobíjecí proud by se již jen mařil k bouřlivému rozkladu vody na vodík a kyslík. Výhodou nabíjení akumulátorů se zaplavenými elektrodami je menší citlivost na přebíjení. Akumulátor bude „jen“ více plynovat, desítky minut nehrají podstatnou roli. Nemusíme u něho sedět jako u mimina. Rovněž nabíječka stačí poměrně jednoduchá.

Budeme-li dobíjet konstantním proudem, můžeme si poměrně přesně spočítat potřebnou dobu nabíjení. Ke konci nabíjení už ale musíme být ve střehu a proces nabíjení hlídat, aby se nám akumulátor „nevyvařil“, neboť i když už je prakticky nabit, stále jím protékají značné nabíjecí proudy.

Pokud budeme nabíjet konstantním napětím, doporučuji jen ampérmetrem zkontrolovat okamžitý počáteční dobíjecí proud – neměl by překročit 0,5 jmenovité kapacity, maximum je hodnota odpovídající hodnotě jmenovité kapacity (tedy pro 12Ah akumulátor by to mělo být nejvýše 6 až 12 A; přesné hodnoty max. nabíjecího proudu deklaruje výrobce). V průběhu nabíjení bude hodnota nabíjecího proudu rychle klesat. Ke konci už do

akumulátoru poteče jen velice malý proud a proto nemusíme akumulátor tolik hlídat jako při nabíjení konstantním proudem. Pokud budeme nabíjet s charakteristikou „W“, pak zahajujte nabíjení 0,1 násobkem jmenovité kapacity, ke konci to je podobné jako u „napětového“ nabíjení, nemusíme baterii tak úzkostlivě hlídat, závěrečný nabíjecí proud bude rovněž malý.

Kdo však vlastní nabíječku s jakousi inteligencí, má to nejjednodušší. Proces nabíjení za něho do značné míry ohlídá elektronika. Z nabíjení akumulátorů můžeme udělat velkou vědu, ale nakonec „vědecký“ přístup a nabíječka prošpikovaná mikroprocesory, nebo „samo domo nabíjedlo“ z pár součástek za pár korun, dají v konečném důsledku hodně podobnou službu. Tím spíše, že moderní akumulátory, pokud máme v pořádku nabíjecí soustavu, nám k dobíjení zas až tak mnoho šancí nedají. Samozřejmě, jak bude akumulátor stárnout, bude se zejména při zimní odstávce hlásit o „nakrmení“ čím dál častěji. Níže uvádím svorková napětí 12V odpojeného akumulátoru naprázdno (nesmí být na svorky připojen žádný spotřebič) a přibližný stav nabití:

12,6V až 12,8V = 100%

12,4V až 12,5V = 75%

12,1V až 12,2V = 50%

11,9V až 12,0V = 25%

11,8V = vybitý

Při dosažení 12,6V je akumulátor v zásadě 100% nabit, ale nebyl zcela ukončen proces desulfatace, chtělo to ještě chvilku nabíjet. Měření provádíme po více než 2 hodinách od posledního nabíjení nebo jízdy vozidla, nebo raději ještě později (klidně druhý den). Pokud bychom měřili dříve, můžeme naměřit falešně vyšší hodnoty. Přesné pokyny a hodnoty pro nabíjení/vybíjení, případně nabíjecí/vybíjecí křivky, nalezneme v technické dokumentaci akumulátoru, příbalovém letáku, nebo by vám je měl být schopen poskytnout na vyžádání prodejce baterie.

K čemu tyto přibližné údaje napětí slouží? Jednak k orientační kontrole stavu akumulátoru, funkci dobíjecí soustavy (po dlouhé jízdě by funkční akumulátor rozhodně neměl mít na svorkách napětí například jen 12V, pokud ano, je někde chyba – dobíjí nám to vůbec?) a jednak k odhadu, co musíme do akumulátoru „dostat“ v případě, že jej budeme chtít nabíjet mimo vozidlo. Můžeme také odhadnout dobu potřebnou pro nabíjení. To je poměrně snadné v případě dobíjení konstantním proudem. Například 12 Ah akumulátor má

svorokové napětí 12,5V, tj. do plného nabití mu chybí asi polovina jmenovité kapacity. Budeme-li nabíjet konstantním proudem o velikosti například 0,1 jmenovité kapacity akumulátoru, tj. $0,1 \times 12 = 1,2$ A, vypočítáme dobu nabíjení podělením počtu „chybějících ampérhodin“ dobíjecím proudem, tedy v našem případě $6/1,2 = 5$ hodin (číslo 6 představuje již vyčerpanou kapacitu akumulátoru - byl z poloviny vybit). Doba nutná k plnému nabití akumulátoru je tedy cca 5 hodin. Pozor - je to jen hrubý odhad, neboť nevíme zcela přesně, jak hluboko je akumulátor skutečně vybit, v jaké je kondici a nezapomínejme, že i nabíjení má svoji účinnost. Při nabíjení konstantním napětím se doba nabíjení určuje poměrně obtížně, však v rámci určitého zjednodušení můžeme uvažovat, že celková doba potřebná pro nabíjení konstantním napětím s omezením iniciačního proudu bude asi 1,0 - 1,5 x delší než při nabíjení konstantním proudem o velikosti 0,1 kapacity.

Gelový VRLA akumulátor – zde je proces nabíjení více kritický, neboť se jedná o hermeticky zapouzdřený akumulátor s vnitřním rekombinačním cyklem a tak jej nelze nechat jen tak svému osudu či ho dokonce nabíjet jako klasické akumulátory se zaplavenými elektrodami. Na druhou stranu způsob nabíjení gelových akumulátorů není nic tajemného, ani komplikovaného, pokud dodržíme základní podmínku, že akumulátor nesmíme nabíjet napětím převyšujícím hodnotu napětí plynovacího a dále, po nabití akumulátoru nabíjení ihned ukončíme, tedy pokud nepřecházíme na nabíjení udržovací, sníženým napětím. Přebíjení gelových akumulátorů zkracuje jejich životnost, v některých případech může skončit i výbuchem.

U gelových akumulátorů je tedy absolutním pravidlem, že napětí na svorkách nabíječky nesmí překročit cca 14,4V (po krátkou dobu, z počátku nabíjení, lze připustit i vyšší napětí k oživení vybité baterie). V opačném případě dochází ke zkrácení životnosti akumulátoru. Už dobíjecí napětí vyšší o 0,5V (tj. napětí 14,6 – 14,9V) např. špatně nastavenou nabíjecí soustavou v motocyklu, zkracuje životnost akumulátoru o třetinu, napětí vyšší o 0,7V pak o více než 60%. Jinými slovy, stačí jen trochu „rozhašené“ nabíjení ve vozidle a místo 5 let nám bude akumulátor sloužit nejvýše jednu či dvě sezóny, nebo také jen několik týdnů. Abychom zajistili bezpečnost nabíjení, využívá se při nabíjení gelových akumulátorů tzv. „IU“ nabíjecí charakteristika. To znamená, že nabíjení zahajujeme konstantním proudem (I) o velikosti 0,1 jmenovité kapacity (pro 12Ah akumulátor 1,2A), po dosažení 14,1 až 14,4V přepínáme na nabíjení konstantním napětím (U) o velikosti 14,1 až 14,4V. Vzhledem k tomu, že okamžik dosažení plynovacího

napětí je kritický, je vhodné používat nabíječku s jistou inteligencí, která sama včas přepne na dobíjení konstantním napětím a ohlídá, že toto napětí nepřekročí 14,4V. Díky nabíjení konstantním napětím, teče do akumulátoru v konečné fázi jen malý proud. Následovat může i fáze udržovací, kdy se dobíjí konstantním napětím sníženým na cca 13,6 - 13,8V. Pokud nemáme „inteligentní“ nabíječku, nabíjíme raději v režimu konstantního napětí o velikosti do 14,4V. I u gelového akumulátoru kontrolujeme teplotu v průběhu nabíjení, stejně jako u akumulátoru se zaplavenými elektrodami.

Pokud se nám podaří gelový akumulátor dostat do stavu hlubokého vybití, jedním z nabíjecích předpisů je nabíjet jej konstantním proudem o velikosti 0,1 jmenovité kapacity do dosažení napětí 14,1 až 14,4V, pak pokračujeme konstantním napětím rovnající se napětí plynovacímu, po dobu nejméně 12 hodin. Níže uvádím svorková napětí 12V odpojeného gelového akumulátoru naprázdno (nesmí být na svorky připojen žádný spotřebič) a přibližný stav nabití:

12,8V = 100%

12,5V až 12,6V = 75%

12,2V až 12,3V = 50%

12,0V až 12,1V = 25%

11,8 = vybitý



Obr. 24 – Cyclon., AGM akumulátor vyráběný od roku 1973

Měření u gelového akumulátoru provádíme nejlépe za 24 hodin od posledního nabíjení (třeba i jízdy motocyklu). Pokud bychom měřili dříve, můžeme naměřit falešně vyšší hodnoty.

