

Průvodce světem olověných akumulátorů	CZ
Sprievodca svetom olovených akumulátorov	SK
Az ólomakkumulátorok világa – kézikönyv	HU
Führer durch die Welt der Bleiakkumulatoren	DE
Guide to the world of lead acid batteries	EN

Průvodce světem olověných akumulátorů

➔ Olovené akumulátory jsou složeny z olovených článků (elektrod) usazených v elektrolytu, přičemž každý článek nezatíženého akumulátoru poskytuje napětí 2,1 V.

Články jsou sériově zapojeny, a tak se jejich napětí sčítá. Nabitý dvanáctivoltový akumulátor s šesti elektrodami tedy má napětí cca 12,6V. Šestivoltový akumulátor se třemi elektrodami má napětí poloviční, tedy 6,3 V.

Typy olovených akumulátorů ve vozidlech, elektrocentrálách apod.

➔ V **klasickém údržbovém akumulátoru se zaplavenou elektrodou** jsou olovené elektrody ponořeny v roztoku kyseliny sírové v destilované vodě (elektrolytu) a elektrody jsou vzájemně odděleny pro elektrolyt propustnými separátory. Proto se jim říká **akumulátory se zaplavenou elektrodou**. Tyto akumulátory jsou na horní části vybaveny **inspekčními zátkami**, které slouží ke kontrole hladiny elektrolytu a případnému doplňování destilované vody. Proto se těmto akumulátorům říká **údržbové**. Do akumulátoru musí být dolévána výhradně **destilovaná voda**, která je zbavena iontů, protože ionty ve vodě způsobují elektrickou vodivost vody a použitím vody s obsahem iontů by akumulátor zkratovalo.

➔ V případě **bezúdržbového akumulátoru** jsou elektrody usazeny v křemičitém gelu a takovýto akumulátor je pak označen jako gelový, nebo pokud jsou elektrody akumulátoru odděleny speciálním separátorem ze skelných vláken dotovaných bórem, které těsně přiléhají na elektrody a elektrolyt je vázán na skelná vlákna (tj. elektrolyt není volně v prostředí elektrod), jedná se pak o akumulátor označený jako **AGM (akumulátor s vázaným elektrolytem)**. **Gelový akumulátor nelze zaměňovat s AGM akumulátorem, protože jde o různé typy akumulátorů.**

Tyto akumulátory jsou hermeticky uzavřeny obalem, který nesmí být narušen a tudíž jsou řešeny tak, aby nevyžadovaly jakýkoli zásah do vnitřních částí a tudíž žádnou údržbu ve smyslu údržby akumulátorů se zaplavenou elektrodou, tj. žádná kontrola hladiny elektrolytu či dolévání destilované vody.

Akumulátory nevyžadující takovýto druh údržby bývají souhrnně označeny jako **MF akumulátory** („Maintenance Free“).

U těchto akumulátorů nemůže dojít k vylití elektrolytu při náklonu či převržení z důvodu hermetického uzavření.

➔ Všechny typy akumulátorů mohou být vybaveny pojistným jednocestným přetlakovým ventilem s otevíracím tlakem 10–40 kPa, který slouží k regulaci tlaku uvnitř akumulátoru a pak takovéto akumulátory nesou označení jako **ventilem řízené VRLA** (VRLA – Valve Regulated Lead Acid). Akumulátory vybavené tímto ventilem jsou většinou gelové či AGM, protože při jejich přebití může dojít k natlakování vedoucí až k destrukci.

Přetlakové ventily **nejsou určeny k tomu**, aby s nimi bylo manipulováno a neslouží k doplňování elektrolytu dovnitř akumulátoru a zároveň jimi nemůže dojít k úniku elektrolytu při převržení akumulátoru. Skrz ventily nemůže dojít k vniknutí okolního vzduchu do akumulátoru.



Příklad VRLA gelového akumulátoru s přetlakovými ventily

Srovnání důležitých vlastností jednotlivých typů akumulátorů

→ Klasický akumulátor se zaplavenými elektrodami

➔ Velice malý vnitřní odpor

– díky němuž je akumulátor schopen krátkodobě dodávat veliký proud při zanedbatelném poklesu napětí na svorkách akumulátoru. To je velmi důležitá vlastnost při startování motoru vozidla, protože startér benzínového motoru automobilu má spotřebu proudu 80–120 A, u dieselových vozidel je to 400 A i výše! U dieselových vozidel se proto používá autobaterie s vyšší kapacitou a sice 70 Ah a výše, u benzínových vozidel je to kapacita kolem 60 Ah.

→ Vysoká energetická účinnost

– tj. schopnost dodat vysoký podíl ampérhodin. Olověný akumulátor se zaplavenou elektrodou má účinnost až 85 %.

→ Menší citlivost na přebíjení, než u gelových či AGM akumulátorů

→ Schopnost zvládnout dosti náročné provozní podmínky ve vozidle

– výkyvy teplot, proudová zátěž

→ Přijatelný poměr cena/výkon

→ Porovnání gelových a AGM akumulátorů

→ AGM akumulátory dosahují vyšších výkonů a startovacích proudů za nízkých teplot než gelové akumulátory, protože mají vyšší aktivní plochu elektrod a vynikají výbornou iontovou vodivostí proudů.

→ Gelové akumulátory jsou méně citlivé na hluboké vybíjení (napětí < 10,5 V), v případě odstávky vydrží déle hluboce vybité a pomaleji se samovybíjí než AGM akumulátory.

Klasické akumulátory se zaplavenou elektrodou vlivem samovybíjení snižují své napětí na svorkách cca 8–10 mV/den; AGM o 3–4 mV/den a gelové 2–3 mV/den. Závisí také na dalších podmínkách, které samovybíjení urychlují.

Údržbový akumulátor se zaplavenou elektrodou vydrží hluboce vybitý 1–3 dny!

Gelový akumulátor vydrží přibližně 4 týdny a AGM něco mezi.

→ Gelové baterie jsou méně citlivé na vyšší provozní teplotu než AGM akumulátory.

– při nabíjení AGM akumulátoru při vyšší okolní teplotě (nad 40 °C) může dojít k **tzv. teplotnímu zkratu** za vývinu značného množství plynů, jehož důsledkem může být až destrukce akumulátoru.

→ Bezúdržbové koncepce akumulátorů (ať gelové či AGM) jsou konstrukčně řešeny tak, že plyny vznikající při pozdějších fázích nabíjení v důsledku elektrochemických dějů, jsou zpětně „recyklovány“ na elektrodách v akumulátoru a touto technologií bylo umožněno

vytvořit hermeticky uzavřený akumulátor bez jakékoli údržby. U těchto typů akumulátorů však díky hermetickému uzavření vznikl požadavek na to, aby při jejich nabíjení nebylo dosaženo tzv. **plynovacího napětí (14,6 V)**, při kterém dochází k elektrolytickému rozkladu vody na plynný vodík a kyslík, kdy plyny vznikající v nadměrném množství by akumulátor nestačil zpět zrecyklovat na svých elektrodách a došlo by k překročení prahu rekombinace plynů akumulátoru a ve spojení s vyšší teplotou okolí by mohlo dojít k destrukci akumulátoru!

Pro gelový akumulátor musí být nabíjecí napětí v rozmezí 14,1–14,4 V, pro AGM akumulátor může být nepatrně vyšší a sice 14,4–14,5 V a pro klasický akumulátor se zaplavenou elektrodou je to rozmezí 14,0–14,4 V. Toto přísné rozmezí napětí kontrolují inteligentní nabíječky, které dosahují max. napětí 14,4 V, které je univerzální a zdravé pro nabíjení všech typů akumulátorů. Gelové a AGM akumulátory jsou velmi citlivé na přebíjení – mnohem více, než klasický akumulátor se zaplavenou elektrodou, viz dále v textu.

➡ Gelové a AGM akumulátory jsou ve výkonnostních parametrech vzájemně podobné.

Vybíjení a nabíjení akumulátorů

➡ Akumulátory jsou zdrojem el. proudu a napětí v důsledku přeměny elektrochemicky aktivních látek na elektrodách za účasti kyseliny sírové, která je součástí elektrolytu. Těmito aktivními látkami jsou: **oxid olovičitý na kladné elektrodě (anodě) a čisté kovové olovo na záporné elektrodě (katodě)** a za spotřeby kyseliny sírové z elektrolytu dochází při vybíjení akumulátoru k jejich spotřebování a přeměně na síran olovnatý, který vytváří povlak **na obou elektrodách – dochází tedy k sulfataci obou elektrod (síran = sulfát, proto sulfatace)**. 100% vybitý akumulátor tedy obsahuje **katodu a anodu obalenou povlakem síranu olovnatého a v elektrolytu je pouze destilovaná voda bez přítomnosti kyseliny, protože kyselina sírová byla spotřebována na tvorbu síranu olovnatého. 100% vybitý akumulátor má na svorkách nulové napětí a negeneruje žádný proud.**

➡ **Při nabíjení akumulátoru nastává opačný proces – desulfatace elektrod**, při které je síran olovnatý na obou elektrodách přeměněn zpět na aktivní látky; **na anodě je tvořen opět oxid olovičitý a na**

katodě se opět tvoří čisté kovové olovo a do elektrolytu se zpět vrací kyselina sírová, která se elektrochemickými reakcemi na elektrodách v průběhu nabíjení tvoří také.

→ Co se děje v akumulátoru, pokud ke svorkám není připojen žádný spotřebič a akumulátor není nabíjen?

→ V akumulátoru probíhají stejné děje, jako při vybíjení, protože aktivní látky na elektrodách v nabitém akumulátoru mají vysokou reakční energii a celý systém přirozeně směřuje do stavu s nižší reakční energií, což je tvorba stabilního síranu olovnatého na obou elektrodách až do dosažení velmi nízkého napětí na svorkách akumulátoru.

→ Zachování vysoké kapacity akumulátoru, minimální pokles napětí při nárazovém odběru proudu z akumulátoru, životnost akumulátoru závisí na co nejdokonalejší desulfataci elektrod při nabíjení akumulátoru.

Neúplné dobíjení akumulátoru do stavu plného nabití – např. při krátkých výjezdech v zimě, velkým odběrem proudu množstvím elektrospotřebičů ve vozidle, kdy alternátor vozidla akumulátor nestačí dobít;

Časté dobíjení akumulátoru ze stavu nízkého či hlubokého nabití;

Ponechávání akumulátoru v hluboce vybitém stavu a nabíjení

vyšokým nabíjecím proudem způsobují to, že nedochází k dokonalé desulfataci elektrod a síran olovnatý není z elektrod zcela odstraněn, na elektrodách se hromadí, a tím se snižuje aktivní plocha elektrod, což v konečném důsledku způsobuje rychlé vybití akumulátoru, snižuje se schopnost dodávat vysoký proud a výrazně klesá životnost akumulátoru.

→ Za vysokou kapacitu a dlouhou provozuschopnost akumulátoru je odpovědný uživatel, aby hlídal napětí akumulátoru např. testerem baterií či voltmetrem a včas zajistil správné nabíjení akumulátoru přiměřeným nabíjecím proudem. Klesne-li poškození akumulátoru sulfatací elektrod pod jistou mez, napětí pod 9 V, pak po určité době k oživení akumulátoru nepomůže žádný přístroj. Někteří výrobci akumulátorů při výrobě používají elektrody s účinnou antisulfatační úpravou, která dokáže výrazně prodloužit životnost akumulátoru.

→ Na snížení kapacity akumulátoru má vliv také i teplota okolí a hustota elektrolytu, viz dále.

→ Šestičlankový (12 V) akumulátor je zcela vybitý, pokud má svorkové napětí bez jakéhokoli zatížení 11,8 V! U tříčlankového (6 V) akumulátoru jsou hodnoty poloviční, tedy 5,8 V.

Pokud má 12 V akumulátor napětí 10,5 V, je hluboce vybitý. Různé typy akumulátorů mají různou odolnost vůči hlubokému vybití. Údržbový akumulátor se zaplavenou elektrodou vydrží hluboce vybitý 1–3 dny!

Gelový akumulátor vydrží přibližně 4 týdny a AGM něco mezi.

Akumulátor by se měl nabít ihned, jakmile napětí klesne na hodnotu 11,9–12,2 V!!

Udává se, že pravidelné nabíjení akumulátoru z úplného vybití snižuje jeho kapacitu 10x. Pravidelné vybíjení do poloviny kapacity snižuje kapacitu asi 5x. Vybíjení do ztráty 10 % významně nesnižuje životnost akumulátoru.

→ Nabíjení vybitého akumulátoru má tři napěťová pásma.

→ Do napětí 13,2 V na elektrodách dochází k tvorbě kyseliny sírové a hustota elektrolytu se zvyšuje na 1,15 g/cm³ (první napěťové pásmo). Poté nabíjení pokračuje v druhém napěťovém pásmu, kdy probíhá přeměna síranu olovnatého na elektrodách až do napětí 14,7 V při současném zvýšení hustoty elektrolytu na 1,25 g/cm³. **Při napětí 14,6 V se začne na elektrodách rozkládat voda a akumulátor začne bublat** – na anodě akumulátoru dochází k výraznému vývinu kyslíku a na katodě k vývinu vodíku. **Napětí 14,6 V se tak nazývá plynovací napětí. Pokud akumulátor plynuje při nižším napětí než 14,6 V a výrazněji se zahřívá, je zasažen intenzivnější sulfatací a to tím více, čím dříve dochází k tvorbě plynů.**

Jakmile se rozloží veškerý síran olovnatý, napětí na svorkách akumulátoru stoupne na 16,2 až 16,8 V a hustota elektrolytu stoupne na maximum a sice na 1,28 g/cm³ (třetí napěťové pásmo). Akumulátor bouřlivě plynuje a vypadá to jako by se elektrolyt vařil. Nejedná se o však o var, ale o masivní vývin vodíku a kyslíku na elektrodách.

Po dosažení napětí 16,2–16,8 V se dále napětí na svorkách akumulátoru nezvyšuje a veškerá další akumulátoru dodaná energie se spotřebovává na elektrolytický rozklad vody na vodík a kyslík.

Vlivem přirozeného odparu vody a jejímu elektrolytickému rozkladu na plyny, který přece jen vlivem elektrodových jevů, byť jen v malém

množství probíhá, je nutné u akumulátoru se zaplavenou občas kontrolovat hladinu elektrolytu a případně doplnit **destilovanou vodu (vodou zbavenou elektricky vodivých iontů)**. To není nutné u bezúdržbových akumulátorů.

Po připojení spotřebiče na právě nabitý akumulátor jeho napětí ihned klesne na cca 12,6–12,9 V, kyselina se začne rozkládat, hustota elektrolytu začne klesat a na povrchu elektrod se začne tvořit síran olovnatý (sulfatace elektrod).

➔ **Měření napětí na svorkách akumulátoru se zaplavenou elektrodou je nutné provádět po více než 2 hodinách od posledního nabíjení či jízdy. U bezúdržbových akumulátorů až po 24 hodinách, jinak by byly získány falešné výsledky.**

➔ **Úroveň nabití akumulátoru ve vztahu k napětí na svorkách**

Napětí na svorkách	Úroveň nabití
≥ 12,9 V	100 %
12,4–12,5 V	75 %
12,1–12,2 V	50 %
11,9–12,0 V	25 %
11,8 V	vybitý
≤ 10,5 V	hluboce vybitý

➔ U plně nabitého nového akumulátoru se zaplavenou elektrodou může být napětí vyšší na svorkách vyšší než 12,9 V.

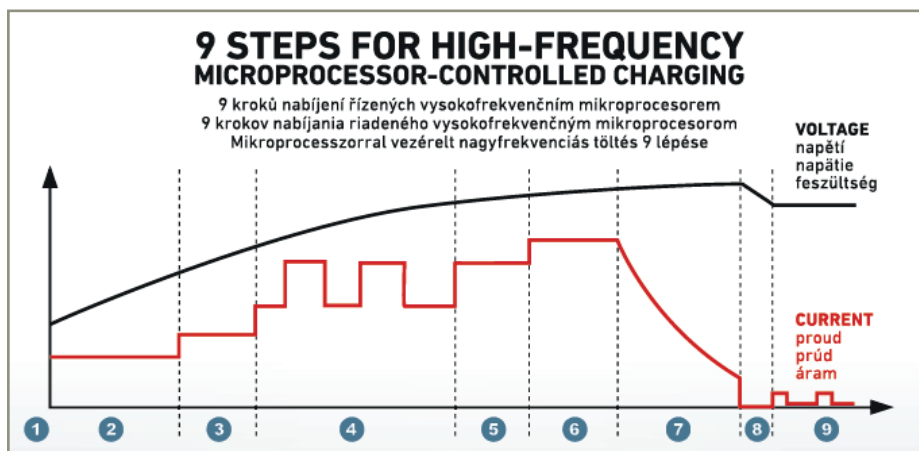
➔ **Nabíjecí proud**

➔ **Akumulátory by měly být dobíjeny nabíjecím proudem o velikosti cca 5–10 % jejich kapacity (tj. 0,05 až 0,1 násobek kapacity akumulátoru, např. pro akumulátor s kapacitou 60 Ah je to nabíjecí proud 3–6 A). Vysoký nabíjecí proud akumulátoru škodí a podporuje sulfataci akumulátoru.**

Při vysokém nabíjecím proudu dochází k přesycení elektrolytu v těsné blízkosti elektrod produkty vznikajícími při nabíjení z důvodu jejich nedostatečně rychlého odvodu do okolního elektrolytu difúzí a síran olovnatý na elektrodách, který je pro nabití akumulátoru třeba na elektrodách rozpustit, se tak rozpouští pomaleji, což se paradoxně může projevit rychlým vzrůstem napětí na svorkách akumulátoru, které

ale po ukončení nabíjení může zase dosti rychle klesat. Proto je pro důvěryhodné ověření nabití akumulátoru provést měření s dostatečným časovým odstupem po nabití, viz výše, jinak mohou být získány falešné výsledky. Pro zachování vysokého výkonu a dlouhé životnosti akumulátoru a také z bezpečnostních důvodů je lepší vyšší nabíjecí proudy nepoužívat.

➔ Některé inteligentní nabíječky mají v procesu nabíjení fázi nabíjení pulzním proudem, kdy se pravidelně střídají fáze vzrůstu nabíjecího proudu s poklesem a jsou doplněné o mezifáze konstantního proudu. Takovýto průběh nabíjecího proudu, který je v rozsahu 0,05 až 0,1 násobku kapacity akumulátoru nebo nižší, je velice efektivní a zdravý způsob nabíjení, protože poskytuje čas k tomu, aby nedocházelo k přesycení elektrolytu v blízkosti elektrod a tím i k nedokonalé desulfataci.



➔ Výběr nabíječky s určitou inteligencí (u které není možné přizpůsobit max. velikost nabíjecího proudu vzhledem ke kapacitě nabíjeného akumulátoru), by měl být prováděn dle velikosti jejího max. výstupního nabíjecího proudu ve vztahu ke kapacitě akumulátoru, který bude nabíjet.

➔ Pro nabíjení akumulátorů ve vozidlech na benzín, které mají v důsledku nižšího nároku na startovací proud i nižší kapacitu akumulátoru a sice v rozmezí 50–60 Ah, by měla být použita nabíječka s nabíjecím proudem cca 4 A.

Pro nabíjení akumulátorů v dieslových vozidlech, které mají kvůli vysokým nárokům na startovací proud i silnější akumulátory s kapacitou 70 Ah a vyšší, by měla být používána nabíječka s vyšším nabíjecím proudem, tj. cca 8 A.

→ Nabíječku s nižším nabíjecím proudem lze použít pro nabíjení akumulátoru s vyšší kapacitou, nabíjení bude trvat déle, ale není to škodlivé. V opačném případě to může být problematické, záleží na povolených nabíjecích proudech, které deklaruje výrobce akumulátoru.

→ Výjimečně a ojediněle lze akumulátor v případě potřeby jeho rychlého nabití použít nabíjecí proud v rozmezí 0,5 až 1 násobku jeho kapacity, což je v případě akumulátoru s kapacitou 50 Ah nabíjecí proud 25–50 A, takovýto nabíjecí proud však musí být povolen výrobcem akumulátoru a neplatí to obecně!

→ Akumulátory mají různou citlivost na přebíání

→ U **gelových akumulátorů** je absolutním pravidlem, že napětí na svorkách nesmí překročit **14,4 V**. **Napětí musí být v rozmezí 14,1–14,4 V**. Při překročení napětí o **0,5 V** (tj. v rozsahu 14,6–14,9) např. špatně nastavenou nabíjecí soustavou ve vozidle, či použitím nabíječky bez inteligence, která nereaguje na stav nabití akumulátoru, se **zkracuje životnost akumulátoru o 1/3**, při napětím vyšším jak o **0,7 V** pak o více než **60%**. Dále při dosažení plynovacího napětí 14,6 V dochází k vývinu plynů na elektrodách, což není u bezúdržbových akumulátorů kvůli hermetickému uzavření žádoucí.

→ U **AGM akumulátoru** napětí nesmí překročit **14,5 V**, aby nedošlo k výrazné tvorbě plynů při dosažení plynovacího napětí.

→ Při nabíjení bezúdržbových akumulátorů je nutné hlídat teplotu akumulátoru, aby nepřekročila **40 °C** kvůli tzv. teplotnímu zkratu, který může vést až k destrukci akumulátoru, viz výše. Při vyšší okolní teplotě je nutné zajistit chlazení akumulátoru.

→ Inteligentní mikroprocesorové nabíječky proto dosahují maximálního napětí na svorkách akumulátoru **14,4 V**, které je univerzální a zdravé pro nabíjení všech typů akumulátorů a reagují tak na stav nabití akumulátoru.



→ Nabíjení při nižší teplotě

↻ V chladnějším prostředí je nutné zvýšit nabíjecí napětí úměrně poklesu okolní teploty.

Dosahovaná napětí na svorkách akumulátoru jsou obvykle deklarována pro teplotu 25 °C.

Dobíjecí napětí by mělo být upraveno vzhledem k okolní teplotě cca o 0,03 V na 1 °C odchýlný od 25 °C, tj. na každých 10 °C odchylujících se od 25 °C by mělo být nabíjecí napětí změněno o 0,3 V – při nižších teplotách než 25 °C by mělo být v tomto přepočtu nabíjecí napětí zvýšeno a při vyšší teplotě v tomto poměru sníženo.

Některé nabíječky s určitou inteligencí, které dosahují pro pokojovou teplotu max. nabíjecí napětí 14,4 V mají i možnost nastavení nabíjecího režimu pro nižší teplotu s max. napětím 14,7 V. Přepočtem dle výše uvedeného lze odvodit, že toto napětí je dimenzováno pro okolní teplotu cca 15 °C – to je pro nabíjení akumulátoru při teplotě odpovídající teplotě v garáži. Pokud je teplota nižší než 15 °C, pak je možné akumulátor přenést do místnosti s pokojovou teplotou a nabíjet jej do max. napětí 14,4 V při nabíjecím režimu nabíječky určeným pro pokojovou teplotu. V případě použití nabíječek bez inteligence lze nabíjecí napětí nastavit dle potřeby vzhledem k přepočtu vůči okolní teplotě. V případě přenosných elektrických nabíječek a vyjmatelného akumulátoru tedy není problém, jen je potřeba při nízké okolní teplotě upravit nabíjecí napětí nebo nabíjet při vyšší okolní teplotě.

Problém to však může být u nabíjecího systému vozidla, kdy např. alternátor motocyklu je pevně nastaven na nabíjecí napětí 14,0 V, okolní teplota je kolem 0 °C a akumulátor je prochladlý. V takovém případě je pro gelový akumulátor zapotřebí nabíjecí napětí

14,4 + 25 x 0,03 = cca 15,15 V a z toho plyne, že akumulátor tak není palubní soustavou vozidla plně dobíjen a tak velkými odběry při studených startech a nižší kapacitou akumulátoru v chladném prostředí, může brzy dojít k problémům se startováním. Pokud má inteligentní nabíječka možnost nastavení nabíjecího režimu v chladném prostředí a není možnost akumulátor vyjmout a nabíjet jej při pokojové teplotě, např. je-li okolní teplota okolo 0 °C nebo níže, volte tento zimní nabíjecí režim pro nabíjení 12 V autobaterií vždy, aby se co nejvíce snížil rozdíl mezi nabíjecím napětím 14,4 V a potřebným nabíjecím napětím

v zimě. Tento rozdíl pro požadované nabíjecí napětí je pro okolní teplotu -10°C sice jen $15,45 - 14,4 = 1,01\text{ V}$, **ale rozdíl napětí 1 V je také rozmezí mezi plně nabitým a vybitým akumulátorem**, viz tabulka výše vystihující velikost napětí na svorkách akumulátoru na úrovni nabití (vybití). Naopak zimní režim nabíjení není dobré používat pro nabíjení při pokojové či vyšší okolní teplotě z důvodu nežádoucího vyššího napětí.