VRLA akumulátor s vázaným elektrolytem AGM - zde je proces nabíjení prakticky shodný s gelovými akumulátory. Opět se jedná o hermeticky zapouzdřené akumulátory s vnitřním rekombinačním cyklem se všemi důsledky z toho plynoucími, včetně rizika destrukce při přebíjení. U AGM akumulátorů je absolutním pravidlem, že dobíjecí napětí nesmí překročit 14,6V (tedy zde se připouští o něco vyšší napětí než u akumulátorů gelových, někteří výrobci připouštějí až 14,8V). Pokud bychom napětí 14,6V překročili (po krátkou dobu, z počátku nabíjení, lze připustit i vyšší napětí k oživení vybité baterie), zkracujeme jeho životnost. Abychom zajistili bezpečnost nabíjení, využívá se rovněž při nabíjení AGM akumulátorů tzv. „IU“ nabíjecí charakteristika. To znamená, že nabíjení zahajujeme konstantním proudem (I) o velikosti 0,1 jmenovité kapacity (pro 12Ah akumulátor 1,2A), po

dosažení 14,4 až 14,6V přepínáme na nabíjení konstantním napětím (U) o velikosti 14,4 až 14,6V. Opět je výhodné používat nabíječku s jistou inteligencí, která sama včas přepne na dobíjení konstantním napětím a ohlídá, že toto napětí nepřekročí 14,6V. Díky nabíjení konstantním napětím, teče do akumulátoru, v konečné fázi, jen malý proud. Následovat může i fáze udržovací, kdy se dobíjí konstantním napětím sníženým na cca 13,6 - 13,8V. Pokud nemáme „inteligentní“ nabíječku, nabíjíme raději v režimu konstantního napětí o velikosti do 14,6V. O teplotě akumulátoru při nabíjení platí stejná pravidla jako pro akumulátory jiného typu. Níže uvádím svorková napětí 12V odpojeného AGM akumulátoru naprázdno (nesmí být na svorky připojen žádný spotřebič) a přibližný stav nabití:

12,8V = 100%

12,5V až 12,6V = 75%

12,2V až 12,3V = 50%

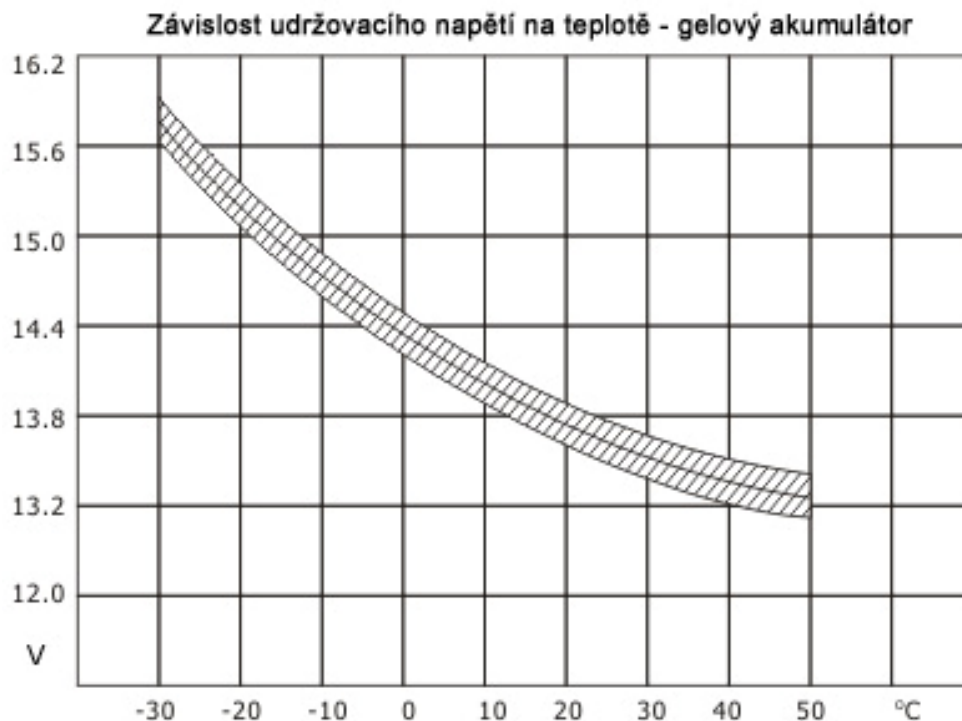
12,0V až 12,1V = 25%

11,8V = vybitý

Měření u AGM akumulátoru provádíme nejlépe za 24 hodin od posledního nabíjení. Pokud se nám podaří AGM akumulátor dostat do stavu hlubokého vybití (někteří výrobci takto označují pokles napětí AGM akumulátoru už pod 11,5V – například Yuasa), nemusíme být schopni tento stav řešit. Je to dáno tím, že akumulátor vykazuje příliš velký vnitřní odpor. Řešením je pokusit se nabíjet vysokým konstantním napětím (však nejvýše 25V) po dobu cca 5 minut tak, aby se nám podařilo zvýšit proud protékající akumulátorem. Pokud se to podaří, máme pravděpodobně vyhráno a můžeme pokračovat v nabíjení dále, ale už v klasickém nabíjecím režimu a to až do znaků úplného nabití (může to trvat delší čas, klidně 20 hodin). Pokud však i při nastavení nejvyššího přípustného napětí protéká akumulátorem stále jen zanedbatelný proud, který se nezvyšuje, nepokračujeme v dalším oživování. Baterie je značně sulfatovaná, zničená.

Důležité poznámky k nabíjení

Univerzálně akceptovanou hodnotou dobíjecího napětí je 14,4V - vyhovuje více méně prakticky všem typům olovených akumulátorů. Vaše nabíječka by měla poskytovat, s poměrně velkou přesností, právě toto napětí.



Obr. 25—teplotní závislost udržovacího napětí pro gelový akumulátor

Teplotní kompenzace - dosahovaná napětí na svorkách akumulátoru jsou deklarována obvykle pro 25 °C. Pokud bychom chtěli být precizní, je vhodné přepočítat napětí určitým kompenzačním koeficientem, přičemž čím nižší teplota, tím vyšší napětí a naopak. Přibližně lze uvažovat, že na každých 10 °C teplotní odchylky (teplota akumulátoru – elektrolytu), upravíme dobíjecí napětí přibližně o cca 0,3 V (tedy asi 0,03V/1 °C - platí v případě 12 V akumulátoru - 6 článků). Pokud pracujeme za nižší teploty, upravíme napětí směrem nahoru, pokud za vyšší, upravíme napětí směrem dolů. Proč o tom mluvíme? Modelujme sice ne zcela obvyklou situaci, ale když si vzpomenu na Bukvice 2007, tak ne zase až tak vyloučenou :-). Máme akumulátor s gelovým elektrolytem, alternátor motocyklu nám dává jen 14,0 V a vyrazíme na zimní tour. Venkovní teplota je okolo nuly, akumulátor bude prochladlý a na plné nabití potřebuje napětí, dle pravidla uvedeného výše, cca $14,4 + 2,5 \times 0,3 = \text{cca } 15,15 \text{ V}$. Jenže naše palubní síť nám poskytuje jen 14,0 V, tedy akumulátor není odpovídajícím způsobem (plně) dobíjen. Přidejte k tomu studené starty, ztrátu kapacity podchlazením akumulátoru a můžeme mít brzy problém.

Udržovací nabíjení (udržovací proud) – je způsob udržovacího dobíjení. „Udržování“ akumulátoru v plně nabitém stavu nízkým proudem řádu

miliampér nebo několika málo desítek mA (záleží na typu a velikosti akumulátoru) například během zimní odstávky. Tento udržovací režim představuje často nabíjení konstantním napětím o snížené hodnotě okolo 13,6V (13,4 – 13,8V, přičemž i hodnota udržovacího napětí je teplotně závislá - viz obr. 25), případně dobíjíme (udržujeme) konstantním proudem o hodnotě okolo 0,0005 až 0,001 jmenovité kapacity akumulátoru (pro 12Ah akumulátor to je 6 až 12 mA), pro akumulátory s malým vnitřním vybíjením (gelové, AGM) volíme proudy cca poloviční. Někdy se pojmem „udržovací režim“ rozumí automatické dobíjení obvyklým nebo sníženým (nikoliv však udržovacím) proudem do znaků plného nabití při poklesu svorkového napětí akumulátoru pod určitou hodnotu. Udržovací režim bývá mnohdy součástí nabíjecího režimu s tzv. IU_1U_2 průběhem, kde U_2 je právě fáze udržovací. IU_1U_2 režim bývá často implementován do mikroprocesorem řízených nabíječek pro AGM a gelové akumulátory.



Obr. 26 – mikroprocesorem řízená nabíječka Conrad pro akumulátory 4,5 až 135 Ah.