→Zapojení/odpojení akumulátoru a nabíječky

➔ Z bezpečnostních důvodů je nutné dodržovat následující pravidla, které jsou velmi významná zejména pro nabíjení akumulátorů se zaplavenou elektrodou, protože se při nabíjení vytváří výbušný a hořlavý vodík, který uniká ven a při připojování/odpojování nabíječky by mohlo dojít k nebezpečnému jiskření. **Před připojením/odpojením nabíječky ji vždy nejprve odpojme ze zásuvky 230 V. Chceme-li akumulátor vyjmout, je vždy nutné nejprve odpojit záporný pól a teprve pak kladný.** Proud protéká od záporné elektrody ke kladné, a tak se minimalizuje riziko jiskření při odpojování kladné svorky. **Při zapojování akumulátoru je nutné nejprve připojit kladný pól a pak teprve záporný. Totéž platí při připojování nabíječky k akumulátoru. Před připojením nabíječky k akumulátoru aniž by byl akumulátor vyjmutý, je nutné nejprve odpojit záporný pól baterie, pak připojit kladnou svorku nabíječky ke kladné svorce akumulátoru a nakonec záporný pól nabíječky k zápornému pólu akumulátoru.**

→Samovybíjení akumulátorů

➔ Plně nabitý odpojený **akumulátor se zaplavenou elektrodou se vlivem samovybíjení vybijí za 6–9 měsíců.**

U plně nabitého **gelového akumulátoru klesne jeho kapacita** při 25°C na 80% původní hodnoty **za 6 měsíců, u AGM akumulátoru je to za 4 měsíce** a akumulátoru se zaplavenými elektrodami je to za 2 měsíce (platí pro zcela odpojený akumulátor bez jakéhokoli odběru proudu).

Klasické akumulátory se zaplavenou elektrodou při teplotě 25°C vlivem samovybíjení **snižují své napětí na svorkách cca o 8–10 mV/den; AGM o 3–4 mV/den a gelové 2–3 mV/den.**

S teplotou okolí 40°C kapacita akumulátoru klesá dvojnásobně rychleji, než je výše uvedeno.

➔ Pokud je akumulátor připojen k elektrickému okruhu a není dobíjen alternátorem, je proces samovybíjení mnohem rychlejší, než je výše uvedena rychlost vybití při teplotě 25 °C u odpojeného akumulátoru, viz. např. připojený akumulátor k elektrocentrále, která není dlouhou dobu v provozu. V tomto případě může velmi rychle dojít k hlubokému vybití akumulátoru a jeho následnému zničení, proto je před uskladněním elektrocentrály či odstavením vozidla na delší dobu akumulátor plně nabít, odpojit jej od elektrického okruhu a po uplynutí určitého období kontrolovat napětí a dobít jej.

Odstavený dobrý akumulátor se zaplavenou elektrodou, který není zasažený sulfatací stačí pravidelně dobíjet za 1–2 měsíce, gelový či AGM akumulátor stačí dobíjet každé 3–4 měsíce. Nutno však průběžně kontrolovat napětí na svorkách akumulátoru, rychlost vybití je totiž závislá na teplotě, viz výše.

Pro skladování akumulátoru je velmi dobré jej skladovat v chladné suché místnosti (nad 0°C, viz níže). **Vysoká teplota akumulátorům neprospívá.**

➔Kdy zamrzá akumulátor se zaplavenou elektrodou?

➔ Plně nabitý akumulátor se zaplavenou elektrodou má hustotu elektrolytu 1,28 g/cm³ a ke ztuhnutí elektrolytu dochází až při teplotě –68 °C. **Z poloviny vybitý akumulátor s hustotou elektrolytu 1,15 g/cm³ zamrzá při teplotě –15 °C, vybitý akumulátor s hustotou elektrolytu 1,1 g/cm³ zamrzá při teplotě –7 °C a hluboce vybitý akumulátor zamrzá při teplotě těsně pod 0 °C.**

Samovybíjením akumulátoru se spotřebovává kyselina sírová na sulfatací elektrod, čímž klesá hustota elektrolytu z 1,28 k 1,0 g/cm³. Hustota čisté vody je 1,0 g/cm³.

➔I když dobrý a nabitý akumulátor se zaplavenou elektrodou v zimě nezamrzne, proč v zimě vozidlo hůře startuje?

➔ Je to dáno vyšší viskozitou (nižší tekutostí) elektrolytu v akumulátoru při nižší teplotě, kdy dochází k problematickému promíchávání elektrolytu v akumulátoru a pomalejší distribuci kyseliny sírové k povrchu elektrod. Kyselina se při nízké teplotě okolí nestačí dostatečnou rychlostí včas dostávat k povrchu elektrod, tak jak by bylo zapotřebí a dochází tak rychlejšímu vyčerpání aktivní složky elektrolytu u povrchu elektrod a tím má akumulátor nižší kapacitu.

Udává se, že v rozsahu teploty +30 °C až –10 °C klesá kapacita akumulátoru cca o 1 % s každým stupněm Celsia. Tato skutečnost také silně závisí na odebíraném proudu, tak čím je odebíraný proud větší, tím je pokles kapacity akumulátoru větší. **Proto při velkých startovacích proudech a teplotách pod bodem mrazu klesá kapacita akumulátoru velmi výrazně.**

➔ **Kapacita akumulátoru kromě okolní teploty výrazně závisí na hustotě elektrolytu** (ovlivnění hustoty elektrolytu uživatelem má význam pouze u údržbových akumulátorů se zaplavenou elektrodou), protože kyselina sírová, která je aktivní složkou elektrolytu, udílí plně nabitému akumulátoru hustotu 1,28 g/cm³. Pokud bychom do akumulátoru dali elektrolyt s hustotou o 0,06 g/cm³ nižší, tj. 1,22 g/cm³, akumulátor s kapacitou 12 Ah se pak bude chovat, jako by měl kapacitu 9 Ah. **To znamená, že použití elektrolytu s nižší hustotou o 4,6 %, sníží kapacitu akumulátoru na 75 % vůči jeho původní jmenovité hodnotě.** Komerčně dostupná kyselina sírová, kterou lze do akumulátoru použít, musí nést označení akumulátorová a je také již namíchána na hmotnostní koncentraci 38 %, což odpovídá hustotě 1,285 g/cm³. Kyselina rovněž musí splňovat požadavky na chemickou čistotu a obsažená voda musí být destilovaná (zbavená iontů), aby nedošlo k poškození akumulátoru.

→Dá se něco dělat s akumulátorem hodně zasaženým sulfatací?

➔ Pokud se akumulátor rychle vybije (má nízkou kapacitu), při nabíjení se výrazně zahřívá a začíná plynovat brzy po zahájení nabíjení a paradoxně v průběhu nabíjení roste napětí rychleji, než by mělo být, jsou to první příznaky výraznější sulfatace akumulátoru.

Pokud je akumulátor delší dobu v hluboce vybitém stavu (napětí na svorkách je pod 10,5 V), viz výše v textu, nemusí se akumulátor podařit oživit žádným přístrojem či způsobem.

➔ Pro oživení akumulátoru lze zkusit např. opakované nabíjení malým konstantním nabíjecím proudem o velikosti 0,05 až 0,025 násobku kapacity akumulátoru až do jeho úplného nabití bez ohledu na dobu nabíjení (může to trvat velmi dlouho). U hodně zasaženého akumulátoru sulfatací lze starý elektrolyt nahradit destilovanou vodou a nabíjet jej proudem cca 0,02 násobku jeho kapacity až do silného vývinu plynů. Jakmile napětí dosáhne cca 15 V (u tříčláňkového akumulátoru je to 7,5V), lze vodu vylít a okamžitě akumulátor naplnit čerstvým

elektrolytem o hustotě $1,28 \text{ g/cm}^3$ a pak jej nabíjet běžným způsobem. Výše popsané metody s výjimkou opakovaného nabíjení malým konstantním proudem nelze aplikovat pro plně bezúdržbové AGM nebo gelové akumulátory.

→ Některé inteligentní nabíječky mají funkci regenerace (desulfatace) akumulátoru a dokáží zvednout jeho napětí na provozuschopnou úroveň, ale tato schopnost inteligentních nabíječek se liší dle výrobce a některé lze aplikovat na akumulátory, které jeví příznaky výraznější sulfatace, ale jsou do určité míry funkční. Od určité meze napětí tyto nabíječky budou hlásit poruchu a akumulátor nezregenerují a ani nenabíjí. Pro výše uvedené pokusy o oživení akumulátoru musí být pak použity nabíječky s manuálním nastavením proudu nebo na trhu jsou dostupné aktivátory určené pro oživení autobaterií, které do akumulátoru dodávají vysoký proud v pravidelných krátkodobých pulzech, což urychluje rozpouštění sulfátů z elektrod akumulátoru. Přerušované dodávky vysokého proudu tak zamezují poškození akumulátoru a přesytení elektrolytu u povrchu elektrod.

→ Co nám říká údaj o kapacitě akumulátoru

→ Kapacita se udává v ampérhodinách se zkratkou Ah a bývá označena např. $C_{20} = 55 \text{ Ah}$, což vyjadřuje, že při odběru proudu $55/20 = 2,75 \text{ A}$ bude akumulátor kryt energetickou spotřebou spotřebiče po dobu 20 hodin. Označení C_{20} vyjadřuje zatěžování po dobu 20 hodin. Někdy kapacita bývá uvedena s označením C_{10} a vyjadřuje zatížení po dobu 10 hodin.

→ Za jak dlouho se nám akumulátor vybije

→ Kapacita akumulátoru závisí na hodnotě vybíjecího proudu a mění se dle typu akumulátoru.

Pokud budeme mít gelový akumulátor nebo AGM nebo klasický se zaplavenou elektrodou se stejnou jmenovitou kapacitou např. $C_{20} = 55 \text{ Ah}$ a budeme svítit reflektorem se spotřebou proudu 5 A při vypnutém motoru, za jak dlouho se nám akumulátor vybije (nebo jak dlouho nám reflektor vydrží svítit)?

→ Odebíraný proud 5 A musíme přepočítat na velikost proudu dle typu akumulátoru. Přepočítávacím faktorem je rozsah mocnín (násobku) proudu, který je pro každý typ akumulátoru určen.

→ Pro akumulátor se zaplavenou elektrodou je mocnina odebíraného proudu v rozsahu $X^{1,2-1,6} \text{ A}$

→ Pro gelové akumulátory je mocnina odebíraného proudu v rozsahu $X^{1,1-1,25}A$

→ Pro AGM je to $X^{1,05-1,15}A$

→ **Rozsah mocnin je odrazem účinnosti akumulátoru. Čím víc se mocnina blíží jedné, tím méně bude proud 5 A navýšen, a tím déle nám vydrží reflektor svítit. Z tohoto nejlépe vycházejí AGM akumulátory.**

→ Pro **akumulátor se zaplavenou elektrodou** je odebíraný proud $5^{1,2}$ až $5^{1,6}$, tj.: **6,8 A až 13,1 A**

→ Pro **gelový akumulátor** je odebíraný proud $5^{1,1}$ až $5^{1,25}$, tj.: **5,8 A až 7,4 A**

→ Pro **AGM akumulátor** je odebíraný proud $5^{1,05}$ až $5^{1,15}$ tj.: **5,4 A až 6,36 A**

→ **Nyní musíme vydělit kapacitu 55 Ah přepočítaným proudem, abychom zjistili, jak dlouho nám akumulátor vydrží dodávat energii žárovce se spotřebou proudu 5A.**

Pro akumulátory, které jsou v dobrém stavu a plně nabitý, vycházejí následující doby provozuschopnosti:

→ Pro **akumulátor se zaplavenou elektrodou** je to výdrž cca: $55/6,8$ až $55/13,1$, tj.: **8,08 až 4,19 hodiny**

→ Pro **gelový akumulátor** je to výdrž cca: $55/5,8$ až $55/7,4$, tj.: **9,48 až 7,43 hodiny**

→ Pro **AGM akumulátor** je to výdrž cca: $55/5,4$ až $55/6,36$, tj.: **10,18 až 8,64 hodiny**

→ **Z vypočítané doby výdrže vyplývá, že nejlepší AGM akumulátor při stejné jmenovité kapacitě 55 Ah, vydrží svítit o více než 2 hodiny déle, než nejlepší akumulátor se zaplavenou elektrodou.**

→ Jmenovitá kapacita 55 Ah pro jednotlivé typy akumulátorů je tedy při odběru proudu 5A snížena následovně:

→ Pro **akumulátor se zaplavenou elektrodou:** $8,08 \times 5$ až $4,19 \times 5$, tj. **40,4 až 20,95 Ah**

→ Pro **gelový akumulátor:** $9,48 \times 5$ až $7,43 \times 5$, tj. **47,4 až 37,15 Ah**

→ Pro **AGM akumulátor:** $10,18 \times 5$ až $8,64 \times 5$, tj. **50,9 až 43,2 Ah**

Sprievodca svetom olovených akumulátorov

➔ Olovené akumulátory sú zložené z olovených článkov (elektród) usadených v elektrolyte, pričom každý článok nezaťaženého akumulátora poskytuje napätie 2,1 V.

Články sú sériovo zapojené, a tak sa ich napätie sčíta. Nabitý dvanásť-voltový akumulátor so šiestimi elektródami má teda napätie cca 12,6V. Šesť-voltový akumulátor s tromi elektródami má napätie polovičné, teda 6,3 V.

Typy olovených akumulátorov vo vozidlách, elektrocentrálach ap.

➔ V **klasickom údržbovom akumulátore so zaplavenou elektródou** sú olovené elektródy ponorené v roztoku kyseliny sírovej v destilovanej vode (elektrolyte) a elektródy sú vzájomne oddelené pre elektrolyt priepustnými separátormi. Preto sa im hovorí **akumulátory so zaplavenou elektródou. Tieto akumulátory sú na hornej časti vybavené inšpekčnými zátkami, ktoré slúžia na kontrolu hladiny elektrolytu a prípadné dopĺňanie destilovanej vody.** Preto sa týmto akumulátorom hovorí **údržbové**. Do akumulátora sa musí dolievať výhradne destilovaná voda, ktorá je zbavená iónov, pretože ióny spôsobujú elektrickú vodivosť vody a použitím vody s obsahom iónov by spôsobilo skrat akumulátora.

➔ V prípade **bezúdržbového akumulátora sú** elektródy usadené do kremičitého gélu a takýto akumulátor je potom označený ako gélový, alebo ak sú elektródy akumulátora oddelené špeciálnym separátorom zo sklenených vlákien dotovaných bórom, ktoré tesne priliehajú na elektródy a elektrolyt je viazaný na sklenené vlákna (tzn. elektrolyt nie je voľne v prostredí elektród), jedná sa potom o akumulátor označený ako **AGM (akumulátor s viazaným elektrolytom)**. **Gélový akumulátor nemôžete zamieňať s AGM akumulátorom, pretože sa jedná o rôzne typy akumulátorov.**

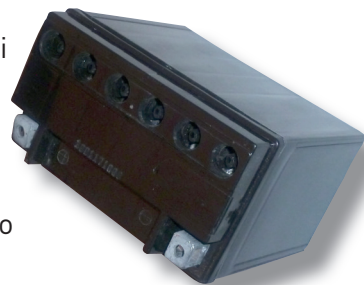
Tieto akumulátory sú hermeticky uzatvorené obalom, ktorý nesmie byť narušený a tak sú riešené tak, aby nevyžadovali akýkoľvek zásah do vnútorných častí a žiadnu údržbu typu údržby akumulátorov so zaplavenou elektródou, tzn. Žiadna kontrola hladiny elektrolytu či dolievanie destilovanej vody.

Akumulátory nevyžadujúce takýto druh údržby bývajú súhrnne označené ako **MF akumulátory** („Maintenance Free“).

U týchto akumulátorov nemôže dôjsť k vyliatiu elektrolytu pri sklone ani sa nemôže prevrhnúť z dôvodu hermetického uzatvorenia.

➔ Všetky typy akumulátorov môžu byť vybavené poistným jednosmerným pretlakovým ventilom s otváracím tlakom 10–40 kPa, ktorý slúži na reguláciu tlaku vo vnútri akumulátora a potom takéto akumulátory majú označenie ako **ventilom riadené VRLA** (VRLA – Valve Regulated Lead Acid). Akumulátory vybavené týmto ventilom sú väčšinou gélové či AGM, pretože pri ich prebití môže dôjsť k zvýšenému tlaku vedúcemu až k deštrukcii.

Tlakové ventily nie sú určené na to, aby s nimi bolo manipulované a neslúžia na dopĺňanie elektrolytu dovnútra akumulátora a zároveň nimi nemôže dôjsť k úniku elektrolytu v prípade, že sa akumulátor prevrhne. Cez ventily nemôže dôjsť k vniknutiu okolitého vzduchu do akumulátora.



Príklad VRLA gélového akumulátoru s tlakovými ventilmi

Porovnanie dôležitých vlastností jednotlivých typov akumulátorov

➔ Klasický akumulátor so zaplavenými elektródami

➔ Veľmi malý vnútorný odpor

– Vďaka ktorému je akumulátor schopný na krátku dobu dodávať veľký prúd pri zanedbateľnom poklese napätia na svorkách akumulátora. To je veľmi dôležitá vlastnosť pri štartovaní motora vozidla, pretože štartér benzínového motora automobilu má spotrebu prúdu 80–120 A, u dieselových vozidiel je to 400 A a viac! U dieselových vozidiel sa preto používa autobatéria s vyššou kapacitou 70 Ah a viac, u benzínových vozidiel je to kapacita okolo 60 Ah.

➔ **Vysoká energetická účinnosť**

– tzn. schopnosť dodať vysoký podiel ampérhodín. Olovený akumulátor so zaplavenou elektródou má účinnosť až 85 %.

➔ **Menšia citlivosť na prebíjanie, než u gélových či AGM akumulátorov**

➔ **Schopnosť zvládnuť náročné prevádzkové podmienky vo vozidle**

– výkyvy teplôt, prúdová záťaž

➔ **Prijateľný pomer cena/výkon**

➔ **Porovnanie gélových a AGM akumulátorov**

➔ **AGM akumulátory dosahujú vyššie výkony a štartovacie prúdy za nízkych teplôt než gélové akumulátory, pretože majú vyššiu aktívnu plochu elektród a vynikajú výbornou iónovou vodivosťou prúdu.**

➔ **Gélové akumulátory sú menej citlivé na hlboké vybíjanie (napätie < 10,5 V), v prípade odstávky vydrží dlhšie hlboko vybité a vybíjajú sa pomalšie než AGM akumulátory.**

Klasické akumulátory so zaplavenou elektródou vplyvom samovybájania znižujú svoje napätie na svorkách cca 8–10 mV/deň; AGM o 3–4 mV/deň a gélové 2–3 mV/deň. Závisia tiež od ďalších podmienok, ktoré samovoľné vybíjanie urýchľujú.

Údržbový akumulátor so zaplavenou elektródou vydrží hlboko vybitý 1–3 dni!

Gélový akumulátor vydrží približne 4 týždne a AGM niečo medzi.

➔ **Gélové batérie sú menej citlivé na vyššiu prevádzkovú teplotu než AGM akumulátory.**

– pri nabíjaní AGM akumulátora pri vyššej teplote okolia (nad 40 °C) môže dôjsť k **tzv. teplotnému skratu** za vývinu značného množstva plynov, ktorého dôsledkom môže byť až deštrukcia akumulátora.

➔ **Bezúdržbové koncepcie akumulátorov (či už gélové alebo AGM) sú konštrukčne riešené tak, že plyny vznikajúce pri neskorších fázach nabíjania z dôvodu elektrochemických dejov, sa spätne „recyklujú“ na elektródach v akumulátore a touto technológiou bolo umožnené vytvoriť hermeticky uzatvorený akumulátor bez akejkoľvek údržby. U týchto**

typov akumulátorov však vďaka hermetickému uzatvoreniu vznikla požiadavka na to, aby pri ich nabíjaní nedošlo k tzv. **plynnému napätiu (14,6 V)**, pri ktorom dochádza k elektrolytickému rozkladu vody na plynný vodík a kyslík, kedy plyny vznikajúce v nadmernom množstve by akumulátor nestačil naspäť recyklovať na svojich elektródach a došlo by k prekročeniu prahu kombinácie plynov akumulátora a v spojení s vyššou teplotou okolia by mohlo dôjsť k deštrukcii akumulátora!

Pre gélový akumulátor musí byť nabíjacie napätie v rozmedzí 14,1–14,4 V, pre AGM akumulátor môže byť nepatrne vyššie a teda 14,4–14,5 V a pre klasický akumulátor so zaplavenou elektródou je to rozmedzie 14,0–14,4 V. Toto prísne rozmedzie napätia kontrolujú inteligentné nabíjačky, ktoré dosahujú max. napätie 14,4 V, ktoré je univerzálne a zdravé pre nabíjanie všetkých typov akumulátorov. Gélové a AGM akumulátory sú veľmi citlivé na prebíjanie – oveľa viac, ako klasický akumulátor so zaplavenou elektródou, pozri ďalej v texte.

➔ Gélové a AGM akumulátory sú vo výkonnostných parametroch navzájom podobné.

Vybíjanie a nabíjanie akumulátorov

➔ Akumulátory sú zdrojom el. prúdu a napätia z dôvodu premeny elektrochemicky aktívnych látok na elektródach za účasti kyseliny sírovej, ktorá je súčasťou elektrolytu. Týmito aktívnymi látkami sú: **oxid olovičitý na kladnej elektróde (anóde)** a **čisté kovové olovo na zápornej elektróde (katóde)** a za spotreby kyseliny sírovej z elektrolytu dochádza pri vybíjaní akumulátora k ich spotrebovaniu a premene na síran olovnatý, ktorý vytvára povlak **na oboch elektródach – dochádza teda k sulfatácii oboch elektród (síran = sulfát, preto sulfatácia)**. 100% vybitý akumulátor teda obsahuje **katódu a anódu obalenú povlakom síranu olovnatého a v elektrolyte je iba destilovaná voda bez prítomnosti kyseliny, pretože kyselina sírová bola spotrebovaná na tvorbu síranu olovnatého. 100% vybitý akumulátor má na svorkách nulové napätie a negeneruje žiadny prúd.**

➔ **Pri nabíjaní akumulátora nastáva opačný proces – desulfatácia elektród**, pri ktorej je síran olovnatý na oboch elektródach premenený späť na aktívne látky; **na anóde sa tvorí zase oxid olovičitý a na**

katóde sa opäť tvorí čisté kovové olovo a do elektrolytu sa vracia späť kyselina sírová, ktorá sa elektrochemickými reakciami na elektródach v priebehu nabíjania tvorí tiež.

→ Čo sa deje v akumulátore, ak ku svorkám nie je pripojený žiadny spotrebič a akumulátor sa nenabíja?

↪ V akumulátore prebiehajú rovnaké deje, ako pri vybíjaní, pretože aktívne látky na elektródach v nabitom akumulátore majú vysokú reakčnú energiu a celý systém prirodzene smeruje do stavu s nižšou reakčnou energiou, čo je tvorba stabilného síranu olovnatého na oboch elektródach až, kým sa nedosiahne veľmi nízke napätie na svorkách akumulátora.

↪ Zachovanie vysokej kapacity akumulátora, minimálny pokles napätia pri nárazovom odbere prúdu z akumulátora, životnosť akumulátora závisí od čo najdokonalejšej desulfatácii elektród pri nabíjaní akumulátora.