Pokud plánujete delší odstávku, můžete také místo konzervace akumulátoru udržovacím nabíjením, akumulátor čas od času vybit (třeba připojenou žárovkou) a znovu nabít v obvyklém nabíjecím režimu. Tento proces opakujte po celou dobu odstávky akumulátoru. Doporučuji provádět v intervalu asi 1 x za 1 až 3 měsíce dle typu a kondice baterie (u akumulátorů se zaplavenými elektrodami volíme kratší interval, u AGM, gelových můžeme volit delší), ovšem za předpokladu, že akumulátor je zcela odpojen.

Rychlé nabíjení (rychlónabíjení) – jedná se o nabíjení velkým proudem po krátkou dobu (cca 1 – 2 hodiny), zpravidla o velikosti 0,5 násobku jmenovité kapacity akumulátoru, v některých případech pak až proudem rovnajícím se jmenovité kapacitě. Přípustnou velikost proudu definuje pro daný akumulátor výrobce. Například pro AGM akumulátor Yuasa typ YTX20L-BS výrobce připouští nabíjení proudem 9A (0,5 násobek jmenovité kapacity akumulátoru) po dobu 1 hodiny. Při rychlónabíjení musíme kontrolovat napětí dosažené na svorkách akumulátoru a teplotu elektrolytu (hrozí značné přebíjení během krátké doby). Doporučuji však toto „rychlónabíjení“

využívat jen v nejnútnejších případech, kdy z nějakého zásadního důvodu nemůžeme využít běžný dobíjecí režim. Velké nabíjecí proudy totiž spíše snižují životnost akumulátoru.

Odpojování akumulátoru – jak jsme již uvedli dříve, dodržujeme jednoduchou zásadu. Napřed odpojíme (vypneme) nabíječku od sítě, teprve potom odpojíme nabíječku od akumulátoru. Chceme-li akumulátor vyjmout z vozidla, napřed odpojíme „kostru“, zpravidla (dle typu vozidla) záporný (-) pól a teprve potom kladný (+) pól. Vyhneme se tak riziku možného zkratu při odpojování svorek baterie. Při zapojování pak postupujeme obráceně. Napřed zapojíme kladný pól a pak teprve záporný.

Nabíječky - na trhu je celá řada různých typů a modelů. Obecně - většinou z nich akumulátor spolehlivě nabijete. Kvalita nabíječky se projeví spíše v střednědobém až dlouhodobém horizontu a to životností akumulátoru. Stejný typ akumulátoru může poskytovat služby po dobu 5 let, nebo také jen 2 roky. Ano, klíčovým bodem pro život akumulátoru je správná funkce dobíjecí



Obr. 27 – přířezy ze skelného rouna pro výrobu separátorů AGM akumulátorů

soustavy vozidla, která se o něho stará s každou vyjížděnou, s každým ujetým kilometrem. Však i nabíječka by měla pracovat tak, aby nám pomohla spíše životnost akumulátoru prodloužit a nikoliv jej zkrátit. Není bezpodmínečně nutné mít přístroj kdo ví jakých vlastností, prošípovaný mikroprocesory a nabízející kdo ví kolika úrovně nabíjení. Stačí i obyčejná nabíječka a přesný voltmetr. A pokud dodržíme několik zásad - nepřebíjíme, hlídáme teplotu akumulátoru, kontrolujeme svorkové napětí, nemusíme se ničeho obávat. Pro laické dobíjení AGM a gelových

akumulátorů pak doporučuji některou z „inteligentních“ nabíječek, které nám pomohou zbytečně akumulátor netýrat, ale dodat mu potřebný náboj, aby byl zase fit a plně k dispozici. Kdo je technicky nadán, může využít k dobíjení i stabilizovaný zdroj napětí s regulací. Samozřejmě, nějaká ta chytrá nabíječka nás zbaví starostí a dobíjení s takovým strojem je pak velice komfortní. A snad ještě vzpomenu, že velké dobíjecí stanice mívají i teplotní kompenzaci,

tedy řízení nabíjení s ohledem na teplotu elektrolytu, případně okolí.

Nedá mi však, abych nevaroval před podezřele lacinými nabíječkami, byť se honosí kdo ví jakými funkcemi. Jejich funkčnost může být problematická, stejně jako pochybné udržovací nabíječky neznámých výrobců. Například na internetu můžete koupit udržovací „no-name“ nabíječku, o které prodejce udává, že poskytuje napětí 13,5V \pm 10%, maximální dobíjecí proud je 500 mA a je vhodná k většině typů akumulátorů do vozidel, pro udržení akumulátoru v plně nabitém stavu. Tohle „dobíjedlo“ prostě může mít na výstupních svorkách 12,15 až 14,85V - pozor, to není žádný regulační rozsah



Obr. 28 – mikroprocesorem řízená nabíječka akumulátorů Fiamm

nabíječe, ale prostá garantovaná přesnost deklarovaného výstupního napětí. Za 600,- Kč si tak kupujeme spíše vstupenku k nemilým překvapením. Představte si, že máte smůlu, a nabíječ dává zrovna oněch mezních 14,85 V. Jak asi takové „udržování“ prospěje vaší gelové baterii? A co udržování napětím 12,15 V (druhý extrém)? Diskutovali jsme zde i teplotní závislost udržovacího dobíjení, řešíme milivolty a najednou tohle. Ne, děkuji, takový nabíječ nechci ani za pětikorunu.

Postup uvedení do provozu nového akumulátoru

Akumulátor již můžeme koupit naplněný, nabitý a připravený k použití. Buďte však obezřetní, neboť stav akumulátoru bude závislý na péči, jakou akumulátoru věnoval daný prodejce. Zkontrolujte si také stáří akumulátoru, je-li to možné (šarže), aby se nejednalo o baterii, která ležela někde dlouho zapomenuta. Doporučuji prověřit stav nabití a akumulátor před instalací do

vozidla dobít. Pokud si koupíte nenaplněný akumulátor, pokusím se níže popsat orientační postup jeho aktivace. Přesný návod dostaneme spolu s akumulátorem. Pozor na bezpečnost! Elektrolyt v akumulátoru je roztok kyseliny sírové (žíravina – hrozí poleptání), při nabíjení se uvolňuje kyslík a vodík (hrozí nebezpečí výbuchu i od nepatrné jiskry). Nabíjejme v dostatečně odvětrávaném prostoru a pozor na zvědavé děti ponechané bez dozoru!

Akumulátor se zaplavenými elektrodami – uložíme akumulátor na rovnou podložku (nesmí být nijak nakloněn), vyšroubujeme zátky a opatrně akumulátor naplníme elektrolytem do předepsané hladiny. Vždy to je tak, aby byly jednotlivé články zaplaveny. Elektrolyt již dostaneme namíchaný o předepsané hustotě. Aktivaci akumulátoru provádějme, pokud je teplota prostředí okolo 25°C (neděláme laboratorní práci, tak se držíme rozpětí 20°C až 30 °C). Opatrně doléváme elektrolyt do jednotlivých článků. Akumulátorem lehce zatřepeme, abychom dostali všechny vzduchové bubliny z prostoru článků a aby se elektrolyt dostal všude kam má. Pozor při této operaci – hrozí vystříknutí kyseliny! Nejedná se o žádné divoké protřepávání jako když mícháme v šejkru ingredience pro nějaký long drink, ale o jemné zatřepání, spíše poklepání na akumulátor. Pokud je potřeba, opět doplníme elektrolyt na předepsanou hladinu. Pak necháme akumulátor v klidu stát po dobu cca 30 minut. Následně jej připojíme k nabíječce a provedeme jeho plné nabití. V průběhu nabíjení zkontrolujeme hladinu elektrolytu. Po ukončení nabíjení necháme akumulátor krátce odvětrat, otřeme případný kondenzát v okolí dolévacích otvorů a akumulátor důkladně vysušíme. Našroubujeme zpět zátky a můžeme jej umístit do vozidla. Poznámka – pokud v průběhu nabíjení zjistíme, že je elektrolytu málo, přerušíme nabíjení, případně počkáme, až ustane plynování a elektrolyt dolijeme (při první aktivaci nedoléváme destilovanou vodu – snížili bychom hustotu elektrolytu!) a hned pokračujeme v nabíjení.

VRLA gelové a AGM akumulátory – zde se aktivace zpravidla omezí na jejich nabití. Pokud však obdržíme VRLA akumulátor bez elektrolytu (např. některé řady AGM akumulátorů Yuasa), postupujeme následovně:

Uložme akumulátor na rovnou podložku, odstraníme fólii zakrývající nalévací otvory. Pak z nalévacích hrdel plastového kontejneru s elektrolytem, dodaného spolu s akumulátorem, opatrně odstraníme ochrannou fólii. Otočíme kontejner „vzhůru nohama“ a zasuneme hrdly (kolmo k rovině - nenaklánět!) do nalévacích otvorů akumulátoru. Opatrně zatlačíme a zafixujeme tak kontejner pro nalévání. Obsah kontejneru se pomalu přelije do akumulátoru (cca do 20 minut). Během tohoto procesu na kontejner občas

opatrně poklepeme - zbavíme se tak přebytečných bublin vzduchu. Po přelití veškerého obsahu kontejner opatrně odstraníme. Na nalévací otvory přiložíme plastový strip s uzávěry jednotlivých nalévacích otvorů, zatím je však ponecháme jen volně přiložené. Akumulátor necháme v klidu odpočívat po dobu 1 hodiny (ne méně, pokud to nepřípouští výrobce), aby měl elektrolyt čas proniknout na své místo. Po uplynutí předepsaného času připojíme akumulátor na nabíječku a zahájíme nabíjení režimem vhodným pro AGM akumulátory. Zde žádnou kontrolu hladiny ani její doplňování v průběhu nabíjení již neprovádíme! Teprve po ukončení



Obr. 29 – článek akumulátoru

nabíjení bezpečně uzavřeme nalévací otvory pevným zamáčknutím stripu s uzávěry a v průběhu životnosti jej už nikdy neotvíráme. Jednak k tomu není žádný důvod a navíc to může být i nebezpečné – v akumulátoru bývá během provozu určitý přetlak plynů, které mohou za určitých okolností explodovat. Nehledě k riziku poškození uzávěrů. Rozhodně však otevření akumulátoru může zkrátit dobu životnosti baterie, která si vytváří své „vnitřní prostředí“, které násilným odvětráním narušíme. Akumulátor po nabití můžeme umístit do vozidla.

Přesný návod na aktivaci konkrétního typu a provedení akumulátoru byste měli obdržet od prodejce spolu s akumulátorem.

ČÁST IV. – PROVOZ A ÚDRŽBA AKUMULÁTORU

Jak jsme si již řekli v průběhu minulých kapitol, i bezúdržbový akumulátor potřebuje určitý dohled a odpovídající provozní podmínky. To nejdůležitější je mít plně funkční a správně nastavenou dobíjecí soustavu, odpovídající danému typu a provedení akumulátoru. Jiná provozní napětí vyžadují AGM či gelové a jiné klasické akumulátory se zaplavenými elektrodami.

Přibližné nastavení dobíjecí soustavy ve vozidle (max. napětí regulátoru - přesné hodnoty jsou otázkou toho kterého vozidla) pro jednotlivé typy 12V

akumulátorů je (u 6V akumulátorů jsou hodnoty poloviční):

- Klasický se zaplavenými elektrodami 14,0 - 14,4V
- Gelový akumulátor 14,1 - 14,4V
- AGM akumulátor 14,4 - 14,8V

U některých Ca-Ca akumulátorů se zaplavenými elektrodami je požadováno dobíjecí napětí v rozsahu 14,4 - 14,8V. Regulátor napětí ve vozidle omezuje jeho maximální velikost, při volnoběhu můžeme naměřit napětí orientačně



Obr. 30 – poněkud zanedbaný akumulátor

cca 13,0 - 13,6V. Přebíjení nebo nedobíjení akumulátoru zkracuje jeho životnost, v některých případech velice dramaticky. U klasických akumulátorů kontrolujeme hladinu elektrolytu dle doporučení výrobce, nebo alespoň 1 x za půl roku. Častější kontroly nejsou na závalu, naopak. Pravidelnými kontrolami můžeme včas zachytit problém s přebíjením (neobvykle zvýšený odpar vody—pokles hladiny elektrolytu).

Celoroční provoz vozidel nemusí zajistit vždy plné dobíjení a tedy

dokonalou desulfataci. Proto většina výrobců nabízí také akumulátory s tzv. antisulfační úpravou, která významně eliminuje riziko sulfatace. V případě odstávky vozidla (například motocyklu po skončení sezóny), se nevyhneme pravidelnému dobíjení akumulátoru. Interval dobíjení je závislý na typu, konstrukci a kondici (stavu) akumulátoru. Dobrý akumulátor, nezasažený sulfatací, stačí dobíjet v intervalu cca 1 - 2 měsíců, gelový a AGM pak 3 - 4 měsíců. Stav akumulátoru kontrolujeme voltmetrem, při zcela odpojeném akumulátoru od spotřebičů. Dobíjíme nejpozději při poklesu napětí na prázdko 11,9 – 12,2V. K dispozici jsou i testery baterií, které zatíží akumulátor po určitou dobu přesně definovanou zátěží a dle zjištěného poklesu svorkového napětí a jeho přesné hodnotě usuzují na hloubku vybití a jeho stav - kondici. Můžeme však využít i tzv. konzervační (udržovací) nabíjení a to buď konstantním proudem o velikosti 0,0005 až 0,001 jmenovité kapacity. U gelových a AGM baterií volíme proud raději o

velikosti 0,00025 – 0,0005 jmenovité kapacity, nebo lépe nabíjíme konstantním napětím 13,4 – 13,8V (při 25 °C obvykle 13,6V, při 20 °C pak 13,8V).

Dobíjení si však může vyžádat nejen odstavení vozidla, ale také jeho zimní provoz, zejména, když pojíždíme na krátké vzdálenosti s častými starty za vyšších mrazů. Pokud pozorujeme vybití akumulátoru (problematické startování), snažme se jej co nejdříve dobít. U klasického akumulátoru ukončíme nabíjení při dosažení hustoty elektrolytu 1,28 g/cm³, nebo při dosažení svorkového napětí akumulátoru o hodnotě 16,2 – 16,8V. Nemáme-li ani voltmetr, ani hustoměr, pak doporučuji sledovat alespoň dosažení znaku plného nabití, totiž „varu“ elektrolytu v akumulátoru. Akumulátor necháme „vařit“ ještě několik málo hodin (v případě nabíjení konstantním napětím), aby byl dokončen proces desulfatace. Potom nabíjení ukončíme, případně doplníme hladinu elektrolytu destilovanou vodou.

V případě ventilem řízených akumulátorů doporučuji použít „inteligentní“ nabíječku určenou k nabíjení těchto akumulátorů, nebo alespoň nabíječku splňující tato napětí: 14,1 – 14,4 V pro gelové akumulátory, 14,4 – 14,8V pro AGM. Pro kontrolu procesu nabíjení pak potřebujeme ještě přesný voltmetr. Nabíjení ukončíme po dosažení plynovacího napětí akumulátoru (gel do 14,4V, AGM cca 14,6V). Po odlehčovací pauze okolo 30 minut pokračujeme v nabíjení a opět odlehčíme. Opakujeme několikrát.

Poznámka: se změnou teploty je nutno korigovat dobíjecí napětí o cca 0,15V na každých 5 °C, přičemž při nižší teplotě je dobíjecí napětí vyšší. Napětí jsou obvykle udávány při 25 °C. Kapacita akumulátoru klesá s růstem vybíjecího proudu a dále s poklesem teploty elektrolytu. Akumulátor se zaplavenými elektrodami v dobré kondici začíná „plynovat“ při dosažení napětí okolo 14,6 V. Plynuje-li dříve, je sulfatován a to tím více, čím dříve dochází k tvorbě plynů. Pokud mluvíme o „plynování“, nejedná se o drobné bublinky plynu během nabíjení, ale o situaci, při které elektrolyt začíná jako by „vařit“. Nejedná se však o tepelný var, ale o bohatý vývin plynů díky elektrolytickému rozkladu vody.

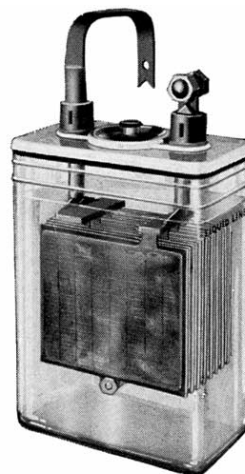


Fig 328. Willard Farm Lighting Cell

Obr. 31 – akumulátorový článek Willard pro osvětlení odlehlých farem a jejich elektrifikaci (USA, okolo roku 1920); články se sdružovaly do baterií – viz str. 60

Do údržby zahrnujeme také kontrolu stavu svorek akumulátoru, provádíme jejich případné očištění od oxidačních vrstev, konzervaci proti korozi, a samozřejmě dotažení všech šroubových spojů (svorek) akumulátoru.