Neúplné dobíjanie akumulátora do stavu úplného nabitia – napr. pri krátkych výjazdoch v zime, veľkom odbere prúdu množstvom elektrospotrebičov vo vozidle, kedy alternátor vozidla nestačí akumulátor dobiť;

Časté dobíjanie akumulátora zo stavu nízkeho či hlbokého nabitia; Ponechávanie akumulátora v hlboko vybitom stave a nabíjanie vysokým nabíjacím prúdom spôsobuje, že nedochádza k dokonalej desulfatácii elektród a síran olovnatý nie je z elektród úplne odstránený, na elektródach sa hromadí, a tým sa znižuje aktívna plocha elektród, čo v konečnom dôsledku spôsobuje rýchle vybitie akumulátora, znižuje schopnosť dodávať vysoký prúd a výrazne klesá životnosť akumulátora.

↪ Za vysokú kapacitu a dlhú schopnosť prevádzky akumulátora je zodpovedný užívateľ, aby sledoval napätie akumulátora napr. testovacím zariadením batérií či voltmetrom a včas zaistil správne nabíjanie akumulátora primeraným nabíjacím prúdom. Ak klesne poškodenie akumulátora sulfatáciou pod istú hranicu, napätie pod 9 V, potom po určitej dobe k oživeniu akumulátora nepomôže žiadny prístroj. Niektorí výrobcovia akumulátorov pri výrobe používajú elektródy s účinnou antisulfatačnou úpravou, ktorá dokáže výrazne predĺžiť životnosť akumulátora.

→ Na zníženie kapacity akumulátora má vplyv tiež teplota okolia a hustota elektrolytu, pozri ďalej.

→ **Šesťčlánkový (12 V) akumulátor je úplne vybitý, ak má svorkové napätie bez akéhokoľvek zaťaženia 11,8 V! U trojčlánkového (6 V) akumulátora sú hodnoty polovičné, teda 5,8 V.**

Ak má 12 V akumulátor napätie 10,5 V, je hlboko vybitý. Rôzne typy akumulátorov majú rôznu odolnosť voči tomu, aby boli hlboko vybité.

Údržbový akumulátor so zaplavenou elektródou vydrží hlboko vybitý 1–3 dni!

Gélový akumulátor vydrží približne 4 týždne a AGM niečo medzi.

Akumulátor by sa mal nabíť okamžite, ako napätie klesne na hodnotu 11,9–12,2 V!!

Udáva, že pravidelné nabíjanie akumulátora z úplne vybitého stavu znižuje jeho kapacitu 10x. Pravidelné vybíjanie do polovice kapacity znižuje kapacitu asi 5x. Vybíjanie do straty 10 % významne neznižuje životnosť akumulátora.

→ Nabíjanie vybitého akumulátora má tri pásma napätia.

→ Do napätia 13,2 V na elektródach dochádza k tvorbe kyseliny sírovej a hustota elektrolytu sa zvyšuje na 1,15 g/cm³ (prvé pásmo napätia). Potom nabíjanie pokračuje v druhom pásme napätia, keď prebieha premena síranu olovnatého na elektródach až do napätia 14,7 V pri súčasnom zvýšení hustoty elektrolytu na 1,25 g/cm³. **Pri napätí 14,6 V sa začne na elektródach rozkladať voda a akumulátor začne bublať – na anóde akumulátora dochádza k výraznému vývinu kyslíku a na katóde k vývinu vodíka. Napätie 14,6 V sa tak nazýva plynné napätie.**

Ak akumulátor splynuje pri nižšom napätí ako 14,6 V a výraznejšie sa zahrieva, je zasiahnutý intenzívnejšou sulfatáciou a to tým viacej, čím skôr dochádza k tvorbe plynov.

Hneď ako sa rozloží všetok síran olovnatý, napätie na svorkách akumulátora stúpne na 16,2 až 16,8 V a hustota elektrolytu stúpne na maximum, teda na 1,28 g/cm³ (tretie pásmo napätia). Akumulátor búrlivo splynuje a vypadá to tak, ako kedy sa elektrolyt varil. Nejedná sa ale o var, ale o masívny vývin vodíka a kyslíka na elektródach.

Po dosiahnutí napätia 16,2–16,8 V sa ďalej napätie na svorkách akumulátora nezvyšuje a všetka ďalšia akumulátoru dodaná energia sa spotrebováva na elektrolytický rozklad vody na vodík a kyslík.

Vplyvom prirodzeného odparovania vody a jej elektrolytickému rozkladu na plyny, ktorý preda len vplyvom javov na elektródach, aj keď v malom množstve prebieha, je nutné u akumulátora so zaplavenou elektródou občas kontrolovať hladinu elektrolytu a prípadne doplniť destilovanú vodu (**vodou zbavenú elektricky vodivých iónov**). To nie je nutné u bezúdržbových akumulátorov.

Po pripojení spotrebiča na práve nabitý akumulátor jeho napätie ihneď klesne na cca 12,6–12,9 V, kyselina sa začne rozkladať, hustota elektrolytu začne klesať a na povrchu elektród sa začne tvoriť síran olovnatý (sulfatácia elektród).

➔ **Meranie napätia na svorkách akumulátora so zaplavenou elektródou je nutné prevádzať po viac ako 2 hodinách od posledného nabíjania či jazdy. U bezúdržbových akumulátorov až po 24 hodinách, inak by ste získali nepravdivé výsledky.**

➔ **Úroveň nabitia akumulátora vo vzťahu k napätiu na svorkách**

Napätie na svorkách	Úroveň nabitia
$\geq 12,9$ V	100 %
12,4–12,5 V	75 %
12,1–12,2 V	50 %
11,9–12,0 V	25 %
11,8 V	vybitý
$\leq 10,5$ V	hlboko vybitý

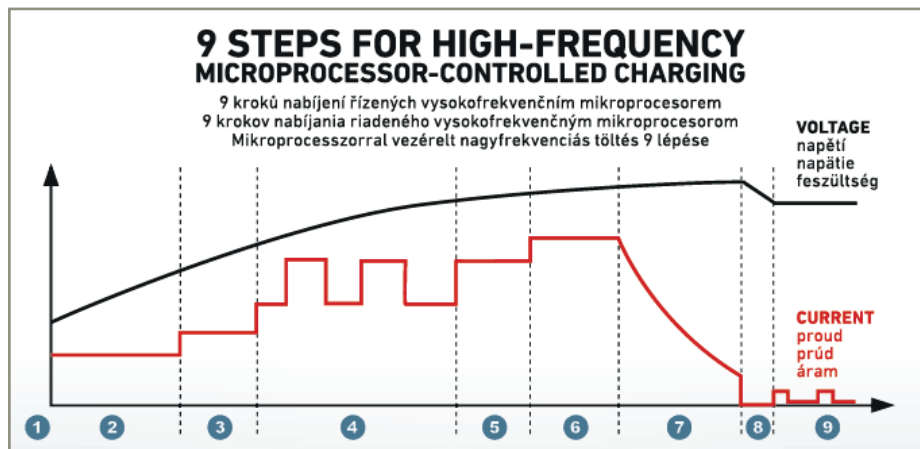
➔ U úplne nabitého nového akumulátora so zaplavenou elektródou môže byť napätie na svorkách vyššie ako 12,9 V.

➔ **Nabíjací prúd**

➔ **Akumulátory by mali byť dobíjané nabíjacím prúdom s veľkosťou cca 5–10 % ich kapacity (tzn. 0,05 až 0,1 násobok kapacity akumulátora, napr. pre akumulátor s kapacitou 60 Ah je to nabíjací prúd 3–6 A). Vysoký nabíjací prúd akumulátora škodí a podporuje sulfatáciu akumulátora.**

Pri vysokom nabíjacom prúde dochádza k presýteniu elektrolytu v tesnej blízkosti elektród produktami vznikajúcimi pri nabíjaní z dôvodu ich nedostatočne rýchleho odvodu do okolitého elektrolytu difúziou a síran olovnatý, ktorý je treba pre nabitie akumulátora na elektródach rozpustiť, sa tak rozpúšťa pomalšie, čo sa paradoxne môže prejavíť rýchlym nárastom napätia na svorkách akumulátora, ktoré ale po ukončení nabíjania môže zas dosť rýchlo klesať. Preto je pre pravdivé overenie nabitia akumulátora previesť meranie s dostatočným časovým odstupom po nabití, pozri vyššie, inak získate nepresné výsledky. Na zachovanie vysokého výkonu a dlhej životnosti akumulátora a tiež z bezpečnostných dôvodov je lepšie vyššie nabíjacie prúdy nepoužívať.

➔ Niektoré inteligentné nabíjačky majú v procese nabíjania fázu nabíjania pulzným prúdom, kedy sa pravidelne striedajú fázy nárastu nabíjacieho prúdu s poklesom a sú doplnené o medzi fázy konštantného prúdu. Takýto priebeh nabíjacieho prúdu, ktorý je v rozsahu 0,05 až 0,1 násobku kapacity akumulátora alebo nižší, je veľmi efektívny a zdravý spôsob nabíjania, pretože poskytuje čas na to, aby nedochádzalo k presýteniu elektrolytu v blízkosti elektród a tým aj k nedokonalej desulfatácii.



➔ Výber nabíjačky s určitou inteligenciou (u ktorej nie je možné prispôbiť max. veľkosť nabíjacieho prúdu vzhľadom ku kapacite nabíjaného akumulátora), by mal byť prevedený podľa veľkosti jej max. výstupného nabíjacieho prúdu vo vzťahu ku kapacite akumulátora, ktorý bude nabíjať.

➔ Na nabíjanie akumulátorov vo vozidlách na benzín, ktoré majú z dôvodu nižšieho nároku na štartovací prúd aj nižšiu kapacitu akumulátora a teda v rozmedzí 50–60 Ah, by mala byť použitá nabíjačka s nabíjacím prúdom cca 4 A.

Na nabíjanie akumulátorov v dieslových vozidlách, ktoré majú z dôvodu vysokých nárokov na štartovací prúd aj silnejšie akumulátory s kapacitou 70 Ah a vyššiu, by sa mala používať nabíjačka s vyšším nabíjacím prúdom, tzn. cca 8 A.

➔ Nabíjačku s nižším nabíjacím prúdom môžete použiť na nabíjanie akumulátora s vyššou kapacitou, nabíjanie bude trvať dlhšie, ale nie je to škodlivé. V opačnom prípade to môže byť problematické, záleží od povolených nabíjacích prúdov, ktoré deklaruje výrobca akumulátora.

➔ Výnimočne a ojedinele môžete akumulátor v prípade potreby jeho rýchleho nabitia použiť nabíjací prúd v rozmedzí 0,5 až 1 násobku jeho kapacity, čo je v prípade akumulátora s kapacitou 50 Ah nabíjací prúd 25–50 A, takýto nabíjací prúd však musí byť povolený výrobcom akumulátora a neplatí to všeobecne!

→ Akumulátory majú rôznu citlivosť na zvýšené nabitie

➔ U **gélových akumulátorov** je absolútnym pravidlom, že napätie na svorkách nesmie prekročiť **14,4 V**. **Napätie musí byť v rozmedzí 14,1–14,4 V**.

Pri prekročení napätia o **0,5 V** (tzn. v rozsahu 14,6–14,9) napr. nesprávne nastavenou sústavou na nabíjanie vo vozidle, či použitím nabíjačky bez inteligencie, ktorá nereaguje na stav nabitia akumulátora, sa skracaje životnosť akumulátora o **1/3**, pri napätí vyššom ako o **0,7 V** potom o viac ako **60%**. Ďalej pri dosiahnutí plynovacieho napätia 14,6 V dochádza k vývinu plynov na elektródach, čo nie je u bezúdržbových akumulátorov z dôvodu hermetického uzatvorenia žiadúce.

➔ U **AGM akumulátora** napätie nesmie prekročiť **14,5 V**, aby nedošlo k výraznej tvorbe plynov pri dosiahnutí plynovacieho napätia.

➔ Pri nabíjaní **bezúdržbových akumulátorov** je treba kontrolovať teplotu akumulátora, aby neprekročila **40 °C** z dôvodu tzv. teplotného skratu, ktorý môže viesť k deštrukcii akumulátora, pozri vyššie. Pri vyššej okolitej teplote bude potrebné zaistiť chladenie akumulátora.

➔ **Inteligentné mikroprocesorové nabíjačky preto dosahujú maximálne napätie na svorkách akumulátora 14,4 V, ktoré je univerzálne a zdravé pre nabíjanie všetkých typov akumulátorov a reagujú tak na stav nabitia akumulátora.**



➔ Nabíjanie pri nižšej teplote

➔ V chladnejšom prostredí je nutné zvýšiť nabíjacie napätie úmerne poklesu okolitej teploty.

Dosahované napätia na svorkách akumulátora sú obvykle deklarované pre teplotu 25 °C.

Nabíjacie napätie by malo byť upravené vzhľadom na okolitú teplotu cca o 0,03 V na 1 °C odchylný od 25 °C, tzn. na každých 10 °C odchyľujúcich sa od 25 °C by malo byť nabíjacie napätie zmenené o 0,3 V – pri nižších teplotách než 25 °C by malo byť v tomto prepočte nabíjacie napätie zvýšené a pri vyššej teplote v tomto pomere znížené. Niektoré nabíjačky s určitou inteligenciou, ktoré dosahujú pri teplote v miestnosti max. nabíjacie napätie 14,4 V majú aj možnosť nastavenia nabíjacieho režimu pre nižšiu teplotu s max. napätím 14,7 V.

Prepočtom podľa vyššie uvedeného môžeme odvodiť, že toto napätie je dimenzované pre teplotu okolia cca 15 °C – to je pre nabíjanie akumulátora pri teplote, ktorá zodpovedá teplote v garáži. Ak je teplota nižšia ako 15 °C, potom je možné akumulátor preniesť do miestnosti s vyššou teplotou a nabíjať ho do max. napätia 14,4 V pri nabíjacom režime nabíjačky určenom pre teplotu v miestnosti. V prípade použitia nabíjačiek bez inteligencie môžete nabíjacie napätie nastaviť podľa potreby vzhľadom k prepočtu voči teplote okolia. V prípade prenosných elektrických nabíjačiek a akumulátora, ktorý môžete vytiahnuť, teda nie je problém, len je treba pri nízkej teplote okolia upraviť nabíjacie napätie alebo nabíjať pri vyššej teplote okolia.

Problém však môže nastať u nabíjacieho systému vozidla, keď napr. alternátor motocykla je pevne nastavený na nabíjacie napätie 14,0 V, okolitá teplota je približne 0 °C a akumulátor je vychladnutý. V takom prípade je pre gélový akumulátor potrebné nabíjacie napätie $14,4 + 25 \times 0,03 =$ cca 15,15 V a z toho vyplýva, že akumulátor nie je palubnou zostavou vozidla úplne nabitý a tak veľkým odberom pri chladných štartoch a nižšej kapacite akumulátora v chladnom

prostredí, môže dôjsť k problémom so štartovaním.

Ak má inteligentná nabíjačka možnosť nastavenia režimu nabíjania v chladnom prostredí a nie je možné akumulátor vytiahnuť a nabíjať pri teplote v miestnosti, napr. ak je teplota okolia okolo 0°C alebo nižšia, voľte tento zimný nabíjací režim na nabíjanie 12 V autobaterií vždy, aby sa čo najviac znížil rozdiel medzi nabíjacím napätím 14,4 V a potrebným nabíjacím napätím v zime. Tento rozdiel pre požadované nabíjacie napätie je pre teplotu okolia -10°C teda len $15,45 - 14,4 = 1,01$ V, ale rozdiel napätia 1 V je tiež v rozmedzí medzi úplne nabitým a vybitým akumulátorom, pozri tabuľka vyššie, ktorá vystihuje veľkosť napätia na svorkách akumulátora na úrovni nabitia (vybitia). Naopak zimný režim nabíjania nie je dobré používať na nabíjanie pri teplote v miestnosti alebo vyššej teplote z dôvodu nežiadúceho vyššieho napätia.

→Zapojenie/odpojenie akumulátora a nabíjačky

⊖ Z bezpečnostných dôvodov je nutné dodržiavať nasledujúce pravidlá, ktoré sú veľmi významné hlavne pre nabíjanie akumulátorov so zaplavenou elektródou, pretože sa pri nabíjaní vytvára výbušný a horľavý vodík, ktorý uniká von a pri pripájaní/odpájaní nabíjačky by mohlo začať nebezpečne iskriť. **Pred pripojením/odpojením nabíjačky ju vždy najskôr odpojme od zásuvky 230 V. Ak chceme akumulátor vytiahnuť, je vždy nutné najskôr odpojiť záporný pól a až potom kladný.** Prúd preteká od zápornej elektródy ku kladnej, a tak sa minimalizuje riziko iskrenia pri odpájaní kladnej svorky.

Pri zapájaní akumulátora je nutné najskôr pripojiť kladný pól a až potom záporný. To isté platí pri pripájaní nabíjačky k akumulátoru. Pred pripojením nabíjačky k akumulátoru bez toho aby bol akumulátor vytiahnutý, je nutné najskôr odpojiť záporný pól batérie, potom pripojiť kladnú svorku nabíjačky ku kladnej svorke akumulátora a nakoniec záporný pól nabíjačky k zápornému pólu akumulátora.

→Samovoľné vybíjanie akumulátorov

⊖ Úplne nabitý odpojený akumulátor so zaplavenou elektródou sa vplyvom samovoľného vybíjania vybije za 6–9 mesiacov.

U naplno nabitého gélového akumulátora klesne kapacita pri 25°C na

80% pôvodnej hodnoty **za 6 mesiacov, u AGM akumulátora je to za 4 mesiace** a akumulátora so zaplavenými elektródami je to za 2 mesiace (platí pre úplne odpojený akumulátor bez akéhokoľvek odberu prúdu). **Klasické akumulátory so zaplavenou elektródou pri teplote 25 °C vplyvom samovoľného vybíjania znižujú svoje napätie na svorkách cca 8–10 mV/deň; AGM o 3–4 mV/deň a gélové 2–3 mV/deň. S teplotou okolia 40 °C kapacita akumulátora klesá dvojnásobne rýchlejšie, než je uvedené vyššie.**

➔ Ak je akumulátor pripojený k elektrickému okruhu a nenabíja sa alternátorom, proces samovoľného vybíjania je oveľa rýchlejší, než je vyššie uvedená rýchlosť vybíjania pri teplote 25 °C u odpojeného akumulátora, pozri napr. pripojený akumulátor k elektrickej centrále, ktorá nie je dlhý čas v prevádzke. V tomto prípade sa akumulátor môže veľmi rýchlo vybiť a následne zničiť, preto pred uskladnením elektrickej centrály či odstavením vozidla na dlhší čas akumulátor úplne nabite, odpojte od elektrického okruhu a po uplynutí určitého času skontrolujte napätie a nabite ho.

Odstavený dobrý akumulátor so zaplavenou elektródou, ktorý nie je zasiahnutý sulfatáciou stačí pravidelne nabíjať raz za 1–2 mesiace, gélový či AGM akumulátor stačí nabíjať každé 3–4 mesiace. Je treba však priebežne kontrolovať napätie na svorkách akumulátora, rýchlosť vybíjania je totiž závislá od teploty, pozri vyššie.

Akumulátor je veľmi dobré skladovať v chladnej suchej miestnosti (nad 0 °C, pozri nižšie). **Vysoká teplota akumulátorom neprospieva.**

➔ Kedy zamrzá akumulátor so zaplavenou elektródou?

➔ Naplno nabitý akumulátor so zaplavenou elektródou má hustotu elektrolytu 1,28 g/cm³ a k stuhnutiu elektrolytu dochádza až pri teplote –68 °C. **Z polovice vybitý akumulátor s hustotou elektrolytu 1,15 g/cm³ zamrzá pri teplote –15 °C, vybitý akumulátor s hustotou elektrolytu 1,1 g/cm³ zamrzá pri teplote –7 °C a hlboko vybitý akumulátor zamrzá pri teplote tesne pod 0 °C.**

Samovoľným vybíjaním akumulátora sa spotrebováva kyselina sírová na sulfatáciu elektród, a tak klesá hustota elektrolytu z 1,28 k 1,0 g/cm³. Hustota čistej vody je 1,0 g/cm³.

→ Aj keď dobrý a nabitý akumulátor so zaplavenou elektródou v zime nezamrzne, prečo v zime vozidlo horšie štartuje?

→ Je to dané vyššou viskozitou (nižšia tekutosť) elektrolytu v akumulátore pri nižšej teplote, kedy dochádza k problematickému miešaniu elektrolytu v akumulátore a pomalšej distribúcii kyseliny sírovej k povrchu elektród. Kyselina sa pri nízkej teplote okolia nestačí dostatočne rýchlo načas dostať k povrchu elektród, tak ako by to bolo potrebné a dochádza tak k rýchlejšiemu vyčerpaniu aktívnej zložky elektrolytu pri povrchu elektród a akumulátor má tak nižšiu kapacitu.

Udáva sa, že v rozsahu teploty +30 °C až -10 °C klesá kapacita akumulátoru cca o 1 % s každým stupňom Celzia. Táto skutočnosť tiež veľmi závisí od odoberaného prúdu, tak čím je odoberaný prúd väčší, tým je pokles kapacity akumulátora väčší. **Preto pri veľkých štartovacích prúdoch a teplotách pod bodom mrazu klesá kapacita akumulátora veľmi výrazne.**

→ **Kapacita akumulátora okrem teploty okolia výrazne závisí od hustoty elektrolytu** (ovplyvnenie hustoty elektrolytu užívateľom má význam iba u údržbových akumulátorov so zaplavenou elektródou), pretože kyselina sírová, ktorá je aktívnou zložkou elektrolytu, sa podieľa u úplne nabitého akumulátora hustotou 1,28 g/cm³. Ak by sme do akumulátora dali elektrolyt s hustotou o 0,06 g/cm³ nižšiu, tj. 1,22 g/cm³, akumulátor s kapacitou 12 Ah sa potom bude chovať tak, ako by mal kapacitu 9 Ah. **To znamená, že použitie elektrolytu s nižšou hustotou o 4,6 %, zníži kapacitu akumulátora na 75 % voči jeho pôvodnej menovitej hodnote.**

Komerčne dostupná kyselina sírová, ktorú môžete do akumulátora použiť, musí niesť označenie akumulátorová a je tiež už namiešaná na hmotnostnú koncentráciu 38 %, čo zodpovedá hustote 1,285 g/cm³. Kyselina musí tiež spĺňať požiadavky na chemickú čistotu a obsiahnutá voda musí byť destilovaná (zbavená iónov), aby nedošlo k poškodeniu akumulátora.

→ Dá sa niečo robiť s akumulátorom, ktorý je veľmi zasiahnutý sulfatáciou?

→ Ak sa akumulátor rýchlo vybije (má nízku kapacitu), pri nabíjaní sa výrazne zahrieva a začína plynovať hneď po zahájení nabíjania a paradoxne v priebehu nabíjania rastie napätie rýchlejšie, sú to prvé príznaky výraznejšej sulfatácie akumulátora.

Ak je akumulátor dlhšiu dobu v hlboko vybitom stave (napätie na svorkách je pod 10,5 V), pozri vyššie v texte, akumulátor sa nemusí podariť oživiť žiadnym prístrojom alebo spôsobom.

➔ Na oživenie akumulátora môžete skúsiť napr. opakované nabíjanie malým konštantným nabíjacím prúdom s veľkosťou 0,05 až 0,025 násobku kapacity akumulátora až do jeho úplného nabitia bez ohľadu na dobu nabíjania (môže to trvať veľmi dlho). U veľmi zasiahnutého akumulátora sulfatáciou môžete starý elektrolyt nahradiť destilovanou vodou a nabíjať ho prúdom cca 0,02 násobku jeho kapacity až do silného vývinu plynov. Hneď ako napätie dosiahne cca 15 V (u trojčlánkového akumulátora je to 7,5V), môžete vodu vyliať a akumulátor okamžite naplniť čerstvým elektrolytom s hustotou 1,28 g/cm³ a potom ho nabíjať bežným spôsobom.

Vyššie popísané metódy s výnimkou opakovaného nabíjania malým konštantným prúdom nemôžete aplikovať pre úplne bezúdržbové AGM alebo gélové akumulátory.