Závady akumulátorů



Obr. 32 – typické provedení údržbového akumulátoru. Zátka pro dolévání destilované vody, odvětrací hadička, kontejner z mléčného, poloprůhledného plastu umožňující inspekci hladiny elektrolytu, s vyznačením minimální a maximální hladiny.

zkratky mezi deskami (elektrodami). To se při nabíjení projeví jednak zvýšenou teplotou elektrolytu, jednak tím, že akumulátor nedosahuje předepsaných napětí. Tento stav velice dobře diagnostikují mikroprocesorem řízené nabíječky, které zpravidla po zjištění tohoto stavu nabíjení ihned ukončí. Zkratky mezi deskami mohou být způsobeny kromě výrobních vad a uvolněnými zbytky aktivních hmot, také příliš vysokými nabíjecími proudy (velké nabíjecí proudy rovněž vedou k velkému opotřebení kladné elektrody), nebo naopak prudkým vybíjením (připojení nadměrné zátěže - obvodem teče příliš velký proud). U konvenčních akumulátorů snižuje riziko zkratů mezi deskami použití tzv. obálkových

Dnešní moderní akumulátory mají poměrně dlouhou životnost, ovšem za předpokladu správné péče. V praxi se můžeme setkat například s akumulátorem, který je již poněkud sulfatovaný (to jest během provozu byl například nedostatečně, mělce, dobíjen). Sulfatace se při nabíjení projevuje zejména varem elektrolytu za nižšího napětí, než je obvyklé napětí plynovací daného akumulátoru, také můžeme pozorovat bouřlivější var elektrolytu či vyšší napětí než odpovídá době (fázi) nabíjení. Sulfatovaný akumulátor vykazuje v provozu nepřehlédnutelnou ztrátou kapacity - akumulátor se rychle vybíjí. Další závadou mohou být



Obr. 33 – zařízení LBPR společnosti Jeegu, China)

separátorů. Při nabíjení velkým proudem pozorujeme rovněž rychlý vzrůst teploty elektrolytu a jeho vysokou teplotu.

Poznámka: na trhu se objevují zařízení, která emitují vysokofrekvenční pulsy s velkou amplitudou (viz obr. 33) sloužící k revitalizaci sulfatovaných akumulátorů (údajně rozrušují krystaly síranu olovnatého). Zkušenost s těmito zařízeními nemám, ale proč je nezkusit.

Část V. - SHRUTÍ A ZÁVĚR

Problematicky akumulátorů a nabíjení se není třeba obávat, co se zdá na první pohled složité, je vlastně velice jednoduché. Ostatně, kdo má fungující nabíječku vhodnou pro jím používané akumulátory, dobře nastavenou a funkční dobíjecí soustavu ve vozidle a základní znalost dané problematiky, má z velké části vyhráno.

Však vím, že ne každý má chuť se prokousávat mnohdy nezáživným textem a hledá jen klíčové věty týkající se problému a praktická doporučení. Takže pro tyto praktiky je určen následující text, který je pro ostatní čtenáře jakýmsi velice stručným shrnutím předchozích kapitol.

Jaký akumulátor si mám vybrat?

Takový, na který stačí Tvoje kapsa :-). Ne, vážně. Teď řeknu něco, co je samozřejmostí, ale pro forma mi dovoluji říci, že máme-li ve vozidle 12 V palubní síť, nebudeme do něho kupovat 6 V akumulátor a naopak, stejně jako je jasné, že použijeme akumulátor předepsané kapacity nebo případně o něco větší. Proč ne menší? Nemusel by pokrýt energetickou potřebu našeho motocyklu (automobilu), zejména při startování.

Při rozhodování začneme otázkou, zda chceme údržbovou nebo bezúdržbovou variantu akumulátoru. Můj osobní názor je, že pokud netoužíme mít vše pod kontrolou, pokud netoužíme po kouzlu starých časů, kdy bručící „samo domo“ nabíječky přiváděly do varu věčně vyčerpané 35 Ah baterie škodovek v éře problematických dynam, je naší cestou bezúdržbová baterie. Zbývá se jen rozhodnout, zda se zaplavenými elektrodami a zůstat na půli cesty, nebo sáhnout rovnou po skutečné

„Maintenance Free“, tedy AGM či gelové koncepci. Však pozor. Je také nutné přihlédnout k nastavení dobíjecí soustavy vozidla, s jakým dobíjecím napětím pracuje. Tak se ještě jednou podívejme na jednotlivá provedení akumulátorů.

Údržbový, kapalinový akumulátor - Fungující, léty prověřené klasika. Díky vysoké technologické kázni předních výrobců a čistotě surovin pro výrobu elektrod i elektrolytu bez příměsí, dosahují dnešní akumulátory tohoto typu poměrně dlouhé životnosti okolo 4 let při velice příznivé ceně. Nabíjení je poměrně nekonfliktní (průběhy nabíjení nejsou tolik kritické), baterka dá co stroj ráčí a když se o ní postaráme v zimě, není co řešit. Pokud ji koupíme, čeká nás úkol pravidelně kontrolovat hladinu elektrolytu. Ostatně technicky založený jedinec to může i vítat - může se kochat jak akumulátor při nabíjení „žije“, měřit hustotu kyseliny a kontrolovat tak proces nabíjení. Ve vozidle pak musíme vyřešit odvod plynů a kondenzátu (hadička) z baterie mimo příslušný bateriový kastlík. V motocyklu pak musíme zvážit riziko, že když stroj náhodou položíme, může hrozit únik elektrolytu se všemi negativními důsledky. Takže můj názor – nemáš peněz na zbytek? OK, jdi do toho. Nejedná se o žádný úsměvný kompromis. Jen ten komfort budeš mít nižší, a přibude ti i nějaká ta starost navíc. Jako největší problém pak vidím určité riziko úniku kyseliny, případně nutnost řešit odvětrání akumulátoru. A klady? Nabíjení bude snadné i celkem primitivní nabíječkou. Akumulátor není tak citlivý na nastavení nabíjecích napětí a proudů jako akumulátory uzavřené a pořídíme jej za nejnižší cenu.

Bezúdržbový akumulátor kapalinový - pro orientaci – jedním z představitelů této koncepce jsou automobilové akumulátory Akuma Comfort, Exclusive, některé Bosch a podobně. Dnes standard, zlatá střední cesta. Stále ještě (většinou) příznivá cena, „vypiplaná“ technologie a tím vysoká spolehlivost. Životnost podobná údržbovým akumulátorům, spíše o chlup delší. Ostatně, konstrukce je velice podobná. Výhodou je minimální péče a pokud dobíjení funguje jak má, o akumulátoru nebudeš dlouhou dobu vědět. Nevýhodou je nutnost řešit odvětrání akumulátoru obdobně, jako u akumulátoru údržbového. Životnost akumulátoru bude přibližně 4 roky, nebo i o něco více.

Bezúdržbový gelový akumulátor - představitelem gelové koncepce je například akumulátor Varta LF. Gelové akumulátory jsou výbornými pomocníky odevzdávajícími vyšší výkon při menších rozměrech a snížené hmotnosti. Vzhledem k tomu, že se jedná o hermeticky uzavřený akumulátor, nemusíme řešit odvětrávání plynů, akumulátor je bezpečný, eliminuje riziko

vytečení elektrolytu při náklonu nebo převržení. Velkou výhodou je velice nízký vybíjecí proud a tím dlouhá výdrž bez nabíjení, dále velká tolerance k hlubokému vybíjení a odolnost vůči otřesům. Nevýhodou je vyšší cena, nutnost precizní funkce dobíjecí soustavy (napětí 14,1 – 14,4V) a dodržování určitých pravidel při nabíjení. Dobíjení realizujeme výhradně nabíječkou vhodnou k nabíjení gelových/AGM akumulátorů. Životnost gelových akumulátorů je v praktickém provozu asi 4 – 6 let.

Bezúdržbový akumulátor AGM - Typickým představitelem je akumulátor Yuasa MF. AGM akumulátory jsou v současné době, dle mého názoru, na vrcholu technologie olověných akumulátorů. Charakterizuje je nízká hmotnost, malé rozměry, však úctyhodný výkon. I AGM akumulátory jsou hermeticky uzavřené, bez nutnosti řešit odvětrávání plynů. Akumulátor je bezpečný, eliminuje riziko vytečení elektrolytu při náklonu nebo převržení. Velkou výhodou je nízký vybíjecí proud a tím dlouhá výdrž bez nabíjení (však o něco kratší než u gelové koncepce), dále malý vnitřní odpor a tím schopnost poskytnout vysoký startovací výkon, odolnost vůči otřesům. AGM akumulátor si velice dobře vede za nižších provozních teplot (studené starty v zimním období), exceluje v obvodech s velkým proudovým zatížením a výkonových aplikacích. Nevýhodou je vysoká cena a stejně jako u gelového akumulátoru nutnost precizní funkce dobíjecí soustavy (napětí 14,4 – 14,8V) a dodržování určitých pravidel při nabíjení. Dobíjení realizujeme výhradně nabíječkou vhodnou k nabíjení gelových/AGM akumulátorů. Životnost AGM akumulátorů je v praktickém provozu asi 4 – 6 let.

Mám volit raději Gelový nebo AGM akumulátor? Z hlediska praktického provozu našeho motocyklu či automobilu to je v zásadě jedno. Obě technologie jsou do značné míry rovnocenné, liší se jen v detailech. Takže zvol akumulátor jaký je předepsán výrobcem vozidla, nebo se kterým máš ty, nebo tvůj kolega, dobré zkušenosti. Více než na značce baterie záleží na hodnotě kapacity a velikosti CCA.



Obr. 34 – detail bezúdržbového, MF akumulátoru. Žádné dolévací zátky, žádná odvětrávací hadička, kontejner z černého plastu. V případě startovacích akumulátorů znak bezúdržbového provedení.

Stručné shrnutí

Druhy olověných akumulátorů – se zaplavenými elektrodami, gelové, AGM. Gelové a AGM baterie jsou plně bezúdržbové (nedolévá se destilovaná voda) a svými výkony, pro aplikaci v motocyklu, srovnatelné. Výhodou AGM a gelové koncepce je jejich hermetičnost – nulové riziko úniku elektrolytu, dlouhá životnost a vysoký podávaný výkon.

Na co hledět při výběru akumulátoru – baterie musí být s odpovídajícím napětím (6 nebo 12V), jmenovitou kapacitu (Ah) nebo kapacitou o něco vyšší než je předepsáno, s co možná nejvyšším vybíjecím proudem za studena (CCA). Pokud možno volíme předepsaný typ, který definuje velikost akumulátoru a použité svorky (bez ohledu na konkrétního výrobce). Jinak musíme sledovat rozměry, zkoumat polaritu vývodů, typ svorek a případně také způsob vyvedení odvětrávací hadičky (vlevo, vpravo) aby byl akumulátor kompatibilní s naším vozidlem.

Nabíjení akumulátorů - přebíjení i nedobíjení akumulátorů zkracuje jejich životnost. Akumulátory dobíjíme nejpozději při poklesu napětí na prázdko na 11,9 – 12,2V. Teplota elektrolytu při nabíjení by neměla překročit 40 °C. Zejména v případě gelových a AGM akumulátorů nesmíme překročit předepsané maximální dobíjecí napětí, jinak zkracujeme životnost akumulátoru - v případě gelových akumulátorů to je 14,1 – 14,4V, v případě AGM pak 14,4 – 14,8V u akumulátoru se zaplavenými elektrodami pak 14,0 – 14,4V (v některých případech 14,4 – 14,8V). Univerzální hodnotou nabíjecího napětí vhodného pro všechny typy akumulátorů je 14,3 - 14,4V.

Konzervační (udržovací) nabíjení provádíme buď konstantním proudem o velikosti 0,0005 až 0,001 jmenovité kapacity, u gelových a AGM baterií volíme jen 0,00025 – 0,0005 jmenovité kapacity, nebo nabíjíme konstantním



Obr. 35 – sestava staničních akumulátorů

napětím o velikosti 13,4 – 13,8V. Místo konzervace můžeme akumulátor také čas od času vybit a pak znovu plně nabít.

Vybíjení akumulátorů – klíčem pro zachování dlouhé životnosti akumulátoru je udržovat jej v plně nabitém stavu. Musíme-li jej vybit, pak čím bude toto vybíjení hlubší, tím větší dopad na zkrácení životnosti můžeme očekávat. V případě tzv. hlubokého vybíjení se nám již nemusí podařit akumulátor znovu oživit (nabít).

Péče o akumulátory – u akumulátorů se zaplavenými elektrodami dbáme na pravidelnou kontrolu hladiny elektrolytu, v případě potřeby doléváme výhradně destilovanou vodu. U všech akumulátorů provádíme průběžnou kontrolu stavu svorek (oxidace, dotažení konektorů), vhodná je i občasná kontrola funkčnosti dobíjecí soustavy a udržování hladiny napětí pro klasické akumulátory při nabíjení v hladině 14–14,4V (v některých případech až 14,8V), pro gelové 14,1 – 14,4V a konečně pro AGM akumulátory v rozsahu 14,4 – 14,8V.

Kdy ukončíme nabíjení – při dosažení svorkového napětí klasického akumulátoru v průběhu nabíjení o hodnotě 16,2 – 16,8V nebo při dosažení hustoty elektrolytu 1,28 g/cm³. Gelové a AGM akumulátory nabíjíme nabíječkou určenou k nabíjení těchto akumulátorů, pokud možno s nějakou inteligencí, která proces nabíjení bude sama řídit. Po ukončení nabíjení napřed vypneme nabíječku, teprve potom odpojíme akumulátor.

Připomeňme si

Hluboké vybíjení – je to opravdu takový problém? Ano, neboť většina kyseliny se díky elektrochemickým pochodům přeměnila v síran olovnatý, který povlekl většinu plochy kladné i záporné elektrody, další vybíjení způsobí, že místo elektrolytu zbude v akumulátoru prakticky jen voda a mřížky akumulátoru budou masivně sulfatovány. Akumulátor se stane nefunkčním. Pokud zajdeme za určitou hranici, už akumulátor nevzkřísíme. Hlubokému vybíjení se vždy raději vyhněme.

Dobíjecí proud – proč se nabíjí poměrně malými proudy? Je snad zbytečné, aby to trvalo tak dlouho. Co dobíjet většími proudy? To by nebyl chytrý nápad. Čas od času, pokud potřebujeme vybitý akumulátor rychle zprovoznit, můžeme nabíjet proudem o velikosti cca 0,5 kapacity, někdy až hodnotou jmenovité kapacity – kam až lze zajít deklaruje výrobce daného akumulátoru.

Plně vybitý akumulátor tak nabijeme do cca 1 až 2 hodin. Však pamatujme, že nabíjení velkým proudem zkracuje životnost akumulátoru, podporuje sulfataci a poněkud snižuje jeho kapacitu. Je to dáno zejména tím, že vyčerpaný elektrolyt v těsném okolí aktivní hmoty desek se rychle nasytí, sulfát se tak rozpouští pomaleji, neboť ostatní masa elektrolytu se nestačí tak rychle difúzně promísit s již nasyceným roztokem a elektrochemické reakce účinně účastnit. Velký procházející proud zatím působí silnou elektrolyzu vody, za mohutného vývinu plynů a vzrůstu teploty elektrolytu. Prostě rychle zde neznamená lépe. Obdobně to platí při vybíjení velkými proudy (při značně velkých prouděch může docházet i k deformaci desek, poškození separátoru a rychlé zkáze akumulátoru). Prostě elektrochemické reakce uvnitř akumulátoru potřebují svůj čas. Obvyklý dobíjecí proud je 0,05 až 0,1 násobek kapacity akumulátoru.

Nedobíjení – co se stane, když se akumulátor dobíjí jen z části, nikoliv do znaků plného nabití? Nedochází k rozkladu veškerého sulfátu. Síran olovnatý vznikající při vybíjení má tendence přednostně obalovat již usazené krystalky sulfátu. Výsledek je nasnadě – snižujeme kapacitu a zkracujeme životnost akumulátoru.

Malá životnost akumulátoru – domnívám se, že nejméně 70% případů selhání nových akumulátorů během provozu je způsobenou chybou špatně fungující dobíjecí soustavy vozidla (motocyklu, automobilu). Akumulátor je buď přebíjen, nebo nedobíjen. Obojí je chybou. Pozor taky na přídavná elektrická zařízení. Zkontrolujme si, jak je náš alternátor dimenzován, aby utáhl veškeré energetické potřeby vozidla a ještě mu zbylo na účinné dobíjení. Zbylá procenta závad jdou na vrub špatně skladovaných a ošetřovaných akumulátorů u prodejců a výrobní závady akumulátorů.

Zimní starty – kapacita podchlazeného akumulátoru při velkém zatížení (startování) je jen zlomkem jeho jmenovité kapacity. Proto dlouhé (nebo i bez úspěchu několikrát opakované) startování za mrazu nemá valnou cenu a vede k rychlému vybití. Pamatujme také, že abychom akumulátoru dodali zpět energii vydanou při startu (tedy pokud jsme nastartovali na první „cvrnknutí“), musíme (orientačně) po nastartování ujet vzdálenost více jak 20 km při obvyklé rychlosti, nebo jinak, umožnit alternátoru cca 15 minut dobíjet náš akumulátor. To vše za předpokladu 100% funkčnosti dobíjecí soustavy vozidla a jejím dostatečným výkonu na krytí energetických potřeb vozidla. Proto pozor na krátké pojezdky a časté startování v krátkých intervalech.

Omyly, se kterými se můžete setkat

Dovolte mi zde uvést na pravou míru některá tvrzení, se kterými můžete být konfrontováni. Nedělám si patent na rozum, však některá sdělení jsou zavádějící, jiná zcela chybná. A v případě jejich aplikace v procesu nabíjení i ohrožující životnost akumulátoru.

Gelové baterie je ve skutečnosti s normální kyselinou – na jednom webu jsem se dočetl, že: „...*tady půjde o gelové akumulátory. Běžně se tak označují ty známé bezúdržbové... většinou se tím naznačuje, že elektrolyt není tekutý, ale ve formě jakéhosi gelu... samozřejmě to je zas půl pravdy, je tam úplně normální kyselina sírová ale není volně nalitá jako v autobaterii, ale nasáklá ve skelné vatě...*“ Tady je vidět, jaké zmatení pojmů v souvislosti s akumulátory vládne. Gelové baterie jsou skutečně gelové, mají elektrolyt v křemičité suspenzi - ve formě gelu. Elektrolyt nasáklý ve „skelné vatě“ (ať použiji slova autora výroku) mají akumulátory AGM, ale ty nemají s gelovou koncepcí nic společného, snad jen, že se s gelovými běžně zaměňují a v obou případech se jedná o MF VRLA akumulátory.