➔ Niektoré inteligentné nabíjačky majú funkciu regenerácie (desulfatácie) akumulátora a dokážu zdvihnúť jeho napätie na úroveň schopnú prevádzky, ale táto schopnosť inteligentných nabíjačiek sa líši podľa výrobcu a niektoré môžete aplikovať na akumulátory, ktoré javia príznaky výraznejšej sulfatácie, ale sú do určitej miery funkčné. Od určitej hranice napätia tieto nabíjačky budú hlásiť poruchu a akumulátor nezregenerujú a ani nenabijú.

Pre vyššie uvedené pokusy o oživenie akumulátora musia byť použité nabíjačky s manuálnym nastavením prúdu alebo sú na trhu dostupné aktivátora určené na oživenie autobatérií, ktoré do akumulátora dodávajú vysoký prúd v pravidelných krátkodobých pulzoch, čo urýchľuje rozpúšťanie sulfátov z elektród akumulátora. Prerušované dodávky vysokého prúdu tak bránia poškodeniu akumulátora a presýteniu elektrolytu na povrchu elektród.

→ Čo nám hovorí údaj o kapacite akumulátora

➔ Kapacita sa udáva v ampérhodinách so skratkou Ah a býva označená napr. **$C_{20} = 55 \text{ Ah}$** , čo vyjadruje, že pri odbere prúdu **$55/20 = 2,75 \text{ A}$** bude akumulátor pokrývať energetickú spotrebu spotrebiča na dobu 20 hodín. Označenie C_{20} vyjadruje zaťažovanie na dobu 20 hodín. Niekedy býva uvedená kapacita s označením C_{10} a vyjadruje zaťaženie na dobu 10 hodín.

→ Za ako dlho sa nám akumulátor vybije

→ Kapacita akumulátora závisí od hodnoty vybíjacieho prúdu a mení sa podľa typu akumulátora.

Ak budeme mať gélový akumulátor alebo AGM alebo klasický so zaplavenou elektródou s rovnakou menovitou kapacitou napr. $C_{20} = 55 \text{ Ah}$ a budeme svietiť reflektorom so spotrebou prúdu 5 A pri vypnutom motore, za ako dlho sa nám akumulátor vybije (alebo ako dlho nám reflektor vydrží svietiť)?

→ Odoberaný prúd 5 A musíme prepočítať na veľkosť prúdu podľa typu akumulátora. Faktorom pri prepočítavaní je rozsah mocnín (násobku) prúdu, ktorý je pre každý typ akumulátora určený.

- Pre akumulátor so zaplavenou elektródou je mocnina odoberaného prúdu v rozsahu $X^{1,2-1,6}$ A
- Pre gélové akumulátory je mocnina odoberaného prúdu v rozsahu $X^{1,1-1,25}$ A
- Pre AGM je to $X^{1,05-1,15}$ A

→ **Rozsah mocnín je odrazom účinnosti akumulátora. Čím viac sa mocnina blíži jednej, tým menej bude prúd 5 A zvýšený, a tým dlhšie nám vydrží reflektor svietiť. Z tohto najlepšie vychádzajú AGM akumulátory.**

- Pre **akumulátor so zaplavenou elektródou** je odoberaný prúd $5^{1,2}$ až $5^{1,6}$, tj.: **6,8 A až 13,1 A**
- Pre **gélový akumulátor** je odoberaný prúd $5^{1,1}$ až $5^{1,25}$, tj.: **5,8 A až 7,4 A**
- Pre **AGM akumulátor** je odoberaný prúd $5^{1,05}$ až $5^{1,15}$, tzn.: **5,4 A až 6,36 A**

→ Teraz musíme vydeliť kapacitu 55 Ah prepočítaným prúdom, aby sme zistili, ako dlho nám akumulátor vydrží dodávať energiu žiarovke so spotrebou prúdu 5A.

Pre akumulátory, ktoré sú v dobrom stave a úplne nabité, vychádzajú nasledujúce doby schopnosti prevádzky:

- Pre **akumulátor so zaplavenou elektródou** je to výdrž cca: $55/6,8$ až $55/13,1$, tj.: **8,08 – 4,19 hodín**
- Pre **gélový akumulátor** je to výdrž cca: $55/5,8$ až $55/7,4$, tj.: **9,48 – 7,43 hodín**
- Pre **AGM akumulátor** je to výdrž cca: $55/5,4$ až $55/6,36$, tj.: **10,18 – 8,64 hodín**

➔ Z vypočítanej doby výdrže vyplýva, že najlepší AGM akumulátor s rovnakou menovitou kapacitou 55 Ah, vydrží svietiť o viac ako 2 hodiny dlhšie, než najlepší akumulátor so zaplavenou elektródou.

→ Menovitá kapacita 55 Ah pre jednotlivé typy akumulátorov je teda pri odbere prúdu 5A znížená nasledujúcim spôsobom:

➔ Pre **akumulátor so zaplavenou elektródou:**

8,08 x 5 až 4,19 x 5, tj. **40,4 až 20,95 Ah**

➔ Pre **gélový akumulátor:**

9,48 x 5 až 7,43 x 5, tj. **47,4 až 37,15 Ah**

➔ Pre **AGM akumulátor:**

10,18 x 5 až 8,64 x 5, tj. **50,9 až 43,2 Ah**

Az ólomakkumulátorok világa – kézikönyv

➔ Az ólomakkumulátor kénsav vizes oldatába merülő ólom és ólom-oxid lemezeket (elektródákat) tartalmazó cellákból áll. A terheletlen cellák névleges feszültsége 2,1 V.

A sorba kapcsolt cellák feszültsége összeadódik. A 12 V-os akkumulátornak nevezett, hat cellából álló akkumulátor névleges üresjáratú feszültsége 12,6 V. A 6 V-os akkumulátornak nevezett, három cellából álló akkumulátor névleges üresjáratú feszültsége 6,3 V.

Járművekben, áramfejlesztőkben stb. használatos ólomakkumulátorok típusai

➔ A hagyományos, karbantartást igénylő akkumulátorban kénsav és desztillált víz oldatába merülnek bele a fésűszerűen elhelyezett ólom elektródák (lemezek), amelyek között az elektrolitot átteresztő elválasztó lapok találhatók. Ezeket az akkumulátorokat **savas akkumulátoroknak** is hívják. Az ilyen akkumulátoroknak a felső lapján **ellenőrző dugók** találhatóak, amelyeknek a kicsavarozása után az akkumulátorban ellenőrizni lehet az elektrolit szintjét és sűrűségét, valamint itt lehet betölteni a desztillált vizet. Ezek az akkumulátorok rendszeres **karbantartást** igényelnek. Az akkumulátorba kizárólag csak ionmentes **desztillált vizet** szabad betölteni. Az iontartalmú víz (pl. hagyományos csapvíz) betöltése megváltoztatja az elektrolit vezetőképességét, és rosszabb esetben az akkumulátor belső zárlatát is okozhatja.

➔ A **karbantartást nem igénylő** akkumulátorok esetében az elektródák nem folyékony elektrolitban, hanem elzselésített elektrolitban (szilika-gélben) találhatóak. Ezeket az akkumulátorokat zselés akkumulátoroknak hívják. Ha az elektródák között bór-szilikát párna (felitatott üvegszálaz szeparátor) található, amely megköti az elektrolitot és közvetlenül felfekszik az elektródák felületére (az elektrolit nem folyik szabadon az elektródák között), akkor ezeket az akkumulátorokat **AGM (kötött elektrolitos) akkumulátoroknak** hívják.

A zselés és az AGM akkumulátorokat nem szabad egymás között felcserélni, mivel ezek egymástól eltérő típusú akkumulátorok.

Az ilyen akkumulátorok teljesen zárt kivitelűek (zárt a házuk), mivel a használatuk (és élettartamuk alatt) nem kell a gondozásukkal foglalkozni, tehát nem kell ellenőrizni az elektrolit szintjét és sűrűségét, illetve nem kell utólag desztillált vizet betölteni.

A gondozásmentes akkumulátorok gyakran **MF** (*Maintenance Free*) jellel vannak megjelölve.

Mivel ezek az akkumulátorok légmentesen le vannak zárva, az elfordításuk vagy felborulásuk esetén ezekből nem folyik ki elektrolit.

➔ A fent említett akkumulátor típusok házába egyirányú működésű túlnyomás ellen védő szelep is be lehet építve (nyitónyomás 10–40 kPa), amely az akkumulátor belső nyomásának a megnövekedése esetén kinyit. Ezeket az akkumulátorokat **szeleppel vezérelt VRLA** (VRLA = Valve Regulated Lead Acid) akkumulátorként is szokás megjelölni. Az ilyen szeleppel ellátott akkumulátorok általában zselés vagy AGM akkumulátorok, mivel ezeknek a túltöltése a belső nyomás veszélyes megnövekedését, vagy akár az akkumulátor felrobbanását is előidézhetheti. A túlnyomás szelepet **nem szabad** az elektrolit utántöltéséhez felhasználni, illetve ezt a szelepet nem szabad kiszerezni vagy megváltoztatni. Ezen a szelepen keresztül nem tud az elektrolit kifolyni az akkumulátorból (pl. felborulás esetén). A szelepen keresztül a levegő sem tud az akkumulátorba jutni.



VRLA zselés akkumulátor
túlnyomás szeleppel

A különböző típusú akkumulátorok tulajdonságainak az összehasonlítása

➔ Hagyományos, elektrolittal elárasztott elektródás akkumulátor

➔ Nagyon kicsi belső ellenállás

– Ennek köszönhetően az akkumulátor rövid ideig nagy áramot képes leadni, miközben a kapocsfeszültség értéke csak elhanyagolható mértékben csökken. Ez nagyon fontos tulajdonság a járművek

indítása során, mivel a benzinmotoros járművek indítómotorjának az áramfelvétele 80–120 A, míg a dízelmotorok indításához akár 400 A-re is szükség van! A dízelmotorokkal szerelt járművek esetében a beépített akkumulátor kapacitása általában meghaladja a 70 Ah-t, míg a benzinmotoros járművekben általában 60 Ah kapacitású akkumulátor található.

➔ Nagy energiahatékonyság

– Az akkumulátor hosszú ideig biztosítja a fogyasztók működéséhez szükséges áramot. Az elárasztott elektródás ólomakkumulátor hatásfoka eléri a 85 %-is.

➔ A hagyományos akkumulátor kevésbé érzékeny a túltöltésre (mint a zselés vagy AGM akkumulátorok)

➔ A járműben jobban elviselik a nehezebb körülmények közti használatot

– Például a hőmérséklet ingadozásokat, váltakozó áramterheléseket.

➔ Jobb ár/teljesítmény arány

➔ A zselés és az AGM akkumulátorok összehasonlítása

➔ Az AGM akkumulátorok nagyobb teljesítményre és indítóáram leadásra képesek, mint a zselés akkumulátorok, mivel az elektródák aktív felülete nagyobb és jobb az akkumulátor áramvezető képessége is.

➔ A zselés akkumulátorok kevésbé érzékenyek a mélykisülésre (amikor a feszültség $< 10,5$ V). Használaton kívül jobban tűrik a mélykisülést, valamint lassabb az önkisülésük, mint az AGM akkumulátoroknak.

Az önkisülés mértéke (kapocsfeszültség-csökkenés a pólusokon), hagyományos elektrolitos akkumulátoroknál 8–10 mV/nap; AGM akkumulátoroknál 3–4 mV/nap, zselés akkumulátoroknál 2–3 mV/nap. Az önkisülést bizonyos tényezők meggyorsítják.

A karbantartást igénylő hagyományos elektrolitos akkumulátorok legfeljebb csak 1-3 napot bírnak ki mélykisülés esetén!

A zselés akkumulátorok 4 hétig, az AGM akkumulátorok, körülbelül 2 hétig viselik el a mélykisüléssel állapotot.

➔ **A zselés akkumulátorok kevésbé érzékenyek a magasabb üzemi hőmérsékletekre (mint az AGM akkumulátorok).**

– Ha az AGM akkumulátorokat magasabb környezeti hőmérsékleten töltik fel (40°C felett), akkor **ún. hőzárlat** következhet be (nagy mennyiségű gáz felszabadulásával), ami az akkumulátor házának a szétrobbanásához is vezethet.

➔ A karbantartást nem igénylő akkumulátorok (zselés vagy AGM) szerkezeti kialakítása olyan megoldást tartalmaz, amely a töltés későbbi szakaszában keletkező gázokat (az elektrokémiai folyamatok során) az elektródák elnyelik (újra feldolgozzák), ezért az ilyen akkumulátorok teljesen zárt kivitelűek lehetnek (gondozásmentes akkumulátorok). Az ilyen (hermetikusan lezárt) akkumulátorok esetében azonban nem szabad túllépni az úgynevezett **gázképző feszültséget (14,6 V)**, amely felett a víz hidrogénre és oxigénre bomlik szét. Ha túl nagy mennyiségben szabadulna fel e két gáz, és az elektródák a nagyobb mennyiséget már nem tudnák újra feldolgozni, akkor a magasabb külső hőmérséklet hatására az akkumulátor felrobbanhat!

A zselés akkumulátor töltőfeszültsége 14,1–14,4 V között, az AGM akkumulátor töltőfeszültsége 14,4–14,5 V között, a hagyományos folyékony elektrolitos akkumulátorok töltőfeszültsége 14,0–14,4 V között lehet. Ezeket a pontos töltőfeszültség tartományokat csak az intelligens akkumulátortöltők tudják biztosítani és vezérelni. A max. 14,4 V-os töltőfeszültség univerzális mindegyik típushoz, ezzel a feszültséggel mindegyik akkumulátor típus tölthető. A zselés és az AGM akkumulátorok jóval érzékenyebbek a túltöltésre, mint a hagyományos folyékony elektrolitos akkumulátorok (lásd később).

➔ A zselés és AGM akkumulátorok teljesítmény paraméterei közel azonosak.

Az akkumulátorok kisütése és töltése

➔ Az akkumulátorok kémiai áramforrások: a villamos energia termelése kémiai anyagok átalakulása révén jön létre. A savas ólomakkumulátor működésében három aktív anyag játszik szerepet: az ólom, az ólomdioxid és az elektrolitban található kénsav. Az egyes anyagok és szerepeik: **ólomdioxid a pozitív elektródán (anódon), tiszta fém ólom a negatív elektródán (katódon)**, és kénsav az elektrolitban.

A kisütés során (amikor fogyasztót kapcsolunk az akkumulátor pólusaira) az elektródák ólom-szulfáttá alakulnak át, **mindkét elektróda felületén fehér ólom-szulfát réteg alakul.**

A 100%-ban kisütött akkumulátorban a **katódot és az anódot ólom-szulfát réteg veszi körbe, az elektrolitban pedig csak desztillált víz található, mert a kénsav elhasználdott az ólom-szulfát létrehozásának a folyamatában. A 100%-ban kisütött akkumulátor kapcsolófeszültsége nulla és nem generál áramot sem.**

➔ **A töltés során a** folyamat megfordul, **az elektródákon** található szulfát ismét aktív anyagokká alakul át: **az anódon (pozitív lemezen) ólom-oxidá, a katódon (negatív lemezen) tiszta ólom, illetve az elektródákon a vízzel együtt kénsav, ami az elektrolit sűrűségének a növekedését okozza.**

➔ **Mi történik az akkumulátorban, ha a pólusaihoz nincs elektromos fogyasztó csatlakoztatva és akkumulátor nincs feltöltve?**

➔ Az akkumulátor belsejében külső áramkör zárása nélkül is kisülési folyamat zajlik le, ez az önkisülés. Az elektródák aktív anyagai a magasabb reakciós energia állapotokból alacsonyabb reakciós energia állapotba kívánnak kerülni, aminek hatására a két elektródán ólom-szulfát réteg alakul ki. Ez a folyamat addig tart, amíg a kapcsolófeszültség nagyon alacsony értékre csökken le.

➔ Az akkumulátor kapacitásának a megőrzése, a nagy áramfelvételhez kapcsolódó feszültségesés minimális értéke, továbbá az akkumulátor élettartama nagy mértékben függ a töltés során végbemenő kémia átalakítás tökéletességétől (az ólom-szulfát minél tökéletesebb átalakításától).

Akkumulátor nem teljesen töltött állapotba való feltöltése: ilyen helyzet például a téli gyakori de rövid autózás, amikor az elektromos fogyasztók nagy áramfelvétele miatt a generátor nem tudja az akkumulátort a menet ideje alatt teljesen feltölteni.

Akkumulátor gyakori töltése alacsony töltöttségi állapotból vagy mélykisülésből.

Ha az akkumulátort hosszabb ideig erősen lemerült állapotban tárolják, majd nagy töltőárammal töltik fel, akkor az ólom-szulfát réteg nem tud teljes mértékben átalakulni, felgyűlik az elektróda

felületén és csökkenti az elektróda aktív felületét, ami az akkumulátor gyorsabb kisüléséhez vezet (az akkumulátor nem tudja biztosítani a kívánt áramerősséget), így az akkumulátor gyorsabban tönkremegy.

→ Az akkumulátor kapacitásának a megőrzéséért, valamint az akkumulátor folyamatos működőképességéért az üzemeltető felel, ezért javasoljuk, hogy gyakran mérje az akkumulátor feszültségét (teszterrel vagy voltmérővel), és időben töltsse fel (megfelelő töltőárammal) az akkumulátort. Amennyiben túl sok, a vegyi folyamatba vissza nem vihető szekunder szulfát van már az elektródákon, és az akkumulátor feszültsége 9 V alá süllyed, akkor nincs olyan töltőkészülék, amely az akkumulátor „újraélesztését” végre tudná hajtani. Néhány akkumulátor gyártó olyan elektródákat használ, amelyek részben meggátolják a szulfát visszamaradását, így akkumulátor élettartama hosszabb lesz.

→ Az akkumulátor kapacitásának a csökkenésében jelentős szerepet játszhat a környezeti hőmérséklet és az elektrolit sűrűsége is (lásd később).

→ **A hatcellás (12 V-os) akkumulátor teljesen ki van sűtve (le van merülve), ha a kapocsfeszültsége (terhelés nélkül) 11,8 V! A háromcellás (6 V-os) akkumulátor esetében ez az érték 5,8 V. Ha a 12 V-os akkumulátor kapocsfeszültsége 10,5 V, akkor ez az akkumulátor mélykisütés állapotába került. A különböző típusú akkumulátorok mélykisütés elleni tűrésállósága különböző. A karbantartást igénylő hagyományos folyékony elektrolitos akkumulátorok legfeljebb csak 1-3 napot bírnak ki mélykisütés esetén!**

A zselés akkumulátorok 4 hétig, az AGM akkumulátorok körülbelül két hétig viselik el a mélykisütés állapotát.

Ha az akkumulátor kapocsfeszültsége 11,9–12,2 V alá süllyed, akkor akkumulátort azonnal fel kell tölteni!!

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a teljesen lemerült akkumulátor gyakori töltése az akkumulátor 10%-os kapacitáscsökkenését okozza. A félig lemerült akkumulátor gyakori töltése az akkumulátor 5%-os kapacitáscsökkenését okozza. A 10%-os mértékű kisülésről való gyakori feltöltés az akkumulátor élettartamát csak nagyon kis mértékben csökkenti.

→ A lemerült akkumulátor töltésének három feszültségtartománya van.

→ 13,2 V-os feszültségig az elektródákon kénsav képződik, az elektrolit sűrűsége pedig $1,15 \text{ g/cm}^3$ értékre nő (ez az első feszültségtartomány). Ezt követően, a töltés a második feszültségtartományba kerül, amelynek során az ólom-szulfát alakul át. Ez az állapot 14,7 V-ig tart, miközben az elektrolit sűrűsége $1,25 \text{ g/cm}^3$ -re növekszik. **14,6 V-os feszültségnél az elektródákon megindul a vízbontás (amit buborékképződés jelez ki).** Az anódon nagyobb mennyiségben oxigén, a katódon hidrogén szabadul fel. **A 14,6 V-os feszültséget gázképződési feszültségnek is hívják. Amennyiben az akkumulátorban a töltés során már 14,6 V-os feszültség alatt gázképződés látható, akkor ez azt jelzi, hogy az elektródán szekunder szulfát lerakódás van (minél kisebb feszültségnél indul be a gázképződés, annál nagyobb a szulfátlerakódás).**

Amikor az ólom-szulfát elfogy az elektródákról, akkor az akkumulátor feszültsége 16,2 - 16,8 V lesz, az elektrolit sűrűsége pedig eléri a maximális sűrűséget $1,28 \text{ g/cm}^3$ (ez a harmadik feszültségtartomány). Az akkumulátorban nagyon erős a gázképződés, úgy tűnik, mintha az elektrolit felforrt volna. Ez azonban nem forrás, hanem jelentős gázképződés az elektródákon (oxigén és hidrogén szabadul fel).

A 16,2–16,8 V-os feszültségtartomány elérése után a feszültség a kapcsokon már nem nő tovább, az akkumulátor töltésére fordított energia teljes mértékben a vízbontásra (oxigén és hidrogén képzésére) használdik el.

A víz természetes elpárolgása, illetve a kis mennyiségben meglévő elektrolitikus gázképződés miatt, a folyékony elektrolitos ólomakkumulátorokban időnként ellenőrizni kell az elektrolit szintjét, és ha szükséges, akkor **desztillált vizet (ásványi anyagoktól és vezető ionoktól mentes vizet) kell betölteni.** A karbantartást nem igénylő akkumulátoroknál ezt az ellenőrzést nem kell végrehajtani.

Amennyiben a feltöltött akkumulátorhoz elektromos fogyasztókat csatlakoztatunk, akkor a feszültsége azonnal kb. 12,6–12,9 V-ra csökken. Megkezdődik a kénsav bomlása, az elektrolit sűrűsége csökken, és az elektródákon megkezdődik az ólom-szulfát képződés.

→ **A folyékony elektrolitos akkumulátorokon a kapocsfeszültséget az utolsó töltést (vagy a motor leállítását) követő 2 óra múlva kell megmérni. A gondozásmentes akkumulátorokon a mérést 24 óra múlva kell végrehajtani, ellenkező esetben a mérés hibás értéket eredményez.**

→ Az akkumulátor töltöttségének a mértéke a kapocsfeszültséghez viszonyítva

Kapocsfeszültség	Akkumulátor töltöttségi állapota
$\geq 12,9$ V	100 %
12,4-12,5 V	75 %
12,1-12,2 V	50 %
11,9-12,0 V	25 %
11,8 V	kisütött
$\leq 10,5$ V	mélykisütés

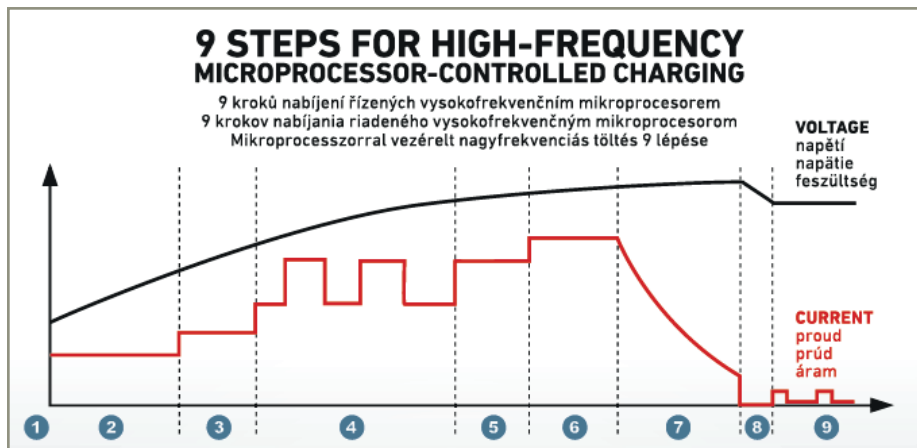
→ A teljesen feltöltött folyékony elektrolitos akkumulátor esetében a kapocsfeszültség 12,9 V-nál nagyobb is lehet.

→ Töltőáram

→ Az akkumulátort a névleges kapacitás számértékének az 5–10 %-os áramértékével kell tölteni (tehát ha az akkumulátor kapacitása 60 Ah, akkor a töltőáram ennek a számértéknek a 0,05 – 0,1-szerese, ami 3–6 A-t jelent). Az ennél nagyobb töltőáram káros lehet az akkumulátorra (az elektródák szulfátosodását okozza).