Voda z vodovodu do akumulátoru – v jednom diskuzním fóru zaznělo: „...*z akumulátoru se může vyvařit pouze voda, tudíž v případě nízké hladiny dolíváme opět jen destilovanou vodu. Jen opravdu v krajním případě lze použít vodu z kohoutku...*“ Prosím, jen to ne! Iontová čistota elektrolytu je jedním z podmínek dostatečné životnosti akumulátoru. Jakékoliv nečistoty přímo ohrožují jeho funkci. Voda z vodovodu obsahuje značné množství solí, chloridů, které by nám s kyselinovým akumulátorem pořádně „zacvičily“, ale v tom negativním slova smyslu.

Udržovací nabíjení – jinde jsem našel tvrzení, že: „...*pomalejší dobíjení slabší dobíječkou je pro jakýkoliv akumulátor šetrné a rozhodně mu neuškodí. Pokud je dobíječka opravdu hodně slabá, tzn.kolem 1/50-1/100 kapacity akumulátoru, může být připojena trvale jako udržovací, protože nabíjecí proud je tak slabý, že v podstatě pouze nahrazuje úbytek proudu samovybíjením...*“ Počítejte se mnou. Jedna padesátina až 1/100 kapacity představuje u 12Ah akumulátoru dobíjecí proud 120 až 600 mA. To jsou proudy dobíjecí, ne udržovací. Pokud by takový akumulátor měl samovybíjení na úrovni 120mA (o těch 0,6A ani nemluvě), vybil by se sám vnitřními pochody do 5 dnů. Takový akumulátor by byl velice špatný akumulátor. Takže pokud bychom udržovali akumulátor výše doporučeným proudem, bezpečně bychom jej přebíjeli. Vzhledem k tomu, že se jednalo o

doporučení pro „gelovku“, můžeme si být jisti, že bychom takovým to „udržováním“ gelový akumulátor s přehledem zničili.

Startování motoru – občas zaslechnete informaci, že jakmile se Vám podaří motor protočit, nejsou už proudové nároky na start tak velké. To není přesné tvrzení. Startér je vlastně stejnosměrný elektromotor s velkým výkonem, nejčastěji někde mezi 0,8 – 2 kW. Na jeho zatížení mají zásadní vliv kompresní poměry na válcích, které tak promlouvají do odebíraného proudu z akumulátoru. Ten se při otáčení motoru skutečně mění (kolísá), však nikoliv dramaticky. Např. při startu dieselového motoru VW Bora si startér vezme nějakých 300A a jeho hodnota, dle komprese na válcích, kolísá někde mezi 260 až 310A. Takže žádné významné snížení odebíraného proudu po protočení motoru jež by odlehčilo akumulátoru. Odebíraný proud je totiž téměř konstantní a kolísá asi $\pm 10\%$ dle komprese.

Gelové motocyklové akumulátory YUASA – také jste to již slyšeli? Také myslíte, že když „gelovku“, tak Yuasa? Vždyť i prodejci akumulátorů mluví v souvislosti s tímto výrobcem často o „gelovkách“. **Yuasa však vyrábí akumulátory AGM nikoliv gelové.** Obecně zažitý fakt, že se jedná o „gelovky“, je pouze tradovaný omyl. Posuďte sami:

- 1.) Evropské zastoupení Yuasa říká: „The technique Yuasa is well reputed for is called „AGM“, absorbing glassmatt...“ Volně přeloženo – Yuasa je vysoce ceněna pro technické řešení zvané AGM, absorpční skelné rouno...
- 2.) Když Yuasa uvádí graf samovybíjení svých MF akumulátorů, hovoří o AGM technologii (viz <http://www.yuasabatteries.com/batteries.asp>).
- 3.) Ve svém „Technical Manual“ hovoří výhradně o AGM technologii, ani jediné slovo o gelu.
- 4.) Yuasa byla jedním z průkopníků AGM technologie a už v 80 létech minulého století začala produkovat první AGM akumulátory.

Omluvou nám všem budiž, že Yuasa své řešení nijak nezdůrazňuje a hovoří v drtivé většině jen o MF akumulátorech. Tím pravděpodobně vznikl výše uvedený omyl. Však prodejci akumulátorů by měli vědět co vlastně nabízejí. Pokud někteří ani neznají technologii jimi prodávaných akumulátorů, jak se mohou spolehnout, že akumulátor je správně skladován, ošetřován, jak se mohou spolehnout na informace, které mi prodejce dává.

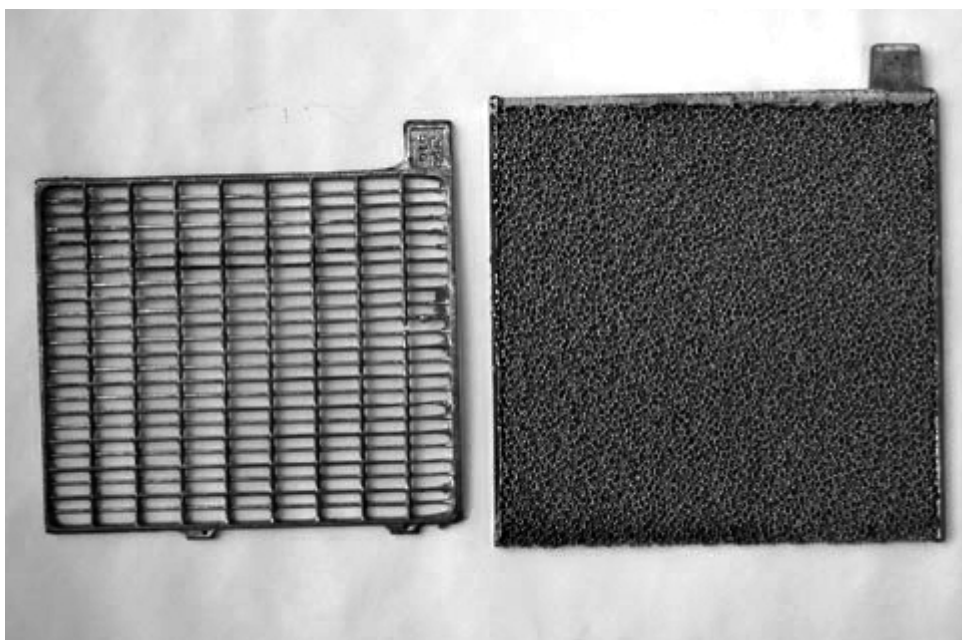
Technické údaje výrobců – i tady buďte obezřetní. V technické dokumentaci výrobců či distributorů akumulátorů se občas vyskytují fatální chyby. Nejsou úmyslné, ale jedná se v drtivé míře o chyby při překladech

materiálů, jejich grafickém zpracování a tedy selhání korektorů.

Například Exide Slovakia, s.r.o. (zástupce Exide Technologies) v materiálu „Exide Gel – Tipy a rady pre dlhšiu životnosť batérie“, revize a datum vydání neznámé, uvádí graf průběhu napětí a proudu při nabíjení, jenže obě křivky jsou zaměněny. Výsledkem je zavádějící informace, jejíž aplikace by vedla pravděpodobně ke zničení akumulátoru. Totiž po 4 hodinách nabíjení dramaticky zvýšit nabíjecí proud. Naštěstí popis v odstavci „Správne techniky nabíjania“ je korektní.

Yuasa Technical Manual, Form No. YUA-069 (Rev. 4/04), uvádí například na straně 20 tabulku, ze které mimo jiné vyčteme, že při napětí 12,5V je její Sealed VRLA akumulátor stále ještě nabit na 50%, kdežto na straně 32 uvádí obdobnou tabulku, však s hodnotou jen 12V. O akumulátorech už něco víte, takže co myslíte, který údaj je asi chybný?

Tato opomenutí považuji za politováníhodná, zejména, pokud se jedná o tak zásadní technické údaje, dle kterých bychom měli řídit proces dobíjení akumulátoru. Takže doporučuji, pokud se údaje v daném materiálu zásadně liší od informací v tomto článku, aniž bych si dělal patent na neomylnost, prověřte si u výrobce či distributora, zda podávaná informace, hodnota, či tvrzení, je opravdu korektní.



Obr. 36 – akumulátorová vlevo mřížka; vpravo s nanesenou aktivní hmotou.

Závěr

O akumulátorech by se toho dalo napsat stohy, ostatně jako o všem, co má za sebou značnou historii, pokud chceme věcem přijít na kloub, porozumět jejich procesům, zákonitostem a podělit se o to s ostatními. Snad jsem vám tímto článkem alespoň trochu pomohl zorientovat se v problematice akumulátorů, získat jistotu v otázce dobíjení a jejich ošetřování a vyvarovat se některých chyb. Také mi dovoluji prohlásit, že některé děje a skutečnosti jsem popsal ve zjednodušené formě, něco jsem vypustil, například zajímavou paladiovou rekombinační zátku pro stacionární akumulátory, příliš jsem se nepitval v nabíječkách a jejich nabíjecích schématech, v jiných typech akumulátorů, v dobíjecí soustavě vozidla (to už je jiná kapitola), historii vzal „hákem“, ale myslím, že jsem i tak postihl to nejdůležitější a snad vám předložené informace budou k užítku.