Túl nagy töltőáram alkalmazása esetén az elektrolit az elektródák közvetlen közelében telítődik a töltéskor keletkező kémiai anyagokkal (ezek az anyagok a gyors töltés közelében nem tudnak megfelelő sebességgel eltávozni az elektródáktól). Ennek következtében az ólom-szulfát (amit a töltéssel az elektródákról felbontunk), a kelleténél lassabban bomlik fel, így paradox módon az akkumulátor kapcsain a feszültség megnő (ami a töltés befejezése után azonban gyorsan csökkenni fog). Ezért az akkumulátor tényleges feszültségének a mérését a fent megadott idő eltelte után kell végrehajtani, ellenkező esetben a mérés eredménye hibás lesz. Az akkumulátor teljesítményének és hosszú élettartamának a megőrzése érdekében az akkumulátor töltéséhez ne használjon nagy töltőáramot.

→ Az intelligens akkumulátortöltők ciklikusan váltakozó impulzus árammal töltik az akkumulátort (a nagy áramerősséget csökkenés követi, ami között konstans töltőáram tölti az akkumulátort). Az ilyen töltőáram lefutás kíméletes akkumulátortöltést jelent, mivel a 0,05 – 0,1-szeres töltőáram (a kapacitás értékéből számítva) hatékonyan és kímélő módon tölti a cellákat, és elegendő időt biztosít az elektrolit eltávozásához az elektródák felületétől (a szulfát bomlását nem akadályozza túltelített elektrolit).



→ Az akkumulátortöltő kiválasztása során figyelembe kell venni a fent leírtakat, tehát ha csak részben intelligens akkumulátortöltőt kíván vásárolni (amelyen nem állítható be a töltendő akkumulátorok kapacitásának megfelelő maximális töltőáram), akkor a konkrét töltendő akkumulátor kapacitás értékéből számolt maximális töltőáramot biztosító akkumulátortöltőt kell alkalmazni.

→ A benzinmotoros járművekben alkalmazott (kisebb indítóáramot biztosító és kisebb kapacitású) 50–60 Ah-s akkumulátorokat kb. 4 A-es töltőárammal kell feltölteni.

A dízelmotoros járművekben alkalmazott (nagyobb indítóáramot biztosító és nagyobb kapacitású) 70 Ah-nál magasabb kapacitással rendelkező akkumulátorokat kb. 8 A-es töltőárammal kell feltölteni.

→ Kisebb töltőárammal rendelkező akkumulátortöltőt szabad a nagyobb kapacitású akkumulátorokhoz használni, de számolni kell azzal, hogy a töltési idő hosszabb lesz (ez azonban nem károsítja az akkumulátort). Nagyobb töltőáramú akkumulátortöltőt azonban csak akkor szabad használni kisebb kapacitású akkumulátorok töltéséhez, ha az akkumulátor gyártója által megadott adatok között szerepel az akkumulátortöltő töltőáramának az értéke (mint megengedett töltőáram).

→ Kivételes esetekben az akkumulátort gyorsabban is fel lehet tölteni (a névleges kapacitás számértékéből számolt 50–100%-os áramértékkel), ami például egy 50 Ah-s akkumulátor esetében 25–50 A-t jelent, de csak akkor ha az akkumulátor gyártója ezt a műszaki adatok között engedélyezi. Ez azonban nem általánosan megengedett töltési mód!

→Az akkumulátorok különböző módon érzékenyek a túltöltésre

⊖ A **zselés akkumulátorokra** általában érvényes, hogy a kapcsolófeszültségük nem lehet **14,4 V-nál nagyobb!**

A kapcsolófeszültségnek 14,1 és 14,4 V között kell lennie.

Ha a kapcsolófeszültség **0,5 V-tal nagyobb** (tehát 14,6 és 14,9 V közé esik), például a rosszul beállított töltőelektronika, vagy nem intelligens akkumulátortöltő használata miatt, akkor az akkumulátor élettartama **1/3-dal, 0,7 V-tal nagyobb** feszültség esetén **60%-kal** csökken.

A gázképző feszültség (14,6 V) elérése után megindul az elektródákon a gázképződés, ami a karbantartást nem igénylő és légmentesen lezárt akkumulátorok esetében rendkívül veszélyes és nem kívánatos jelenség.

⊖ Az **AGM akkumulátorok esetében** a feszültség nem lépheti túl a **14,5 V értéket**, ellenkező esetben jelentős mennyiségben gáz szabadul fel.

⊖ A **karbantartást nem igénylő akkumulátorok töltése során az akkumulátor hőmérséklete nem lépheti túl a 40°C-t**, ellenkező esetben ún. hőzárlat állhat be, amely az akkumulátor szétrobbanását okozhatja (lásd fent). Magasabb környezeti hőmérséklet esetén biztosítani kell az akkumulátor folyamatos hűtését.

⊖ A mikroprocesszoros vezérlésű intelligens akkumulátortöltők esetében az akkumulátorok kapcsain a feszültség nem lépi túl a 14,4 V értéket. Ez egy univerzális feszültségérték, amellyel minden akkumulátortípus tölthető. Ezek az akkumulátortöltők figyelik az akkumulátor töltöttségi állapotát is.



→Akkumulátorok töltése alacsonyabb hőmérsékleten

⊖ Hidegebb környezetben a töltőfeszültséget (a hőmérséklet figyelembe vételével) növelni kell.

Az akkumulátor kapcsain mért feszültség általában 25°C-os hőmérsékleten értendő.

A töltőfeszültséget úgy kell beállítani, hogy a 25°C-tól való eltérés minden 1°C-ra 0,03 V-tal kell a töltőfeszültséget megváltoztatni (ez 10°C-onként 0,3 V-os töltőfeszültség változást jelent). Ha a hőmérséklet 25°C-nál alacsonyabb, akkor a töltőfeszültséget növelni, ha magasabb akkor csökkenteni kell.

Bizonyos alacsonyabb intelligenciájú akkumulátortöltők esetében (amelyek szobahőmérsékleten max. 14,4 V-os töltőfeszültséget érnek el), alacsonyabb környezeti hőmérsékletekhez lehetővé teszik a max. 14,7 V-os töltőfeszültség beállítását is. A fenti számadatokból következik, hogy ez a töltőfeszültség érték kb. 15°C-os környezeti hőmérsékletre érvényes (pl. garázsban való töltés során). Ha a garázsban ennél alacsonyabb a környezeti hőmérséklet, akkor javasoljuk a töltést szobahőmérsékleten végrehajtani (max. 14,4 V-os töltőfeszültséggel). Amennyiben hagyományos (intelligencia nélküli) akkumulátortöltőt használ, akkor a fenti számadatokat figyelembe véve számolja ki a környezeti hőmérséklethez kapcsolódó (beállítandó) töltőfeszültséget. A hordozható akkumulátortöltők és a járműből kivett akkumulátorok esetében a fentiek figyelembe vételével, a környezeti hőmérséklet függvényében kell a töltőfeszültséget beállítani és az akkumulátort feltölteni.

Problémát jelenthet azonban a járműben való akkumulátortöltés, mivel a generátor töltőfeszültsége fixen 14,0 V-ra van beállítva. Ha a környezeti hőmérséklet 0°C, az akkumulátor pedig hideg, akkor a következő helyzet alakul ki. Az akkumulátor töltéséhez a következő töltőfeszültséget kellene alkalmazni: $14,4 + 25 \times 0,03 = \text{kb. } 15,15 \text{ V}$.

A generátor ezt nem tudja biztosítani, ezért a gyakori hidegindítás és a rövid utazások miatt az akkumulátor hideg időben (általában télen) nem töltődik fel teljesen, ami egy idő után indítási problémákat okoz.

Ha az Ön által használt intelligens akkumulátortöltőn van lehetőség téli üzemmód bekapcsolására, és az akkumulátort hideg helyen (pl. 0°C-os környezeti hőmérséklet mellett) kell feltölteni (anélkül, hogy az akkumulátort kiszerezne a járműből), akkor ezt a téli üzemmódot mindig kapcsolja be, hogy a 12 V-os akkumulátor töltéséhez szükséges 14,4 V-os töltőfeszültség a hőmérséklettől függően nagyobb legyen. Ha a környezeti hőmérséklet például -10°C, akkor a töltőfeszültséget $15,45 - 14,4 = 1,01 \text{ V}$ -tal kellene növelni. **Az 1 V-os feszültségkülönbség azonban már a teljesen feltöltött és kisütött akkumulátor kapocsfeszültségének a különbsége is** (lásd fent a töltési állapotokhoz kapcsolódó kapocsfeszültség táblázatban a „kisütött” sort). A téli üzemmódot szobahőmérsékleten való töltés során ne használja, mert a készülék nem kívánt mértékben magasabb töltőfeszültséget szolgáltat.

→ Az akkumulátor és az akkumulátortöltő csatlakoztatása

⚠ Biztonsági okokból az alábbi szabályokat feltétlenül be kell tartani, különösen a folyékony elektrolitot tartalmazó ólomakkumulátorok

töltése során. Ennél az akkumulátornál áll fenn a legnagyobb a veszélye annak, hogy a gázképződés következtében összegyűlt durranógázt a keletkező elektromos szikrák berobbanhatják. **Mindig az akkumulátortöltőt kell először a 230 V-os aljzathoz kihúzni. Ha az akkumulátort ki kívánja szerelni (a járműből), akkor előbb a negatív pólust bontsa meg (csak ezt követően a pozitív pólust).** Az áram a negatív pólustól a pozitív pólus felé halad, így minimalizálható a szikraképződés.

Az akkumulátor bekötése során előbb a pozitív pólust kell bekötni (majd a negatív pólust). Ez érvényes az akkumulátortöltő akkumulátorhoz csatlakoztatására is. Ha az akkumulátort nem kívánja kiszerezni a járműből, akkor előbb a negatív pólust bontsa meg, majd csatlakoztassa az akkumulátorhoz az akkumulátortöltő pozitív pólusát, végül csatlakoztassa az akkumulátortöltő negatív pólusát az akkumulátor negatív pólusához.

→Az akkumulátorok önkisülése

⊕ A teljesen feltöltött **folyékony elektrolitot tartalmazó ólomakkumulátor** az önkisülés következtében **6–9 hónap alatt teljesen lemerül.** A teljesen feltöltött **zselés akkumulátor kapacitása** 25°C-on az eredeti kapacitás 80%-ra csökken le **6 hónap alatt. Az AGM akkumulátoroknál ez az idő 4 hónap,** míg folyékony elektrolitot tartalmazó ólomakkumulátornál 2 hónap (az előző adatok a szabadon álló, fogyasztóval nem terhelt akkumulátorokra vonatkoznak). **Az önkisülés mértéke hagyományos elektrolitos akkumulátoroknál (25°C hőmérsékleten) 8–10 mV/nap; az AGM akkumulátoroknál 3–4 mV/nap, a zselés akkumulátoroknál 2–3 mV/nap. 40°C-os hőmérsékleten az önkisülés mértéke az előző értékeknek a duplája.**

⊕ Ha az akkumulátor a járműben csatlakoztatva van a jármű elektromos rendszeréhez, és a generátor nem tölti az akkumulátort, akkor az önkisülési folyamat gyorsabb a fent említett szabadon álló és 25°C-os környezeti hőmérsékleten található akkumulátor önkisülésénél. Ilyen eset az áramfejlesztő indítóakkumulátora is (ha az áramfejlesztőt hosszabb ideig nem használják). Az önkisülés után megkezdődik a mélykisülés folyamata (ami az akkumulátor tönkremenetelét okozza), ezért ha hosszabb ideig nem használja a járművet vagy az áramfejlesztőt, akkor az akkumulátort töltsse fel teljesen, majd válassza le az elektromos rendszerről, és az előírt időközönként ellenőrizze

le az akkumulátor kapocsfeszültségét (töltöttségi állapotát), és ha szükséges, akkor töltsé fel az akkumulátort.

A folyékony elektrolitot tartalmazó ólomakkumulátort (amelyben a szulfátosodás még nem indult meg) 1–2 havonta, a zselés vagy AGM akkumulátort 3–4 havonta kell feltölteni. A kapocsfeszültséget azonban ennél gyakrabban kell ellenőrizni, mert az akkumulátor kisülési sebessége a hőmérséklettől is függ (lásd fent).

Az akkumulátort hűvös és száraz helyen (0°C feletti hőmérsékleten) tárolja (lásd fent). **A magas tárolási hőmérséklet kedvezőtlen hatással van az akkumulátor kapacitására.**

→ Mikor fagy meg a folyékony elektrolitos akkumulátorban a folyadék?

⊖ A teljesen feltöltött akkumulátor elektrolitjának a sűrűsége 1,28 g/cm³, az elektrolit –68°C alatt fagy meg. **A félig feltöltött akkumulátor elektrolitjának a sűrűsége 1,15 g/cm³, ez –15°C-nál fagy meg. A teljesen lemerült akkumulátor elektrolitjának a sűrűsége 1,1 g/cm³, ez –7°C-on fagy meg, míg a mélykisüléssel akkumulátorban az elektrolit már 0°C alatt megfagy.**

Az akkumulátor önkisülési folyamata közben a kénsav ólom-szulfáttá alakul át az elektródákon, aminek következtében az elektrolit sűrűsége 1,28-ról folyamatosan 1,0 g/cm³-re csökken. A tiszta víz sűrűsége 1,0 g/cm³.

→ A jó állapotban lévő és teljesen feltöltött folyékony elektrolitos akkumulátorról miért nehezebb télen a startolás?

⊖ Ez az elektrolit magasabb viszkozitása (alacsonyabb folyékonysága) miatt van. Hidegebb időben az elektrolit veszít a folyékonyságából, a kénsav nehezebben jut el az elektródák felületéhez. A kevésbé folyékony elektrolitban a kénsav áramlása az elektródák felületéhez lassabban történik meg. Az elektródák közelében az elektrolit aktív összetevője gyorsabban elhasználódik, és mivel az elektródáknál a kénsav utánpótlása nem éri a szükséges mértéket, úgy tűnik, hogy az akkumulátor kapacitása kisebb.

Az általános megfigyelések szerint +30°C és –10°C között az akkumulátor kapacitáscsökkenése Celsius fokonként 1%. Ehhez még hozzájön a felvett áramerősségtől függő kapacitáscsökkenés is. Minél nagyobb a felvett áram, annál nagyobb a kapacitáscsökkenés. Fagyponthoz alatti hőmérsékleten és nagy indítóáramok esetén az akkumulátor látszólagos kapacitása jelentős mértékben csökken.

➔ **Az akkumulátor kapacitására jelentős mértékben hatással van az elektrolit sűrűsége is** (az elektrolit sűrűségét a felhasználó csak a karbantartást igénylő folyékony elektrolitos akkumulátoroknál tudja megváltoztatni). Az elektrolit egyik összetevője a kénsav, amely teljesen feltöltött akkumulátor esetében $1,28 \text{ g/cm}^3$ sűrűséget biztosít az elektrolitnak. Ha az elektrolit sűrűségét például $0,06 \text{ g/cm}^3$ értékkel csökkentenénk ($1,22 \text{ g/cm}^3$ -re), akkor az akkumulátor, amelynek az eredeti kapacitása 12 Ah volt, úgy viselkedik, mintha a kapacitása csak 9 Ah lenne. **Tehát a 4,6%-kal kisebb sűrűségű elektrolitot tartalmazó akkumulátor kapacitása az eredeti érték 75%-ra csökken.**

A kereskedelemben megvásárolható akkumulátor kénsav (amelyet az akkumulátorba lehet tölteni) 38 %-os koncentrációval rendelkezik, ami $1,285 \text{ g/cm}^3$ sűrűségnek felel meg. A kénsav oldatnak tisztának kell lennie, és csak desztillált vizet szabad tartalmaznia (a vízben nem lehetnek ásványi anyagok, ionok), ellenkező esetben az akkumulátor meghibásodik.

➔ **Lehet javítani az elszulfátosodott akkumulátort?**

➔ Ha az akkumulátor gyorsan lemerül (alacsony a kapacitása), töltés közben erősen felmelegszik és az elektrolitban buborékok jelennek meg, valamint a töltés közben a feszültség a normál feszültségváltozásnál gyorsabban növekszik, akkor ez utal arra, hogy az akkumulátorban megkezdődött a szulfátosodás.

Ha az akkumulátor hosszabb ideig mélykisütési állapotban volt (a kapocsfeszültsége 10,5 V alatti), akkor valószínűleg már nincs olyan készülék és eljárás, amellyel az akkumulátort ismételten fel lehet „éleszteni”.

➔ Az akkumulátor felélesztését meg lehet próbálni a kapacitás számértékéből számolt 0,05 – 0,025-szörös töltőárammal. Az akkumulátort teljesen fel kell tölteni (ha lehet), függetlenül attól, hogy milyen hosszú ideig tart a töltés (akár nagyon hosszú időt is igénybe vehet). Az erős szulfátosodást mutató akkumulátorok esetében az elektrolit kiöntése és desztillált vízzel való helyettesítése után, az akkumulátort a kapacitás számértékéből számolt kb. 0,02-szeres töltőárammal kell feltölteni (egészen az erősebb gázfejlődésig). Amikor az akkumulátor eléri a kb. 15 V-t (háromcellás akkumulátornál a 7,5V-t), a vizet ki kell önteni, és az akkumulátorba friss, $1,28 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű elektrolitot kell betölteni, majd az akkumulátort normál módon fel kell tölteni.

A fent leírt módszerek (az ismételt és kis töltőárammal való töltés kivételével), a karbantartást nem igénylő AGM vagy zselés akkumulátoroknál nem alkalmazható.

➔ Bizonyos intelligens akkumulátortöltők rendelkeznek regeneráló funkcióval is (szulfát-mentesítés), amely képes az akkumulátort ismét üzemképes állapotba visszaállítani. Ezt a funkciót azonban nem mindegyik akkumulátortöltő tartalmazza, illetve nem lehet a funkciót bármilyen akkumulátornál alkalmazni. Általában igaz, hogy csak azokat az akkumulátorokat lehet regenerálni, amelyek a jelentős szulfátosodás ellenére részben üzemképesek. Bizonyos feszültségtartományokban ezek az akkumulátortöltők hibát jeleznek ki, ami azt jelenti, hogy az akkumulátort már nem lehet regenerálni és feltölteni.

A fenti „felélesztési” módszerekhez olyan akkumulátortöltőket kell használni, amelyeknél kézzel lehet a töltőáramot beállítani. Egyes gyártók kínálnak olyan készülékeket (aktivátorokat) is, amelyek rövid, de nagy töltőáramú impulzusokkal gyorsítják az elektródák felületén található szulfát felbomlását. A szaggatott és nagy töltőáram korlátozza az akkumulátor tönkremenetelét és az elektrolit túltelítődését az elektróda felületének a közelében.

→Az akkumulátor kapacitása

➔ A kapacitás értékét amperórában (Ah) adják meg, pl. $C_{20} = 55 \text{ Ah}$, ami azt jelenti, hogy $55/20 = 2,75 \text{ A}$ áramfelvétel esetén az akkumulátor a csatlakoztatott elektromos fogyasztókat 20 órán keresztül tudja energiával ellátni. A C_{20} jelölés a 20 órán keresztül tartó kisütésre vonatkozik. Előfordulnak más kapacitásérték jelölések is, pl. a C_{10} 10 órán keresztül tartó kisütésre vonatkozik.

→Mennyi idő telik el az akkumulátor kisütéséig?

➔ Az akkumulátor kapacitása függ a kisütőáramtól és akkumulátor típusonként különböző.

Ha például egy zselés, vagy egy AGM, vagy egy hagyományos folyékony elektrolitos és azonos névleges kapacitású (pl. $C_{20} = 55 \text{ Ah}$) akkumulátorra ránkötünk egy reflektort (amelynek az áramfelvétele 5 A), akkor mennyi idő múlva merülnek le (sütnek ki) az egyes akkumulátorok (mennyi ideig fog világítani a csatlakoztatott reflektor)?

→ Az 5 A-es áramfelvételt (kisütőáramot) át kell számolnunk az adott akkumulátor típusra. Az átszámítási tényező egy hatványkitevő, amely minden akkumulátor típus esetében adott.

➔ A hagyományos folyékony elektrolitos akkumulátornál az áramfelvétel hatványkitevője: $X^{1,2-1,6} \text{ A}$

➔ A zselés akkumulátornál az áramfelvétel hatványkitevője: $X^{1,1-1,25} \text{ A}$

➔ Az AGM akkumulátornál az áramfelvétel hatványkitevője: $X^{1,05-1,15} \text{ A}$

→ A hatványkitevő tartomány az akkumulátor hatékonyságát tükrözi. Minél közelebb van a hatványkitevő az 1-hez, annál kisebb számmal van az 5 A-es áramfelvétel megszorozva (annál hosszabb ideig világít a reflektor). A fentiek szerint a legjobb az AGM akkumulátor.

- A **folyékony elektrolitos akkumulátornál** a számított áramfelvétel $5^{1,2} \div 5^{1,6}$ között található, ami: **6,8 A és 13,1 A közötti áramértéknek felel meg.**
- A **zelés akkumulátornál** a számított áramfelvétel $5^{1,1} \div 5^{1,25}$ között található, ami: **5,8 A és 7,4 A közötti áramértéknek felel meg.**
- Az **AGM akkumulátornál** a számított áramfelvétel $5^{1,05} \div 5^{1,15}$ között található, ami: **5,4 A és 6,36 A közötti áramértéknek felel meg.**

→ Ezt követően az akkumulátor kapacitást (55 Ah) el kell osztani az egyes típusok számított áramértékeivel. A végeredmény mutatja, hogy az egyes akkumulátorok mennyi ideig tudják árammal ellátni az 5 A áramfelvétellű fényszórót.

A jó állapotú és feltöltött akkumulátorok működési ideje a következő.

- A **folyékony elektrolitos akkumulátor** esetében:
 $55/6,8 \div 55/13,1$, ami **8,08 és 4,19 óra közötti működési időt** jelent.
- A **zelés akkumulátor** esetében:
 $55/5,8 \div 55/7,4$, ami **9,48 és 7,43 óra közötti működési időt** jelent.
- Az **AGM akkumulátor** esetében:
 $55/5,4 \div 55/6,36$, ami **10,18 és 8,64 óra közötti működési időt** jelent.
- A fenti számításokból kitűnik, hogy a leghosszabb működési időt az **AGM akkumulátor szolgáltatja, amely az 55 Ah-s kapacitású akkumulátorok esetében 2 órával hosszabb ideig biztosítja a fényszóró működését (a folyékony elektródás akkumulátorral összehasonlítva).**

→ Az 55 Ah-s névleges kapacitás az egyes akkumulátor típusok esetében (5 A-es áramfelvétellel számolva), a következő tényleges kapacitásoknak felel meg.

- A **folyékony elektrolitos akkumulátor** esetében:
 $8,08 \times 5 \div 4,19 \times 5$, tehát **40,4 ÷ 20,95 Ah**
- A **zelés akkumulátor** esetében:
 $9,48 \times 5 \div 7,43 \times 5$, tehát **47,4 ÷ 37,15 Ah**
- Az **AGM akkumulátor** esetében:
 $10,18 \times 5 \div 8,64 \times 5$, tehát **50,9 ÷ 43,2 Ah**

Führer durch die Welt der Bleiakкумуляtoren

➔ Bleiakкумуляtoren bestehen aus Bleizellen (Elektroden), die sich in einem Elektrolyt befinden, wobei jede Zelle des unbelasteten Akкумуляtors eine Spannung von 2,1 V liefert. Die Zellen sind in Reihe geschaltet, ihre Spannungen werden also addiert. Ein geladener 12-Volt-Akkumulatort mit sechs Elektroden hat also eine Spannung von etwa 12,6 V. Ein Sechs-Volt-Akkumulatort mit drei Elektroden hat die halbe Spannung, d. h. 6,3 V.

Arten von Bleiakкумуляtoren in Fahrzeugen, Motorgeneratoren usw.

➔ Bei einem **herkömmlichen nicht wartungsfreien Akкумуляtor mit gefluteter Elektrode** sind die Bleielektroden in eine Lösung von Schwefelsäure in destilliertem Wasser (Elektrolyt) eingetaucht und die Elektroden sind durch elektrolytdurchlässige Separatoren voneinander getrennt. Aus diesem Grund werden sie als **Akkumulatoren mit gefluteten Elektroden** bezeichnet. Diese Akкумуляtoren sind oben mit **Kontrollstopfen**, ausgestattet, um den Elektrolytstand überprüfen zu können und gegebenenfalls destilliertes Wasser nachzufüllen. Daher werden diese Akкумуляtoren auch als **nicht wartungsfrei** bezeichnet. In den Akкумуляtor darf nur ionenfreies **destilliertes Wasser**, eingefüllt werden, da die Ionen im Wasser dieses elektrisch leitfähig machen würden und die Verwendung von ionenhaltigem Wasser den Akкумуляtor kurzschließen würde.

➔ Bei einem **wartungsfreien Akкумуляtor** sind die Elektroden in ein Kieselgel eingebettet, ein solcher Akкумуляtor wird dann als Gel-Akkumulatort bezeichnet. Wenn die Elektroden des Akкумуляtors durch einen speziellen Separator aus bordotierten, dicht an die Elektroden anliegenden Glasfasern getrennt sind und der Elektrolyt an die Glasfasern gebunden ist (d. h. der Elektrolyt befindet sich nicht frei in der Elektrodenumgebung), dann handelt es sich um einen Akкумуляtor, der als **AGM (Absorbed Glass Mat)**

bezeichnet wird. Ein Gel-Akkumulator kann nicht gegen einen AGM-Akkumulator ausgetauscht werden, da es sich um unterschiedliche Akkumulatortypen handelt.

Diese Akkumulatoren befinden sich in einem hermetisch verschlossenen Behälter, der nicht geöffnet werden darf. Sie sind so konzipiert, dass sie keine Eingriffe in das Innere und somit auch keine Wartung im Sinne der Wartung von Akkumulatoren mit gefluteten Elektroden erfordern, d. h. keine Überprüfung des Elektrolytstandes und kein Nachfüllen von destilliertem Wasser.

Akkumulatoren, die diese Art von Wartung nicht benötigen, werden zusammenfassend als **MF Akkumulatoren** („Maintenance Free“) bezeichnet.

Aufgrund des hermetischen Verschlusses kann aus diesen Akkumulatoren kein Elektrolyt austreten, wenn sie angekippt oder umgestoßen werden.

➔ Alle Akkumulatortypen können mit einem Sicherheits-Einweg-Überdruckventil mit einem Öffnungsdruck von 10-40 kPa zur Regulierung des Drucks im Inneren des Akkumulators ausgestattet werden; solche Akkumulatoren werden dann als **(VRLA -Valve Regulated Lead Acid)** bezeichnet. Bei den mit diesem Ventil ausgestatteten Akkumulatoren handelt es sich in der Regel um Gel- oder AGM-Akkumulatoren, da deren Überladung zu einem Druckanstieg bis hin zur Zerstörung führen kann.

Die Überdruckventile sind **nicht zur Bedienung vorgesehen** und dienen nicht zum Nachfüllen des Elektrolyten in den Akkumulator; über sie kann auch kein Elektrolyt auslaufen, wenn der Akkumulator umstürzt.. Durch die Ventile kann keine Luft aus der Umgebung in den Akkumulator gelangen.



Beispiel für einen VRLA Gel-Akkumulator mit Überdruckventilen

Vergleich der wichtigsten Merkmale verschiedener Akkumulatortypen

→ Konventioneller Akkumulator mit gefluteten Elektroden

↻ Sehr niedriger Innenwiderstand

– So wird dem Akkumulator ermöglicht, für kurze Zeit einen hohen Strom zu liefern, wobei der Spannungsabfall an den Akkumulatorklemmen vernachlässigbar ist. Dies ist eine sehr wichtige Eigenschaft beim Anlassen eines Fahrzeugmotors, da der Anlasser eines Benzinmotors 80–120 A, Strom verbraucht, während bei Dieselfahrzeugen 400 A und mehr benötigt werden! Für Dieselfahrzeuge wird daher eine Autobatterie mit einer höheren Kapazität von 70 Ah und mehr verwendet, für Benzinfahrzeuge mit einer Kapazität von etwa 60 Ah.

↻ Hohe Energieeffizienz

– d. h. die Fähigkeit, einen hohen Anteil an Amperestunden zu liefern. Ein Bleiakkumulator mit gefluteter Elektrode hat einen Wirkungsgrad von bis zu 85 %.

↻ Weniger empfindlich gegenüber Überladung als Gel- oder AGM-Akkumulatoren

↻ Fähigkeit der Bewältigung von anspruchsvolleren Betriebsbedingungen im Fahrzeug

– Temperaturschwankungen, Strombelastung

↻ Akzeptables Preis-/Leistungsverhältnis

→ Vergleich von Gel- und AGM-Akkumulatoren

↻ AGM-Akkumulatoren erreichen bei niedrigen Temperaturen höhere Leistungen und Startströme als Gel-Akkumulatoren, da sie eine größere aktive Elektrodenfläche und eine ausgezeichnete Ionenleitfähigkeit des Stroms haben.

↻ Gel-Akkumulatoren reagieren weniger empfindlich auf Tiefentladung (Spannung < 10,5 V), halten im Falle einer Abschaltung länger tiefentladen und entladen sich langsamer selbst als AGM-Akkumulatoren.

Die klassischen Akkus mit gefluteter Elektrode verringern durch Selbstentladung ihre Spannung an den Polen um etwa 8–10 mV/Tag; AGM-Akkus um 3–4 mV/Tag und Gel-Akkus 2– 3 mV/Tag. Es hängt auch von weiteren Bedingungen ab, welche die Selbstentladung beschleunigen.

Ein der Wartung unterliegender Akku mit gefluteter Elektrode hält eine Tiefentladung nur 1-3 Tage aus!

Ein Gel-Akku hält ungefähr Gelový 4 Wochen und ein AGM-Akku etwas dazwischen.

➔ **Gel-Batterie sind weniger empfindlich gegenüber höheren Betriebstemperaturen als AGM-Akkumulatoren.**

– Beim Laden eines AGM-Akkumulators bei höheren Umgebungstemperaturen (über 40 °C) kann es zu einem so genannten **thermischen Kurzschluss** kommen, bei dem sich eine erhebliche Menge an Gasen entwickelt, was bis zur Zerstörung des Akkumulators führen kann.

➔ Wartungsfreie Akkumulatorkonzepte (Gel oder AGM) sind in ihrer Konstruktion so konzipiert, dass die in den späteren Phasen des Ladevorgangs durch elektrochemische Prozesse entstehenden Gase an den Elektroden im Akkumulator „rezykliert“ werden. Diese Technologie ermöglichte die Schaffung eines hermetisch geschlossenen Akkumulators ohne jegliche Wartung. Bei diesen Akkumulatortypen ist es jedoch aufgrund des hermetischen Abschlusses notwendig, das Erreichen der so genannten **Gasungsspannung (14,6 V)**, während des Ladevorgangs zu vermeiden, bei der die elektrolytische Zersetzung von Wasser in gasförmigen Wasserstoff und Sauerstoff stattfindet, wobei die stark entstehenden Gase nicht mehr von den Akkumulatorelektroden rezykliert werden können und die Schwelle für eine Rekombination der Akkumulatorgase überschritten wird, wodurch in Verbindung mit der höheren Umgebungstemperatur der Akkumulator zerstört werden könnte!

Bei einem Gel-Akkumulator muss die Ladespannung im Bereich von 14,1–14,4 V liegen, bei einem AGM-Akkumulator kann sie mit 14,4–14,5 V etwas höher sein und bei einem herkömmlichen Akkumulator mit gefluteten Elektroden liegt sie im Bereich von 14,0–14,4 V. Dieser genaue Spannungsbereich wird von intelligenten Ladegeräten kontrolliert, die eine maximale Spannung von 14,4 V erreichen, die universell und geeignet für das Laden aller Arten von Akkumulatoren

ist. Gel- und AGM-Akkumulatoren sind sehr empfindlich gegenüber Überladung - viel empfindlicher als ein herkömmlicher Akkumulator mit gefluteten Elektroden (siehe unten).

↻ Gel- und AGM-Akkumulatoren sind in ihren Leistungsparametern ähnlich.

Entladen und Aufladen von Akkumulatoren

↻ Akkumulatoren sind eine Quelle elektrischen Stroms und elektrischer Spannung aufgrund der Umwandlung elektrochemisch aktiver Stoffe an den Elektroden unter Beteiligung von Schwefelsäure, die Teil des Elektrolyten ist. Diese aktiven Stoffe sind: **Bleioxid an der positiven Elektrode (Anode)** und **reines metallisches Blei an der negativen Elektrode (Kathode)**. Wenn der Akkumulator entladen wird, wird die Schwefelsäure aus dem Elektrolyten verbraucht und in Bleisulfat umgewandelt, das einen Belag **auf beiden Elektroden bildet - die Sulfatierung beider Elektroden**.

Bei einem zu 100 % entladenen Akkumulator **sind daher die Kathode und die Anode mit Bleisulfat beschichtet und das Elektrolyt enthält nur destilliertes Wasser ohne Säure, da die Schwefelsäure unter Bildung von Bleisulfat verbraucht wurde. Ein zu 100 % entladener Akkumulator hat keine Spannung an den Polen und erzeugt keinen Strom.**

↻ **Beim Laden des Akkumulators** findet der umgekehrte Prozess statt - die **Entsulfatierung der Elektroden**, bei der das Bleisulfat an beiden Elektroden wieder in die aktiven Stoffe umgewandelt wird; **an der Anode bildet sich wieder Bleioxid und an der Kathode reines metallisches Blei, und die Schwefelsäure**, die während des Ladens ebenfalls durch elektrochemische Reaktionen an den Elektroden gebildet wird, wird in den Elektrolyten zurückgeführt.

→ **Was passiert im Akkumulator, wenn kein Gerät an den Klemmen angeschlossen ist und der Akkumulator nicht geladen wird?**

↻ Im Akkumulator laufen die gleichen Prozesse ab wie bei der Entladung, da die aktiven Stoffe auf den Elektroden in dem geladenen

Akkumulator eine hohe Reaktionsenergie haben und sich das gesamte System auf natürliche Weise in Richtung eines Zustands mit geringerer Reaktionsenergie bewegt, nämlich die Bildung von stabilem Bleisulfat auf beiden Elektroden, bis eine sehr niedrige Spannung an den Akkumulatorklemmen erreicht wird.

➔ Der Erhalt einer hohen Akkukapazität, minimaler Spannungsrückgang bei spitzenartiger Stromabnahme von der Batterie hängen von einer möglichst besten Entfernung des Sulfats von den Elektroden beim Aufladen vom Akku ab.

Unvollständige Aufladung vom Akku bis zum vollen Ladezustand – z. B. bei kurzen Fahrten im Winter, hohe Stromabnahme durch viele Verbrauchergeräte im Fahrzeug, wobei die Lichtmaschine es nicht schafft, den Akku voll aufzuladen;

Häufige Aufladung vom Akku aus tiefem oder niedrigem Ladezustand;

Das Belassen der Batterie im tiefentladenen Zustand und Aufladen mit einem hohen Ladestrom verursachen, dass zu einer unzureichenden Entfernung des Sulfats von den Elektroden kommt und das Bleisulfat wird von der Elektrodenoberfläche nicht vollständig entfernt, häuft sich an den Elektroden an, wodurch die aktive Fläche der Elektroden verringert wird, was letztendlich zu einer schnellen Batterieentladung führt, die Fähigkeit der Batterie gemindert wird, hohen Strom zu liefern, und die Lebensdauer vom Akku wird wesentlich verkürzt.

➔ Für eine hohe Kapazität und lange Betriebsdauer der Batterie ist der Benutzer verantwortlich, da dieser die Akkuspannung z. B. mit einem Batterietester oder Spannungsmessgerät und rechtzeitig das richtige Aufladen der Batterie mit angemessenem Ladestrom sicherzustellen hat. Sinkt die Beschädigung der Batterie infolge der Sulfatversetzung der Elektroden unter einen bestimmten Pegel, Spannung unter 9 V, hilft nach einer bestimmten Zeit zu einer Wiederbelebung vom Akku kein Gerät mehr. Einige Batteriehersteller benutzen bei der Produktion Elektroden mit einer wirksamen Anti-Sulfat-Aufbereitung, welche die Lebensdauer der Batterie wesentlich verlängern kann.

➔ Die Umgebungstemperatur und die Elektrolytdichte wirken sich ebenfalls auf die Verringerung der Akkumulatorkapazität aus (siehe unten).

➔ Ein 6-Zellen-Akku (12 V) ist vollkommen entladen, falls die Klemmenspannung ohne jegliche Belastung 11,8 V beträgt! Bei einem dreizelligen Akkumulator (6 V) sind die Werte halb so hoch, d. h. 5,8 V.

Ein 12-V-Akkumulator ist bei einer Spannung von 10,5 V tiefentladen. Verschiedene Typen von Akkus haben eine unterschiedliche Beständigkeit gegen Tiefentladung.

Ein der Wartung unterliegender Akku mit gefluteter Elektrode hält eine Tiefentladung nur 1–3 Tage aus!

Ein Gel-Akku hält ungefähr 4 Wochen und ein AGM-Akku etwas dazwischen aus.

Ein Akku sollte jedoch sofort aufgeladen werden, wenn seine Spannung auf den Wert von 11,9–12,2 V sinkt!!

Es wird angegeben, dass ein regelmäßiges Aufladen vom Akku aus vollkommen entladenen Zustand seine Kapazität um 10fache mindert. Regelmäßige Entladung bis zur Hälfte der Kapazität verringert diese um 5fache. Entladen bis zu einem 10% Verlust hat keinen bedeutenden Einfluss auf die Minderung der Batteriebensdauer.

→ Das Aufladen eines entladenen Akkumulators erfolgt in drei Spannungsbereichen.

➔ Bis zu einer Spannung von 13,2 V bildet sich an den Elektroden Schwefelsäure und die Dichte des Elektrolyten steigt auf $1,15 \text{ g/cm}^3$ (erster Spannungsbereich). Die Aufladung wird dann im zweiten Spannungsbereich fortgesetzt, wo Bleisulfat an den Elektroden bis zu einer Spannung von 14,7 V umgesetzt wird, während die Dichte des Elektrolyten auf $1,25 \text{ g/cm}^3$ ansteigt. **Bei einer Spannung von 14,6 V beginnt sich das Wasser an den Elektroden zu zersetzen, und der Akkumulator fängt an zu blubbern** – an der Anode des Akkumulators entwickelt sich in erheblichem Umfang Sauerstoff und an der Kathode Wasserstoff. **Die Spannung von 14,6 V wird daher als Gasungsspannung bezeichnet.**

Wenn der Akkumulator bei einer Spannung von weniger als 14,6 V gast und sich stark erwärmt, verläuft eine stärkere Sulfatierung, und dies umso mehr, je früher Gas gebildet wird.

Sobald sich das Bleisulfat vollständig zersetzt hat, steigt die Spannung

an den Akkumulatorklemmen auf 16,2 bis 16,8 V und die Dichte des Elektrolyten erreicht das Maximum von 1,28 g/cm³ (dritter Spannungsbereich). Der Akkumulator gast heftig und der Elektrolyt scheint zu sieden. Dabei handelt es sich jedoch nicht um ein Sieden, sondern um eine massive Entwicklung von Wasserstoff und Sauerstoff an den Elektroden.

Nachdem eine Spannung von 16,2-16,8 V erreicht wird, steigt die Spannung an den Akkumulatorklemmen nicht weiter an, und die gesamte weitere Energie, die dem Akkumulator zugeführt wird, geht in die elektrolytische Zersetzung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff.

Wegen der natürlichen Verdunstung von Wasser und seiner elektrolytischen Zersetzung in Gase, die an den Elektroden wenn auch nur in geringem Maß stattfindet, ist es notwendig, den Elektrolytstand bei einem Akkumulator mit gefluteten Elektroden von Zeit zu Zeit zu überprüfen und gegebenenfalls **destilliertes Wasser (Wasser ohne elektrisch leitfähige Ionen)** nachzufüllen. Dies ist bei wartungsfreien Akkumulatoren nicht erforderlich.

Wenn ein Gerät an einen frisch geladenen Akkumulator angeschlossen wird, sinkt die Spannung sofort auf etwa 12,6–12,9 V, die Säure beginnt sich zu zersetzen, die Dichte des Elektrolyten nimmt ab und auf der Elektrodenoberfläche bildet sich Bleisulfat (Elektrodensulfatierung).

➔ **Die Messung der Spannung an den Klemmen von Akkus mit gefluteter Elektrode muss erst nach mehr als 2 Stunden ab der letzten Aufladung oder Fahrt durchgeführt werden. Bei wartungsfreien Akkus erst nach 24 Stunden, sonst bekommt man falsche Ergebnisse.**

→Ladezustand der Batterie in Bezug auf die Klemmenspannung

Klemmenspannung	Ladestatus
≥ 12,9 V	100 %
12,4-12,5 V	75 %
12,1-12,2 V	50 %
11,9-12,0 V	25 %
11,8 V	entladen
≤ 10,5 V	tiefentladen

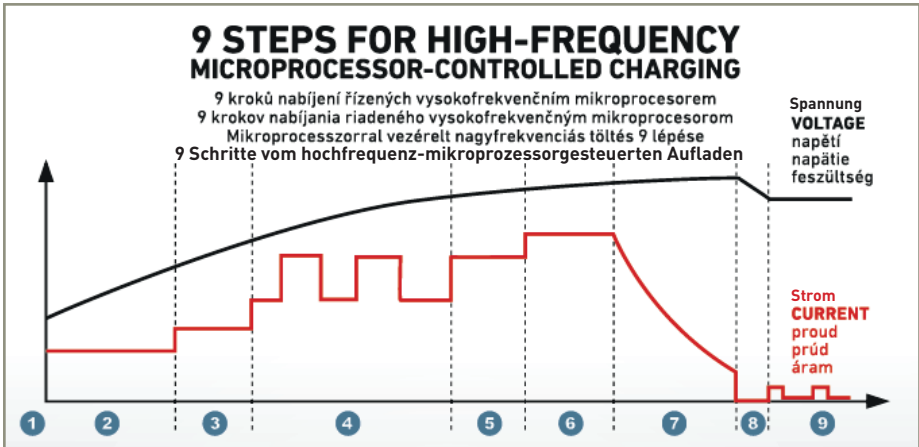
➔ Bei einem vollständig aufgeladenen neuen Akku mit gefluteter Elektrode kann die Klemmenspannung höher als 12,9 V sein.

→ Ladestrom

➔ **Die Akkus sollten mit einem Ladestrom von ca. 5-10v% ihrer Kapazität aufgeladen werden (d.h. 0,05 bis 0,1faches der Akkukapazität, z. B. bei einem Akku mit Kapazität 60 Ah ist die ein Ladestrom in der Höhe von 3-6 A). Ein hoher Ladestrom ist für den Akkumulator schädlich und fördert die Sulfatierung des Akkumulators.**

Bei hohem Ladestrom wird der Elektrolyt in unmittelbarer Nähe der Elektroden mit den beim Laden gebildeten Produkten übersättigt, da diese nicht schnell genug durch Diffusion in den umgebenden Elektrolyten abgeführt werden, und das Bleisulfat an den Elektroden, das zum Laden des Akkumulators an den Elektroden aufgelöst werden muss, löst sich langsamer auf, was paradoxerweise zu einem schnellen Anstieg der Spannung an den Akkumulatorklemmen führen kann, die jedoch nach Beendigung des Ladevorgangs schnell wieder abfallen kann. Um den Ladezustand des Akkumulators zuverlässig zu überprüfen, müssen die Messungen daher mit ausreichendem Zeitabstand nach dem Laden durchgeführt werden (siehe oben), da sonst falsche Ergebnisse erzielt werden können. Um die hohe Leistung und lange Lebensdauer vom Akku zu erhalten, und auch aus Sicherheitsgründen ist es besser, höhere Ladeströme nicht zu benutzen.

➔ Einige intelligente Ladegeräte haben während des Ladevorganges Phasen mit Strompulsen, wobei der Ladestrom periodisch ansteigt und absinkt und dazwischen konstant ist. Eine solche Ladestromkurve, die im Bereich des 0,05- bis 0,1-fachen der Akkumulatorkapazität oder darunter liegt, ist eine sehr effiziente und förderliche Lademethode, da sie genügend Zeit bietet, um eine Übersättigung des Elektrolyten in der Nähe der Elektroden und damit eine unvollständige Entsulfatierung zu vermeiden.



➔ Die Auswahl eines intelligenten Ladegeräts (bei dem es aber nicht möglich ist, den maximalen Ladestrom im Verhältnis zur Kapazität des zu ladenden Akkumulators einzustellen) sollte nach der Größe seines maximalen Ausgangsladestroms im Verhältnis zur Kapazität des zu ladenden Akkumulators erfolgen.

➔ Beim Aufladen von Batterien in Benzinfahrzeugen, die infolge eines niedrigeren Startstrombedarfs auch eine niedrigere Akkukapazität im Bereich von 50– 60 Ah besitzen, sollte das Ladegerät mit einem Ladestrom von ca. 4 A verwendet werden.

Beim Aufladen von Batterien in Dieselfahrzeugen, die infolge eines hohen Startstrombedarfs auch stärkere Batterien mit einer Kapazität von 70 Ah und mehr besitzen, kann ein Ladegerät mit einem höheren Ladestrom von ca. 8 A verwendet werden.

➔ Ein Ladegerät mit einem niedrigeren Ladestrom kann zum Aufladen vom Akku mit einer höheren Kapazität verwendet werden, das Aufladen wird länger dauern, aber dies ist jedoch unschädlich. Im umgekehrten Fall kann dies Problematisch sein, es hängt von den zugelassenen Ladeströmen ab, die der Akkuhersteller deklariert.

➔ Ausnahmsweise, wenn ein Akkumulator schnell geladen werden muss, kann ein Ladestrom zwischen dem 0,5- und 1-fachen seiner Kapazität verwendet werden, was bei einem Akkumulator mit einer Kapazität von 50 Ah einem Ladestrom von 25-50 A entspricht, ein solcher Ladestrom muss jedoch vom Akkumulatorhersteller genehmigt sein und gilt nicht generell!

→ Akkumulatoren sind unterschiedlich empfindlich gegenüber Überladung

↪ Für **Gel-Akkumulatoren** gilt als absolute Regel, dass die Spannung an den Klemmen **14,4 V nicht überschreiten darf. Die Spannung muss zwischen 14,1 und 14,4 V liegen.**

Eine Überschreitung der Spannung um **0,5 V** (d.h. im Bereich von 14,6-14,9 V), z.B. durch ein schlecht eingestelltes Ladesystem im Fahrzeug oder durch ein nicht intelligentes Ladegerät, das nicht auf den Ladezustand des Akkumulators reagiert, **verkürzt die Lebensdauer des Akkumulators um 1/3**, bei Spannungen über **0,7 V** um mehr als **60%**. Außerdem bilden sich bei Erreichen der Gasungsspannung von 14,6 V Gase an den Elektroden, was bei wartungsfreien Akkumulatoren aufgrund des hermetischen Verschlusses nicht erwünscht ist.

↪ Bei einem **AGM-Akkumulator** darf die Spannung **14,5 V**, nicht überschreiten, damit eine erhebliche Gasbildung bei Erreichen der Gasungsspannung vermieden wird.

↪ **Beim Laden von wartungsfreien Akkumulatoren ist darauf zu achten, dass die Temperatur des Akkumulators nicht über 40 °C steigt, da sonst ein sogenannter thermischer Kurzschluss entsteht, der zur Zerstörung des Akkumulators führen kann, siehe oben. Wenn die Umgebungstemperatur höher ist, muss der Akkumulator gekühlt werden.**

↪ **Intelligente Mikroprozessor-Ladegeräte erreichen daher eine maximale Spannung an den Akkumulatorklemmen von 14,4 V, die universell und geeignet für das Laden aller Akkumulatortypen ist. Sie reagieren so auf den Ladezustand des Akkumulators.**



→ Aufladen bei niedrigerer Temperatur

↪ In einer kühleren Umgebung muss die Ladespannung im Verhältnis zum Rückgang der Umgebungstemperatur erhöht werden. Die an den Akkumulatorklemmen erzielten Spannungen werden in der Regel für eine Temperatur von 25 °C angegeben.