A znovu připomínám, že z nabíjení není třeba dělat velkou vědu (a nebo taky ano - to podle náтуры). Stačí se vyvarovat několika základních chyb - nedovolit hluboké vybití, ani akumulátor nepřebíjet, udržovat ho v nabitém stavu, občas (řekněme 1 x ročně) prověřit dobíjecí soustavu. A to je celé kouzlo. A když víme, že životnost klasického akumulátoru je v běžném provozu asi 4 roky, gelového a AGM okolo 5 let, můžeme se na případnou výměnu včas a pohodlně připravit.

A kdybych snad měl nějaký akumulátor doporučit? Pokud nebudeme hledět na cenu, pak asi AGM, neboť si poměrně dobře poradí za nízkých teplot, je schopen dodat značný startovací výkon, je relativně lehký a samozřejmě bezúdržbový. Gelový akumulátor bych osobně raději viděl na místě stacionárního záložního zdroje proudu (typická aplikace UPS), zvládá občasné hluboké vybití, snáší i vyšší provozní teploty. Je to však jen můj názor, neboť souboj AGM versus gel nemá dle mne vítěze. Každá z obou koncepcí v něčem vyniká proti druhé a tak záleží, jaký parametr je pro nás stěžejní. Pro někoho bude číslem jedna gelový akumulátor, pro jiného AGM a jiný nedá dopustit na bezúdržbovou klasiku moderní konstrukce. Ale buďte v klidu - většina současných akumulátorů svými parametry splňuje požadavky na spolehlivý zdroj proudu pro naše motocykly či automobily a tak spíše než na typu a provedení, záleží na naší kapse, jak hluboko jsme ochotni do ní sáhnout. Pokud nevolíme nějaký neproověřený „no-name“ akumulátor, většinou neuděláme chybu s žádnou baterií. Na druhou stranu, i ten nejlepší akumulátor nám přinese hodně starostí, když o něj nebudeme řádně pečovat, když jej budeme trvale přebíjet, nebo naopak nedobíjet.

Skoro vše o akumulátorech a nabíjení

A ať to neodbudu jen několika obecně formulovanými větami, na této straně ještě uvádím přehlednou tabulku vybraných značek MF motocyklových akumulátorů v ČR (případně dostupných v EU) s jejich základními parametry, tj. kapacitou a deklarovaným startovacím proudem (data mne přístupná v září 2008). V tabulce také uvádím ve zkratce normu, dle které

Výrobce/označení	Provedení	Kapacita	CCA
Exide Bike MF ETX14-BS	AGM	C _{??} 12Ah	200A (norma?)
Yuasa MF YTX14-BS	AGM	C ₁₀ 12Ah	200A (EN)
Toplite (Yuasa) YTX14-BS	Gelová	C ₂₀ 12Ah	100A (EN)
Varta LF YTX14-BS	Gelová	C ₂₀ 12Ah	100A (EN)
Banner Bike Bull AGM YTX14-BS	AGM	C ₁₀ 12Ah	200A (EN)
Fiamm Storm FTX14-BS	AGM	C ₁₀ 12Ah	170A (EN)
Bosch AS YTX14-BS	Gelová	C ₂₀ 12Ah	100A (EN)
Westco AGM YTX14-BS	AGM	C ₁₀ 14Ah	200A (SAE)

je daná hodnota zjištěna. Pro srovnání jsem vybral motocyklový akumulátor typu YTX14-BS (japonské značení, které deklaruje většina výrobců akumulátorů) s kapacitou 12Ah.

Jak z tabulky vyplývá, akumulátory většinou dosahují obdobných parametrů, zajímavý je údaj zvýšené kapacity u akumulátoru Westco. Nejslabší co do výkonu jsou k mému údivu akumulátory Toplite, Bosch AS a Varta LF. Kapacita je udávána při 20 hodinovém vybíjení, které dává poněkud lepší výsledky, než při vybíjení deseti hodinovém, kdy můžeme očekávat u těchto baterií cca o 1 Ah nižší kapacitu. Rovněž relativně malý vybíjecí proud (CCA) je překvapením. Kde je problém? Myslím, že na to nám dává odpověď nižší hmotnost akumulátoru – 3,7 kg, což je téměř o 1 kg méně, než mají konkurenční akumulátory obdobné kapacity. Co to napovídá? Že články těchto akumulátorů mají pravděpodobně nižší počet mřížek, aktivní plocha elektrod je tak menší, čehož důsledkem je nižší kapacita a hlavně nižší vybíjecí proud. Dokonce se domnívám, že akumulátory Varta LF a Bosch AS, Toplite jsou identické, vyráběné stejným výrobním závodem, jen s příslušným firemním označením (Varta nebo Bosch). Upřímně, nemám zájem na diskreditaci těchto akumulátorů, jen porovnávám deklarované parametry jednotlivými producenty u konkrétního modelu baterie. Jistě v mnoha aplikacích vyhoví, řada motocyklových nadšenců je s nimi plně spokojena, ale pokud bych měl za přibližně stejné peníze vybírat mezi akumulátorem s CCA 100A nebo 200A, je pro mne volba poměrně jasná. Výborný výkon nám poskytnou akumulátory Yuasa, Exide, Banner či Westco. Mezi těmito značkami bych asi hledal svůj nový motocyklový akumulátor. Zajímavé je, že Exide je velkým propagátorem gelové koncepce, však pro motocyklové MF akumulátory zvolila technologii AGM (gelový akumulátor pro motocykly dodává na EU trh jen jeden, o kapacitě 19Ah). Slušné parametry mají i akumulátory Fiamm, jež mohou být rovněž vhodnou volbou. Samozřejmě, ani ostatní značky nemusíme opomíjet, pokud souhlasí jejich kapacita a požadovaná hodnota

Obr. 37 – akumulátorové články sdružené do baterie pro elektrifikaci odlehlých farem. USA, okolo roku 1920...

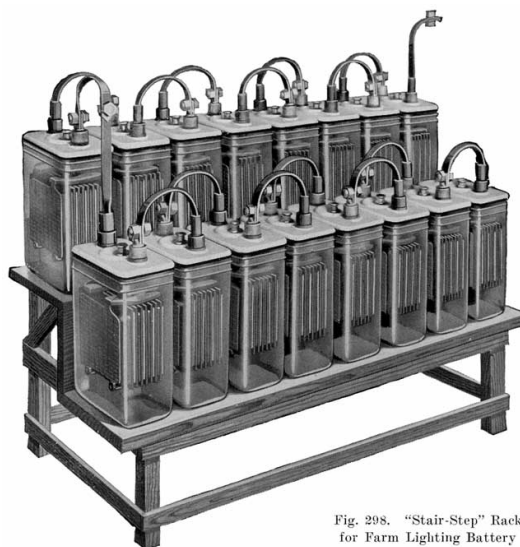


Fig. 298. "Stair-Step" Rack for Farm Lighting Battery

CCA. Obecně doporučuji volit akumulátor, jehož CCA je 1,5 až 2 x větší než odebíraný proud startéru, tedy v případě motocyklů našeho stylu tento požadavek splňují zpravidla baterie s CCA v rozsahu asi někde mezi 120—240A dle konkrétní značky, typu a objemu stroje. Například pro Yamahu Dragstar Classic XVS1100A je předepsán akumulátor GT14B-4 (což je typ YT14B-BS). Já používám výrobek společnosti Yuasa, který má CCA 210A.

Zajímavé by bylo srovnání vlastností náhodně vybraných baterií formou laboratorního testu při simulovaných provozních podmínkách. Jenže provedení takového testu by vyžadovalo poměrně značné finanční náklady.

Největším překvapením při přípravě článku však pro mne bylo zjištění, že gelová koncepce akumulátorů je obestřena jakýmsi tajemstvím, že mnoho laiků i odborníků z řad prodejců akumulátorů zaměňuje gelové a AGM akumulátory a narazil jsem i na názor, že AGM technologie se v motocyklových akumulátorech prostě nevyužívá, stejně tak jako na obdobné tvrzení o akumulátoru gelovém. Gelový akumulátor se pak, poněkud nešťastně, stal v ČR mnohdy synonymem pro bezúdržbový MF akumulátor, ať už jeho koncepce je jakákoliv. Takže snad už jen, ať nám to dobíjí a díky, že jste to se mnou vydrželi až sem.

Marconi

Tuto publikaci jsem věnoval kamarádům a motocyklovým nadšencům z K1400 a dále všem, kteří se o problematiku akumulátoru ve svém motocyklu nebo automobilu zajímají. Není určena ke komerčnímu využití. V publikaci jsem užil volně šířené obrázky. Nejsem si vědom, že by některý z nich podléhal autorskému právu. Pokud snad ano, prosím o upozornění, abych takový objekt z publikace odstranil, nebo jej nahradil.