Die Ladespannung sollte relativ zur Umgebungstemperatur um ca. 0,03 V pro 1 °C Abweichung von 25 °C angepasst werden, d.h. pro 10 °C Abweichung von 25 °C sollte die Ladespannung um 0,3 V verändert werden – bei Temperaturen unter 25 °C sollte die Ladespannung um diesen Betrag erhöht und bei höheren Temperaturen verringert werden.

Einige intelligente Ladegeräte, die bei Raumtemperatur eine maximale Ladespannung von 14,4 V erreichen, haben auch die Möglichkeit, für niedrigere Temperaturen eine maximale Ladespannung von 14,7 V einzustellen. Hieraus ergibt die oben angeführte Berechnung, dass diese Spannung für eine Umgebungstemperatur von ca. 15 °C ausgelegt ist, d. h. für das Laden des Akkumulators bei einer Temperatur wie in der Garage. Liegt die Temperatur unter 15 °C, kann der Akkumulator an einen Ort mit Raumtemperatur gebracht und im für Raumtemperatur ausgelegten Lademodus des Ladegeräts auf eine maximale Spannung von 14,4 V geladen werden. Bei der Verwendung von nicht intelligenten Ladegeräten kann die Ladespannung nach Bedarf entsprechend der Berechnung aus der Umgebungstemperatur eingestellt werden. Bei mobilen elektrischen Ladegeräten und einem herausnehmbaren Akkumulator gibt es also keine Probleme, nur die Ladespannung muss bei niedriger Umgebungstemperatur angepasst werden oder es muss bei höherer Umgebungstemperatur geladen werden.

Dies kann jedoch bei einem Ladesystem im Fahrzeug problematisch sein, wenn z. B. die Lichtmaschine eines Motorrads fest auf eine Ladespannung von 14,0 V eingestellt ist, die Umgebungstemperatur aber um 0 °C beträgt und der Akkumulator kalt ist. In diesem Fall benötigt ein Gel-Akkumulator eine Ladespannung von $14,4 + 25 \times 0,03 = \text{ca. } 15,15 \text{ V}$. Daraus folgt, dass der Akkumulator durch das Ladesystem des Fahrzeugs nicht vollständig aufgeladen wird und somit durch hohe Beanspruchung beim Kaltstart und geringere Akkumulatorkapazität in kalter Umgebung schnell Startprobleme auftreten können. Wenn ein intelligentes Ladegerät die Möglichkeit hat, einen Winterlademodus einzustellen, und es keine Möglichkeit gibt, den Akkumulator herauszunehmen und bei Raumtemperatur zu laden, z. B. wenn die Umgebungstemperatur bei 0 °C oder darunter liegt, wählen Sie immer diesen Winterlademodus zum Laden von 12-V-Autobatterien, um die Differenz zwischen der 14,4-V-Ladespannung und der erforderlichen Ladespannung im Winter zu minimieren. Diese Differenz zur erforderliche Ladespannung

beträgt bei einer Umgebungstemperatur von -10°C nur $15,45 - 14,4 = 1,01\text{ V}$, **aber die Spannungsdifferenz von 1 V ist auch der Unterschied zwischen einem voll geladenen und einem entladenen Akkumulator**, siehe die obige Tabelle, die die Höhe der Spannung an den Akkumulatorklemmen bei den verschiedenen Stufen der Ladung (Entladung) angibt. Umgekehrt ist der Winterlademodus wegen der unerwünscht hohen Spannung nicht für das Laden bei Zimmer- oder höheren Umgebungstemperaturen geeignet

→Anschließen/Abschalten von Akku und Ladegerät

⊖ Aus Sicherheitsgründen müssen die folgenden Regeln beachtet werden, die besonders wichtig für das Laden von Akkumulatoren mit gefluteter Elektrode sind, da beim Ladevorgang explosiver und brennbarer Wasserstoff entsteht und austritt, wobei beim Anschließen/Abklemmen des Ladegeräts eine gefährliche Funkenbildung verursacht werden kann. **Trennen Sie das Ladegerät immer zuerst von der 230-V-Steckdose, bevor Sie es anschließen/abklemmen. Klemmen Sie zum Ausbau des Akkumulators immer zuerst den Minuspol und dann den Pluspol ab.** Der Strom fließt von der negativen Elektrode zur positiven Elektrode, so dass die Gefahr der Funkenbildung beim Abklemmen des Pluspols minimiert wird.

Beim Anschließen des Akkumulators muss zuerst der Pluspol und dann der Minuspol angeschlossen werden. Dasselbe gilt für den Anschluss des Ladegeräts an den Akkumulator. Wenn Sie das Ladegerät an den Akkumulator anschließen, ohne den Akkumulator auszubauen, müssen Sie zuerst den Minuspol des Akkumulators abklemmen, dann den Pluspol des Ladegeräts mit dem Pluspol des Akkumulators verbinden und schließlich den Minuspol des Ladegeräts mit dem Minuspol des Akkumulators.

→Selbstentladung des Akkumulators

⊖ Ein vollständig geladener, abgeklemmter **Akkumulator mit gefluteter Elektrode** entlädt sich selbst **in 6-9 Monaten**. Bei einem voll aufgeladenen **Gel-Akkumulator sinkt die Kapazität** bei 25°C auf 80 % des ursprünglichen Wertes **innerhalb von 6 Monaten, bei einem AGM-Akkumulator sind es 4 Monate** und bei einem Akkumulator mit gefluteten Elektroden 2 Monate (gilt für einen vollständig abgeklemmten Akkumulator ohne Stromabnahme). **Bei**

herkömmlichen Akkumulatoren mit gefluteten Elektroden sinkt bei einer Temperatur von 25 °C durch Selbstentladung ihre Spannung an den Klemmen um etwa 8-10 mV/Tag; bei AGM-Akkumulatoren um 3-4 mV/Tag und bei Gel-Akkumulatoren um 2-3 mV/Tag. Bei einer Umgebungstemperatur von 40 °C nimmt die Kapazität des Akkumulators doppelt so schnell ab als oben beschrieben.

➔ Wenn der Akkumulator an einen Stromkreis angeschlossen ist und nicht durch eine Lichtmaschine aufgeladen wird, verläuft die Selbstentladung viel schneller als mit der oben genannten Entladungsgeschwindigkeit bei 25 °C für einen abgeklemmten Akkumulator. Als Beispiel hierfür kann ein Akkumulator an einem Motorgenerator dienen, der längere Zeit nicht in Betrieb ist. In diesem Fall kann es sehr schnell zu einer Tiefentladung und einer anschließenden Zerstörung des Akkumulators kommen. Daher sollte der Akkumulator vor dem Einlagern eines Motorgenerators oder dem Abstellen eines Fahrzeugs über einen längeren Zeitraum vollständig aufgeladen, vom Stromkreis getrennt und nach einer gewissen Zeit auf Spannung geprüft und wieder aufgeladen werden.

Bei einem guten, nicht sulfatierten Akkumulator mit gefluteten Elektroden reicht eine regelmäßige Aufladung alle 1-2 Monate, ein Gel- oder AGM-Akkumulator muss alle 3-4 Monate aufgeladen werden. Es ist jedoch notwendig, die Spannung an den Akkumulatorklemmen ständig zu überprüfen, da die Entladegeschwindigkeit temperaturabhängig ist (siehe oben). Für die Lagerung empfiehlt es sich, den Akkumulator in einem kühlen, trockenen Raum zu lagern (über 0 °C, siehe unten). **Hohe Temperaturen sind nicht gut für Akkumulatoren.**

→ Wann friert ein Akkumulator mit gefluteten Elektroden ein?

➔ Ein vollständig geladener Akkumulator mit gefluteter Elektrode hat eine Elektrolytdichte von 1,28 g/cm³, und der Elektrolyt erstarrt erst bei einer Temperatur von -68 °C. **Ein halbentladener Akkumulator mit einer Elektrolytdichte von 1,15 g/cm³ gefriert bei -15 °C, ein entladener Akkumulator mit einer Elektrolytdichte von 1,1 g/cm³ gefriert bei -7 °C und ein tiefentladener Akkumulator gefriert bei knapp unter 0 °C.**

Bei der Selbstentladung des Akkumulators wird Schwefelsäure zur Sulfatierung der Elektroden verbraucht, wodurch die Elektrolytdichte von 1,28 auf 1,0 g/cm³ sinkt. Die Dichte von reinem Wasser beträgt 1,0 g/cm³.

→ **Auch wenn ein hochwertiger und geladener Akkumulator mit gefluteten Elektroden im Winter nicht einfriert, warum startet das Fahrzeug im Winter dann schlechter?**

↪ Dies ist auf die höhere Viskosität (geringere Fließfähigkeit) des Elektrolyten im Akkumulator bei niedrigeren Temperaturen zurückzuführen, wenn die Durchmischung des Elektrolyten im Akkumulator träger ist und der Zufluss der Schwefelsäure zur Elektrodenoberfläche langsamer erfolgt. Bei niedriger Umgebungstemperatur erreicht die Säure die Elektrodenoberfläche nicht so schnell, wie es erforderlich wäre, und der aktive Teil des Elektrolyten an der Elektrodenoberfläche wird schneller verbraucht, was zu einer geringeren Akkumulatorkapazität führt.

Im Temperaturbereich von +30 °C bis -10 °C nimmt die Akkumulatorkapazität mit jedem Grad Celsius um etwa 1 % ab. Dies hängt auch stark vom beanspruchten Strom ab, d. h. je mehr Strom entnommen wird, desto stärker sinkt die Akkumulatorkapazität.

Daher sinkt die Akkumulatorkapazität bei hohen Startströmen und Minustemperaturen sehr stark.

↪ **Neben der Umgebungstemperatur hängt die Kapazität des Akkumulators stark von der Dichte des Elektrolyten ab** (nur bei nicht wartungsfreien Akkumulatoren mit gefluteter Elektrode kann der Benutzer die Dichte des Elektrolyten wirkungsvoll beeinflussen), da Schwefelsäure, die der aktive Bestandteil des Elektrolyten ist, einem voll geladenen Akkumulator eine Dichte von $1,28 \text{ g/cm}^3$ verleiht. Wenn wir einen Elektrolyt mit einer um $0,06 \text{ g/cm}^3$ geringeren Dichte, d. h. $1,22 \text{ g/cm}^3$, in den Akkumulator gießen, verhält sich ein Akkumulator mit einer Kapazität von 12 Ah so, als hätte er eine Kapazität von 9 Ah. **Dies bedeutet, dass die Verwendung eines Elektrolyten mit einer um 4,6 % geringeren Dichte die Kapazität des Akkumulators auf 75 % seines ursprünglichen Nennwerts reduziert. Eine handelsübliche Schwefelsäure, die für den Akkumulator verwendet werden kann, muss als Akkumulatorsäure gekennzeichnet sein und ist außerdem bereits auf eine Konzentration von 38 Gew.-% gemischt, was einer Dichte von $1,285 \text{ g/cm}^3$ entspricht. Die Säure muss außerdem den chemischen Reinheitsanforderungen entsprechen und das enthaltene Wasser muss destilliert (ionenfrei) sein, um Schäden am Akkumulator zu vermeiden.**

→ Was kann man bei einem stark sulfatierten Akkumulator tun?

➔ Falls sich der Akku schnell entlädt (weist eine niedrige Kapazität auf), erhitzt er sich während der Ladephase erheblich und beginnt mit einer Gasabgabe relativ schnell nach dem Beginn vom Ladeprozess und paradoxerweise steigt während des Aufladens die Spannung schneller an, als es sein sollte, sind dies die ersten Anzeichen einer bedeutenden Sulfatversetzung vom Akku.

Wenn der Akkumulator über einen längeren Zeitraum tiefentladen war (Spannung an den Klemmen unter 10,5 V - siehe oben im Text), kann eine Wiederbelebung des Akkumulators mit irgendeinem Gerät oder Verfahren unmöglich sein.

➔ So kann z. B. versucht werden, den Akkumulator durch wiederholtes Laden mit einem kleinen konstanten Ladestrom des 0,05- bis 0,025-fachen der Akkukapazität ohne Rücksicht auf die Ladezeit wieder auf den vollen Wert aufzuladen (dies kann sehr lange dauern). Bei einer stark sulfatierten Akkumulator kann der alte Elektrolyt durch destilliertes Wasser ersetzt und mit einem Strom von etwa dem 0,02-fachen der Kapazität geladen werden, bis eine starke Gasentwicklung eintritt. Wenn die Spannung etwa 15 V (7,5 V bei einer dreizelligen Akkumulator) erreicht, kann das Wasser abgegossen und der Akkumulator sofort mit frischem Elektrolyt mit einer Dichte von 1,28 g/cm³ gefüllt und dann auf normale Weise geladen werden. Die oben beschriebenen Methoden, mit Ausnahme des wiederholten Ladens mit einem kleinen konstanten Strom, können nicht auf völlig wartungsfreie AGM- oder Gel-Akkumulatoren angewendet werden.

➔ Einige intelligente Ladegeräte verfügen über eine Funktion der Akkumulatorregeneration (Entsulfatierung) und können die Akkumulatorspannung auf ein betriebsfähiges Niveau anheben. Diese Fähigkeit intelligenter Ladegeräte variiert jedoch je nach Hersteller. Einige können bei Akkumulatoren eingesetzt werden, die Anzeichen einer erheblichen Sulfatierung aufweisen, aber noch einigermaßen funktionsfähig sind. Bei Überschreiten einer bestimmten Spannungsschwelle melden diese Ladegeräte einen Fehler und regenerieren oder laden den Akkumulator nicht mehr.

Für die oben genannten Versuche, den Akkumulator wiederzubeleben, müssen dann Ladegeräte mit manueller Stromeinstellung verwendet werden. Es gibt auf dem Markt auch Aktivatorn zur Wiederbelebung von Autobatterien, die in regelmäßigen kurzen Impulsen hohen

Strom an den Akkumulator abgeben, was die Auflösung von Sulfat von den Akkumulatorelektroden beschleunigt. Die unterbrochene Zuführung eines hohen Stromwerts verhindert so eine Beschädigung des Akkumulators und eine Übersättigung des Elektrolyten an der Elektrodenoberfläche.

→ Was bezeichnet die Akkumulatorkapazität?

↻ Die Kapazität wird in Amperestunden mit der Abkürzung Ah angegeben und wird z. B. durch $C_{20} = 55 \text{ Ah}$, bezeichnet, was bedeutet, dass der Akkumulator bei einem Gerät mit einer Stromaufnahme von $55/20 = 2,75 \text{ A}$ den Energieverbrauch für 20 Stunden deckt. Die Bezeichnung C_{20} steht für eine Belastung in einer Dauer von 20 Stunden. Manchmal wird die Kapazität mit der Bezeichnung C_{10} angegeben und drückt eine Belastung in einer Dauer von 10 Stunden aus.

→ Wie lange dauert es, bis sich der Akkumulator entlädt

↻ Die Kapazität eines Akkumulators hängt von der Höhe des Entladestroms ab und variiert je nach Akkumulatortyp.

Wenn wir einen Gel-Akkumulator oder einen AGM-Akkumulator oder einen herkömmlichen Akkumulator mit gefluteten Elektroden mit der gleichen Nennkapazität, z. B. $C_{20} = 55 \text{ Ah}$, haben und bei ausgeschaltetem Motor einen Scheinwerfer mit einer Stromaufnahme von 5 A einschalten, wie lange dauert es dann, bis der Akkumulator entladen ist (oder wie lange leuchtet der Scheinwerfer)?

→ Die Stromaufnahme von 5 A muss in eine Stromstärke je nach Akkumulatortyp umgerechnet werden. Die Umrechnung erfolgt über einen Exponenten für den Strom, der für jeden Akkumulatortyp angegeben ist.

- ↻ Bei einem Akkumulator mit einer gefluteten Elektrode liegt der Exponent des abgenommenen Stroms im Bereich von $X^{1,2-1,6} \text{ A}$
- ↻ Bei Gel-Akkumulatoren liegt der Exponent des abgenommenen Stroms im Bereich von $X^{1,1-1,25} \text{ A}$
- ↻ Bei AGM liegt der Exponent im $X^{1,05-1,15} \text{ A}$

→ Der Bereich der Exponenten spiegelt den Wirkungsgrad des Akkus wider. Je näher der Exponent bei eins liegt, desto weniger wird der Strom von 5 A erhöht und desto länger wird der Scheinwerfer leuchten. In dieser Hinsicht schneiden die AGM-Akkumulatoren am besten ab.

- Bei einem **Akkumulator mit gefluteter Elektrode** ist der abgenommene Strom $5^{1,2}$ bis $5^{1,6}$, d. h.: **6,8 A bis 13,1 A**
- Bei **Gel-Akkumulator** ist der abgenommene Strom $5^{1,1}$ bis $5^{1,25}$, d. h.: **5,8 A bis 7,4 A**
- Bei **AGM-Akkumulator** ist der abgenommene Strom $5^{1,05}$ bis $5^{1,15}$ d. h.: **5,4 A bis 6,36 A**

→ Dann muss die Kapazität von 55 Ah durch den umgerechneten Strom geteilt werden, um festzustellen, wie lange der Akkumulator eine 5-A-Glühbirne mit Strom versorgen kann. Für voll geladene Akkumulatoren in gutem Zustand ergeben sich folgende Betriebszeiten:

- Bei **Akkumulator mit gefluteter Elektrode** bedeutet dies eine **Betriebsdauer von ca.:**
 $55/6,8$ bis $55/13,1$, d. h.: **8,08 bis 4,19 Stunden**
 - Bei **Gel-Akkumulator** bedeutet dies eine Betriebsdauer von ca.:
 $55/5,8$ bis $55/7,4$, d. h.: **9,48 bis 7,43 Stunden**
 - Bei **AGM-Akkumulator** bedeutet dies eine Betriebsdauer von ca.:
 $55/5,4$ bis $55/6,36$, d. h.: **10,18 bis 8,64 Stunden**
- Die berechnete Betriebsdauer zeigt, dass der beste AGM-Akkumulator bei gleicher Nennkapazität von 55 Ah mehr als 2 Stunden länger vorhält als der beste Akkumulator mit gefluteten Elektroden.

→ Die Nennkapazität von 55 Ah für die einzelnen Akkumulatortypen wird daher bei einer Stromaufnahme von 5 A wie folgt reduziert:

- Bei **Akkumulator mit gefluteter Elektrode:**
 $8,08 \times 5$ bis $4,19 \times 5$, d. h. **40,4 bis 20,95 Ah**
- Bei **Gel-Akkumulator:**
 $9,48 \times 5$ bis $7,43 \times 5$, d. h. **47,4 bis 37,15 Ah**
- Bei **AGM-Akkumulator:**
 $10,18 \times 5$ bis $8,64 \times 5$, d. h. **50,9 bis 43,2 Ah**

Guide to the world of lead acid batteries

➔ Lead acid batteries comprise of lead cells (electrodes) inserted in an electrolyte, where each cell of a battery not under load provides a voltage of 2.1 V.

These cells are connected in series and, therefore, their voltage is added together. A charged, twelve-volt battery with six electrodes thus has a voltage of approx. 12.6 V. A six-volt battery with three electrodes has half the voltage, i.e. 6.3 V.

Types of lead batteries in vehicles, power generators, etc.

➔ In a **standard maintainable battery with a flooded electrode** the lead electrodes are submerged in a sulphuric acid distilled water solution (electrolyte) and these electrodes are mutually separated by means of separators that are permeable for the electrolyte. For this reason, they are **called flooded (wet cell) batteries**. These batteries have **inspection plugs** located in their top part, which enable inspection of the electrolyte level and the topping up of distilled water as necessary. For this reason, these batteries are called **maintainable batteries**. These batteries may only be topped up with **distilled water** that is free of ions because any ions contained in the water would make the water electrically conductive, and using water that contains ions would short-circuit the battery.

➔ In the case of the **maintenance-free battery**, the electrodes are submerged in a silica gel and then such a battery is designated as being a gel battery, or alternatively, if the electrodes are separated by a special separator from boron doped glass fibres, which tightly adjoin the electrodes, and the electrolyte is bound to the glass fibres (i.e. the electrolyte is not free flowing around the electrodes), then such a battery is designated as an **Absorbent Glass Mat (AGM) battery**. **A gel battery is not the same as an AGM battery because they are different types of batteries.**

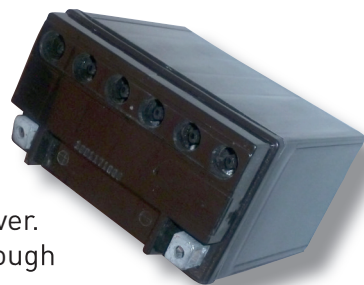
These batteries are hermetically sealed in a case, which must not be breached and thus are designed not to require any tampering with the inner parts and thus require no maintenance in the sense of maintaining batteries with flooded electrodes, i.e. there is no inspection of the electrolyte level or topping up with distilled water.

Batteries that do not require this type of maintenance are generally designated as **MF batteries** ("Maintenance Free").

Since they are hermetically sealed, it is not possible to pour the electrolyte out of these batteries when they are tilted or tipped over.

➔ All types of batteries may be fitted with a one-way overpressure safety valve with an opening pressure of 10–40 kPa, which serves to regulate the pressure inside the battery, and such batteries carry the designation **VRLA** (Valve Regulated Lead Acid). Batteries equipped with this valve are usually the gel or AGM types because their overcharging may lead to pressurisation that may result in destruction.

Overpressure valves are **not intended for the purpose** of being handled and do not serve as a means of topping up electrolyte inside the battery, and electrolyte cannot flow out of them when the battery is tipped over. Ambient air cannot enter into the battery through the valve.



Example of a VRLA gel battery with an overpressure valve

Comparison of important characteristics of the individual battery types

→ Standard battery with flooded electrodes

➔ Very low internal resistance

– thanks to which the battery is able to supply a very high short term current with a negligible voltage drop on the battery terminals. This is a very important characteristic when starting vehicle engines, since a starter on a car petrol engine has a current draw of 80–120 A, and on diesel vehicles it is 400 A and higher! For this reason, a car battery with a higher capacity is used on diesel vehicles, i.e. 70 Ah and higher, whilst the battery capacity for petrol-powered vehicles is around 60 Ah.

→ High power efficiency

– i.e. the ability to provide a high share of ampere hours. A lead acid battery with flooded electrodes has an efficiency of up to 85 %.

→ Higher sensitivity to overcharging than gel or AGM batteries

→ Ability to handle quite demanding operating conditions inside the vehicle

– temperature fluctuations, current load

→ Acceptable price/performance ratio

→ Comparison of gel and AGM batteries

→ **AGM batteries achieve a higher performance and starting currents at lower temperatures than gel batteries because they have a higher active electrode area and stand out by their outstanding ionic current conductivity.**

→ **Gel batteries are less sensitive to deep discharging (voltage < 10.5V), when not used, they are able to remain deeply discharged for longer and self discharge slower than AGM batteries.**

Due to the self-discharge effect, standard batteries with flooded electrodes lose voltage on their terminals by approx. 8–10 mV/day, AGM by 3–4 mV/day and gel batteries by 2–3 mV/day. This also depends on other conditions that speed up the self-discharge effect.

A maintainable battery with flooded electrodes is able to remain deeply discharged for 1–3 days!

A gel battery will last about 4 weeks and an AGM something in between.

→ **Gel batteries are less sensitive to higher operating temperatures than AGM batteries.**

– when charging AGM batteries during higher ambient temperatures (above 40 °C) a so-called **thermal short-circuit** may occur generating a significant amount of gas, the result of which may even be the destruction of the battery.

➔ Maintenance free battery concepts (whether gel or AGM) are designed in such a way that the gases generated at later charging phases as a result of electrochemical processes, are "recycled" on the electrodes in the battery and by means of this technology it has been made possible to create a hermetically sealed battery that does not require any maintenance. However, on these types of batteries, thanks to their hermetic seal, there is the requirement that during their charging process, the **gassing voltage (14.6 V)** is not reached, during which the electrolytic decomposition of water into gaseous hydrogen and oxygen occurs, where the gases generated in excess amount are not able to be recycled on the electrodes, and exceeding the battery's gas recombination threshold in connection with a higher ambient temperature, could result in the destruction of the battery!

For the gel battery, the charging voltage must be in the range 14.1–14.4 V, for the AGM battery it may be slightly higher, i.e. 14.4–14.5 V and for a standard battery with flooded electrodes the range is 14.0–14.4 V. This strict range is controlled using intelligent chargers, that achieve a max. voltage of 14.4 V, which is universal and healthy for the charging of all the battery types. Gel and AGM batteries are very sensitive to overcharging – much more than standard batteries with flooded electrodes, see farther in the text.

➔ Gel and AGM batteries have similar performance parameters.

Discharging and charging batteries

➔ Batteries are a source of el. current and voltage due to the conversion of electrochemically active substances on the electrodes in the presence of sulphuric acid, which forms part of the electrolyte. These active substances are: **lead dioxide on the positive electrode (anode)** and **pure metallic lead on the negative electrode (cathode)** and by the consumption of sulphuric acid from the electrolyte as the battery is discharged by which they are consumed and converted to lead sulphate, which creates a film **on both the electrodes – i.e. sulphation of both the electrodes.**

A 100% discharged battery thus contains a **cathode and an anode coated in a film of lead sulphate and there is only distilled water in the electrolyte without the presence of acid because the sulphuric acid has been consumed in the production of lead sulphate. A 100% discharged battery has a zero voltage on its terminals and does not generate any current.**

→ **When a battery is charged**, the opposite process occurs – **desulphation of the electrodes**, during which lead sulphate on both the electrodes is converted back into the active substances; **lead oxide is again formed on the anode and pure metallic lead is formed on the cathode and sulphuric acid is returned to the distilled water**, which is also formed by means of the electrochemical reactions on the electrodes.

→ **What is happening inside the battery when there is no device connected to the terminals and the battery is not being charged?**

→ The same events are occurring in the battery as during discharging because the active substances on the electrodes in the charged battery have a high reactive energy and the entire system naturally trends towards a state with a lower reactive energy, meaning the formation of the stable lead sulphate on both the electrodes until a very low voltage is reached on the battery terminals.

→ Maintaining a high battery capacity and a minimal decline in the voltage during a surge current draw from the battery and the battery's lifetime depend on the optimal desulphation of the electrodes during the battery charging process.

Incomplete recharging of the battery to a fully charged state – e.g. during short car trips during winter, large current draws from various electrical devices in the vehicle, when the car's alternator is unable to completely recharge the battery;

Frequent recharging of the battery from a low or deep discharge; Leaving the battery in the deep discharged state and charging with a high charging current leads to the the incomplete desulphation of the electrodes, where the lead sulphate is not completely expelled from the electrodes and accumulates on the electrodes, whereby the active surface area of the electrodes is decreased, which in the final consequence causes the rapid discharge of the battery, reduces the ability to supply a high current and significantly shortens the lifespan on the battery.

→ The user is responsible for the high capacity and long operating lifetime of the battery by monitoring the battery voltage, e.g. using a battery tester or multimeter and ensuring the correct timely charging of the battery with an appropriate charging current. In the event that

the damage to the battery by sulphation of the electrodes falls below a certain threshold, the voltage is below 9 V, then after a certain time there is no device that will be able to revive the battery to life. Certain battery manufacturers utilise electrodes with an effective anti-sulphation treatment during their manufacture, which is able to extend the lifetime of the battery.

➔ The reduction in the battery's capacity is also affected by the ambient temperature and the viscosity of the electrolyte, see further.

➔ **A six-cell battery (12 V) is fully discharged when it has a terminal voltage without any load of 11.8 V! For the three-cell battery (6 V), values are halved, i.e. 5.8 V.**

If a 12 V battery has a voltage of 10.5 V, then it is deeply discharged. The various battery types have various resistances against deep discharging.

A maintainable battery with flooded electrodes is able to remain deeply discharged for 1–3 days!

A gel battery will last about 4 weeks and an AGM something in between.

A battery should be recharged immediately when the voltage falls below 11.9–12.2 V!!

It is said that regularly charging a battery from a fully discharged state reduces its capacity by 10x. Regularly discharging to half its capacity reduces its capacity by 5x. Discharging to a loss of 10 % significantly reduces the lifespan of the battery.

➔ **Charging a discharged battery has three voltage bands (stages).**

➔ Up to a voltage of 13.2 V, sulphuric acid forms on the electrodes and the specific gravity of the electrolyte increases to 1.15g/cm^3 (first voltage band). Then the charging process continues in the second voltage band, where lead sulphate is converted on the electrodes up to a voltage of 14.7 V, whilst the specific gravity of the electrolyte increases to 1.25g/cm^3 . **At a voltage of 14.6 V, water starts to decompose on the electrodes and the battery starts to bubble** – a significant amount of oxygen is generated on the anode of the battery, whilst hydrogen is generated on the cathode. **Thus, the voltage of 14.6 V is termed as the gassing voltage.**

In the event that a battery gasses off at a lower voltage than 14.6 V and heats up more significantly, it has been affected by more intensive sulphation, and the more seriously the earlier that the gas is generated.

As soon as all the lead sulphate decomposes, the voltage on the battery terminals rises to 16.2 to 16.8 V and the specific gravity of the electrolyte rises to maximum, i.e. 1.28 g/cm³ (third voltage band). The battery gasses off turbulently and it appears as if the electrolyte were boiling. This is, however, not a boil but rather a massive generation of hydrogen and oxygen on the electrodes.

After reaching the voltage of 16.2–16.8 V, the voltage on the battery terminals does not rise any more and all further power supplied to the battery is consumed on the electrolytic decomposition of water to hydrogen and oxygen.

Due to the effect of natural evaporation of water and its electrolytic decomposition to the gases, which, nevertheless, simply through the effect of electrode events, be it in a small amount, occurs, on batteries with flooded electrodes it is necessary to occasionally inspect the electrolyte level and to top it up if necessary with **distilled water (water without electrically conductive ions)**. This is not necessary on maintenance free batteries.

After connecting a device to a battery that has just been charged, the battery's voltage immediately drops to approx. 12.6–12.9 V, the acid starts to decompose, the specific gravity of the electrolyte commences to decline and lead sulphate begins forming on the surface of the electrodes (electrode sulphation).

➔ **The measurement of voltage on the battery terminals of batteries with flooded electrodes must be performed more than 2 hours following the last charge or car trip. On maintenance free batteries only after 24 hours, otherwise false results would be obtained.**

➔ **Battery charge level relative to the voltage on the terminals**

Voltage on the terminals	Battery charge level
≥ 12.9 V	100 %
12.4–12.5 V	75 %
12.1–12.2 V	50 %
11.9–12.0 V	25 %
11.8 V	discharged (flat)
≤ 10.5 V	deeply discharged

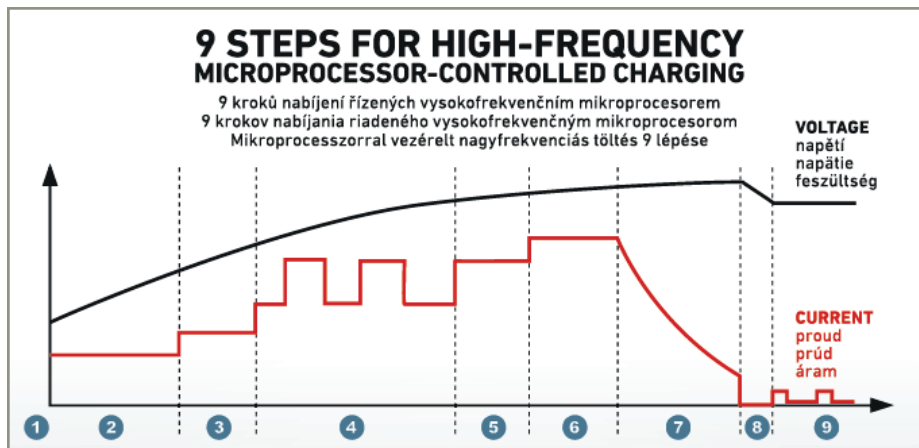
➡ On a fully charged, new battery with a flooded electrode the voltage on the terminals may be higher than 12.9 V.

→Charging current

➡ **Batteries should be recharged with a charging current equivalent to approx. 5–10 % of their capacity (i.e. 0.05 to 0.1 multiple of the battery's capacity (e.g. for a battery with a capacity of 60 Ah, the charging current would be 3–6 A). A high charging current is damaging to the battery and leads to sulphation of the battery.**

A high charging current leads to the oversaturation of the electrolyte in the tight vicinity of the electrodes by products created during the charging process since these are not removed quickly enough from the ambient electrolyte by means of diffusion and thus the lead sulphate on the electrodes that needs to be dissolved on the electrodes for the battery to charge, is dissolved slower, an event which paradoxically may manifest itself through the rapid increase in the voltage on the battery terminals, but which may after the recharging process is complete, subsequently quickly decline again. For this reason a trustworthy verification of the battery charge status needs to be carried out with a sufficient time lag after the charging process, as described above, otherwise false results may be gained. To maintain a high performance and a long lifespan of the battery, as well as for safety reasons, it is better not to use a higher charging current.

➡ Certain intelligent chargers have a pulse current charging step during the charging process, where the phases of an increasing and falling charging current are alternated and are supplemented with interphases of constant current. Such a charging current waveform, that is in the range of 0.05 to 0.1 of the multiple of the battery's capacity or less, is a very effective and healthy charging method because it provides time in order to prevent the oversaturation of the electrolyte in the vicinity of the electrodes and thereby also prevents imperfect desulphation.



→ A charger with certain intelligence (for which it is not possible to adjust the max. charging current relative to the capacity of the battery being charged) should be selected based on its max. input charging current relative to the capacity of the battery that it will be charged.

→ For charging batteries in petrol-powered vehicles, that place low demands on starting current and have a lower battery capacity, i.e. in the range 50–60 Ah, a charger with a charging current of approx. 4 A should be used.

For charging batteries in diesel-powered vehicles, that place high demands on starting current and have stronger batteries with capacities of 70 Ah and higher, a charger with a higher charging current of approx. 8 A should be used.

→ A charger with a lower charging current can be used to charge batteries with a higher capacity; charging will take longer but it is not damaging. In the opposite case it may be problematic depending on the permitted charging currents that are declared by the battery manufacturer.

→ Exceptionally and in rare cases, it is nevertheless possible, if it is necessary to rapidly charge a battery, to use a charging current in the range of 0.5 to 1 of the multiple of the battery's capacity, which in the case of a battery with a capacity of 50 Ah would equate to a charging current of 25–50 A, however, such a charging current must be permitted by the manufacturer of the battery and this does not apply in general!

→ Batteries have various sensitivities to overcharging

➔ On **gel batteries** there is an absolute rule that the voltage on the terminals must not exceed **14.4 V**. **The voltage must remain in the range 14.1–14.4 V**.

Exceeding the voltage by **0.5 V** (i.e. in the range of 14.6–14.9 V), for example due to an incorrectly set charging system in the vehicle or due to a non-intelligent charger being used that does not react to the battery charge status, **reduces the lifespan of the battery by 1/3**, whilst exceeding it by more than **0.7 V** will reduce the lifespan by more than **60%**. Furthermore, when the gassing voltage of 14.6 V is reached, gasses are generated on the electrodes, which is not at all desirable on maintenance free batteries since they are hermetically sealed.

➔ On **AGM batteries**, the voltage must not exceed **14.5 V**, so that significant gas generation does not occur at the the gassing voltage.

➔ **When charging maintenance free batteries, it is necessary to monitor the temperature of the battery so that it does not exceed 40 °C in order to prevent the so-called thermal short-circuit, which may lead to the destruction of the battery, see above. At a higher ambient temperature, it is necessary to provide cooling for the batteries.**

➔ **Intelligent microprocessor-controlled chargers thus achieve the maximum voltage of 14.4 on the battery terminals, which is universal and healthy for the charging of all types of batteries and they react to the charge status of the battery.**



→ Charging at low temperatures

➔ In cool climates it is necessary to increase the charging voltage relative to the decline of the ambient temperature.

The achieved voltages on the battery terminals are usually declared for a temperature of 25 °C.

The recharging voltage should be adjusted relative to the ambient temperature by approx. 0.03 V per 1 °C deviating from 25 °C, i.e. for every 10 °C deviating from 25 °C the charging voltage should be adjusted by 0.3 V – at temperatures lower than 25 °C by means

of this conversion the charging **voltage should be increased** and at **temperatures higher** than 25°C it should in line with this relationship be **decreased**.

Certain chargers with a given intelligence, which achieve a max. charging voltage of 14.4 V for room temperature also have the option of setting a charging mode for low temperatures with a maximum voltage of 14.7 V. By conversion from the above mentioned, it can be derived that this voltage is rated for an ambient temperature of approx. 15°C – which is for charging a battery at a temperature equivalent to the temperature in a garage. If the temperature is below 15°C then it is possible to take the battery into a room with room temperature and to charge it to the max. voltage of 14.4 V in the charging mode intended for room temperature. When using non-intelligent chargers, the charging voltage can be set as required with respect to the conversion relative to ambient temperature. In the case of portable electrical chargers and a removable battery, it is thus not a problem, and it is only necessary to adjust the charging voltage at low ambient temperatures or to charge at a higher ambient temperature.

A problem may, however, arise for vehicle charging systems, where, for example, the alternator on a motorcycle is permanently set to a charging voltage of 14.0 V, the ambient temperature is around 0°C and the battery is cold. In such a case, a gel battery needs a charging voltage of $14.4 + 25 \times 0.03 = 15.15$ V, from which it is evident that the battery is not being fully recharged by the motorcycle's onboard system and that the large power draws at start up, with the battery at a lower capacity in a cold environment, may result in problems with starting the motorcycle. If the intelligent charger has the option of setting a charging mode for a cold environment and it is not possible to take the battery out of the motorcycle and to charge it at room temperature, e.g. when the ambient temperature is around 0°C or less, always select this winter charging mode for charging 12 V car batteries so that the difference between the charging voltage of 14.4 V and the necessary charging voltage in winter is reduced as far as possible. This difference for the required charging voltage for an ambient temperature of -10°C, i.e. only $15.45 - 14.4 = 1.01$ V, **but the voltage difference of 1 V is also in the range between a fully charged and a discharged battery**, see the table above exemplifying the voltage on the battery terminals at the fully charged (discharged) level. Conversely, it is not good to use the winter mode to charge at room temperature or at higher ambient temperatures due to the undesirable higher voltage.

→Connecting/disconnecting the battery and charger

⊕ For safety reasons, it is necessary to adhere to the following rules, which are very significant namely for charging batteries with flooded electrodes, because during the charging process explosive and flammable hydrogen is generated and escapes out and when connecting and disconnecting the charger dangerous sparking could occur. **Prior to connecting/disconnecting the charger, always first disconnect it from the 230 V power socket. If we wish to remove the battery, it is necessary to always first disconnect the negative pole and only then the positive pole.** Current flows from the negative electrode to the positive electrode and in this way the risk of sparking is reduced when disconnecting the positive terminal clamp.

When connecting the battery, it is necessary to first connect the positive pole and only then the negative pole. The same applies when connecting the charger to the battery. Prior to connecting the charger to the battery without the battery having been removed, it is necessary to first disconnect the positive pole of the battery, then to connect the positive terminal clamp of the charger to the positive terminal clamp of the battery and finally the negative pole of the charger to the negative pole of the battery.

→Self-discharging of batteries

⊕ A fully charged and disconnected **battery with flooded electrodes** will as a result of the self-discharge effect **discharge in 6–9 months**. A fully charged **gel battery capacity will decline** at 25 °C to 80% of its original level **in 6 months, and on AGM batteries in 4 months** and on batteries with flooded electrodes in 2 months (applies to a fully disconnected battery without any current draw). Due to the self-discharge effect, at a temperature of 25 °C, **standard batteries with flooded electrodes lose voltage on their terminals by approx. 8–10 mV/day, AGM batteries by 3–4 mV/day and gel batteries by 2–3 mV/day.**

At an ambient temperature of 40 °C, battery capacity declines twice as fast as described above.

⊕ If the battery is connected to an electrical circuit and is not recharged by an alternator, the discharge process is much faster than the above described discharging at a temperature of 25 °C on a disconnected

battery, for example a battery connected to a power generator that has not run in a long time. In this case, the battery may become deeply discharged resulting in its subsequent destruction, so therefore, before storing the power generator or parking a vehicle for an extended period of time, it is necessary to fully charge the battery and to disconnect it from the electrical circuit and to check its voltage after a certain time and charge it.

It is sufficient to charge a disconnected battery with flooded electrodes that is in good working order that is not affected by sulphation every 1-2 months, and it is sufficient to charge a gel or AGM battery every 3-4 months. It is, nevertheless, necessary to regularly check the voltage on the battery terminals since the discharging speed is dependent on temperature, as described above.

It is very good to store batteries in a cool dry room (above 0°C, see below). **A high temperature is not good for batteries.**

→When does a battery with flooded electrodes freeze?

→ A fully charged battery with flooded electrodes has a specific gravity of 1.28 g/cm³ and the electrolyte solidifies only at a temperature of -68°C. **A half-discharged battery with electrolyte having a specific gravity of 1.15 g/cm³ will freeze at a temperature of -15°C, a flat battery with electrolyte having a specific gravity of 1.1 g/cm³ will freeze at a temperature of -7°C and a deeply discharged battery will freeze at a temperature slightly below 0°C.**

During the self-discharging process, the battery consumes sulphuric acid for sulphation of the electrodes, whereby the specific gravity of the electrolyte declines from 1.28 to 1.0 g/cm³. The specific gravity of pure water is 1.0 g/cm³.

→If that is the case, that a good, charged battery with flooded electrodes does not freeze in winter, then why is it harder to start a vehicle in winter?

→ This is the result of the higher viscosity (lower fluidity) of the electrolyte in the battery at lower temperatures, when the mixing of the electrolyte in the battery is problematic and the distribution of sulphuric acid to the surface of the electrodes is slower. At a low ambient temperature, the acid is not able to get to the surface of the electrodes quickly enough as would be required and thus the

active elements of the electrolyte at the surface of the electrodes are exhausted faster and thereby the battery has a lower capacity.

It is a general rule that in the temperature range of +30 °C to -10 °C, battery capacity declines by approx. 1 % with every degree Celsius.

This fact also strongly depends on the amount of current that is being drawn, whereby the greater the current that is drawn the greater the decline in the capacity of the battery. **Therefore, at high starting currents and temperatures below the freezing point, the capacity of a battery declines quite significantly.**

➔ **The capacity of a battery, apart from ambient temperature, also significantly depends on the specific gravity of the electrolyte** (affecting the specific gravity of the electrolyte by the user is only meaningful on maintainable batteries with flooded electrodes), because sulphuric acid, which is the active component of the electrolyte, gives a fully charged battery a specific gravity of 1.28 g/cm³. Thus, if we were to put an electrolyte with a specific gravity that is 0.06 g/cm³ lower into the battery, i.e. 1.22 g/cm³, then a battery with a capacity of 12 Ah would then behave as if it had a capacity of 9 Ah. **This means that using an electrolyte with a specific gravity that is 4.6% lower will reduce the capacity of the battery to 75% relative to its initial nominal value. Commercially available sulphuric acid that can be used in the battery must bear the marking "for batteries" and is also already diluted to a concentration by weight of 38 %, which corresponds to a specific gravity of 1.285 g/cm³. Likewise, to prevent damaging the battery, the acid that is used must also meet chemical purity requirements and the contained water must be distilled (free of ions).**

➔ **Can anything be done with a battery that is significantly affected by sulphation?**

➔ If the battery discharges quickly (has a low capacity), if it heats up significantly during the charging process and is starting to gas off early after the charging process is started, and paradoxically the voltage increases faster during the charging process than it should, then these are the first symptoms of more significant sulphation of the battery. **If the battery remains deeply discharged for an extended period of time (voltage on the terminals is below 10.5 V), see text above, then it may not be possible to revitalise the battery by means of any device or method.**

➡ To revive a battery, it is possible to try, for example repeat charging using a low constant charging current of 0.05 to 0.025 multiple of the battery capacity until it is fully charge regardless of the charging time (this may take a very long time). On batteries significantly affected by sulphation, it is possible to replace the old electrolyte with distilled water and to charge it with a current approx. 0.02 multiple of its capacity until strong gas generation occurs. As soon as the voltage reaches approx. 15 V (on a three cell battery it is 7.5 V), it is possible to pour out the water and to immediately fill the battery with fresh electrolyte with a specific gravity of 1.28 g/cm³ and then to charge it in the standard manner.

The above described methods, with the exception of the repeat charging with a low constant current cannot be applied to fully maintenance-free AGM and gel batteries.

➡ Certain intelligent chargers have a battery regeneration function (desulphation) and are able to increase the battery voltage to a operating level, however, this ability of intelligent chargers differs from manufacturer to manufacturer, and certain types can be used on batteries that exhibit symptoms of significant sulphation but are to a certain extent functional. From a certain voltage threshold, these chargers will report an error and they will not regenerate or charge the battery.

For the above mentioned attempts at reviving the battery, it is then necessary to use chargers with manual current settings and there are activators available on the market for reviving car batteries, which supply the batteries with a high current in regular short-term pulses, which accelerates the dissolving of sulphate from the battery electrodes. Intermittently supplying high current thus prevents damaging the battery and oversaturating the electrolyte at the surface of the electrodes.

➔ How to understand the battery capacity designation

➡ Capacity is designated in ampere hours with the abbreviation Ah and is designated as, for example **C₂₀ = 55 Ah**, which indicates that at a current draw of **55/20 = 2.75 A** **the battery will cover a power consumption of a device for a period of 20 hours**. The designation C₂₀ indicates a time under load of 20 hours. Sometimes capacity is provided with the designation of C₁₀, indicating a time under load of 10 hours.

→ How long will it take for the battery to discharge?

→ A battery's capacity depends to a great degree on the value of the discharge current and varies based on the battery type.

If we have a gel battery or an AGM battery or a standard battery with flooded electrodes with the same nominal capacity, e.g. $C_{20}=55$ Ah and turn on a lamp with a current consumption of 5 A with the engine turned off, how long will it take for the battery to discharge (or how long will the lamp continue to emit light)?

→ **We need to recalculate the drawn current of 5 A to the size of the current based on the battery type. The recalculation factor is a range of power values (multiples) of current, that is defined for each battery type.**

- For a battery with flooded electrodes the current draw power value is in the range $X^{1.2-1.6}$ A
- For a gel battery the current draw power value is in the range $X^{1.1-1.25}$ A
- For an AGM battery the range is $X^{1.05-1.15}$ A

→ **The range of power values is a reflection of battery efficiency. The more the power value approaches one, the less the current of 5 A will be increased and the longer the reflector will remain lit. The best in this respect are AGM batteries.**

- For a **battery with flooded electrodes** the drawn current is $5^{1.2}$ to $5^{1.6}$, i.e.: **6.8 A to 13.1 A**
- For a **gel battery** the drawn current is $5^{1.1}$ to $5^{1.25}$, i.e.: **5.8 A to 7.4 A**
- For an **AGM battery** the drawn current is $5^{1.05}$ to $5^{1.15}$, i.e.: **5.4 A to 6.36 A**

→ **Now we must divide the capacity of 55 Ah by the recalculated current to determine how long the battery will be able to supply power to the lamp with a current draw of 5A.**

For batteries that are in good condition and fully charged, the following operating times were determined:

- For a **battery with flooded electrodes** the duration is approx.: $55/6.8$ to $55/13.1$, i.e.: **8.08 to 4.19 hours**
- For a **gel battery** the duration is approx.: $55/5.8$ to $55/7.4$, i.e.: **9.48 to 7.43 hours**

→ For an **AGM battery** the duration is approx.:
55/5.4 to 55/6.36, i.e.: **10.18 to 8.64 hours**

→ **From the calculated time it is evident that the AGM battery is the best at the same nominal capacity of 55 Ah, it will remain lit for more than 2 hours longer than the best battery with flooded electrodes.**

→ The nominal capacity of 55Ah for the individual types of batteries is, at a current draw of 5A, reduced as follows:

- For a **battery with flooded electrodes**:
8.08 x 5 to 4.19 x 5, i.e. **40.4 to 20.95 Ah**
- For a **gel battery**:
9.48 x 5 to 7.43 x 5, i.e. **47.4 to 37.15 Ah**
- For an **AGM battery**:
10.18 x 5 to 8.64 x 5, i.e. **50.9 to 43.2 Ah**