

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 áteresztő elválasztó lapok találhatók. Ezeket az akkumulátorokat **savas akkumulátoroknak** is hívják. Az ilyen akkumulátoroknak a felső lapján **ellenőrző dugók** találhatók, 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) találhatók. 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 állapott.

➔ **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 elhasználódott az ólom-szulfát létrehozásának a folyamatában. A 100%-ban kisütött akkumulátor kapocsfeszültsége 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 ólomá, illetve az elektródákon a vízzel együtt kénsavá,** 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 kapocsfeszültség 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 g/cm³ 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 g/cm³-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 g/cm³ (ez a harmadik feszültségtartomány). Az akkumulátorban nagyon erős a gázképződés, úgy tűnik, mintha az elektrolit felforrat 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 kapcsolatokon már nem nő tovább, az akkumulátor töltésére fordított energia teljes mértékben a vízbontásra (oxigén és hidrogén képzésére) használandó 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
12,6–12,9 V	100 %
12,4–12,5 V	75 %
12,1–12,2 V	50 %
11,9–12,0 V	25 %
11,8 V	kisütött
≤ 10,5 V	mélykisütés

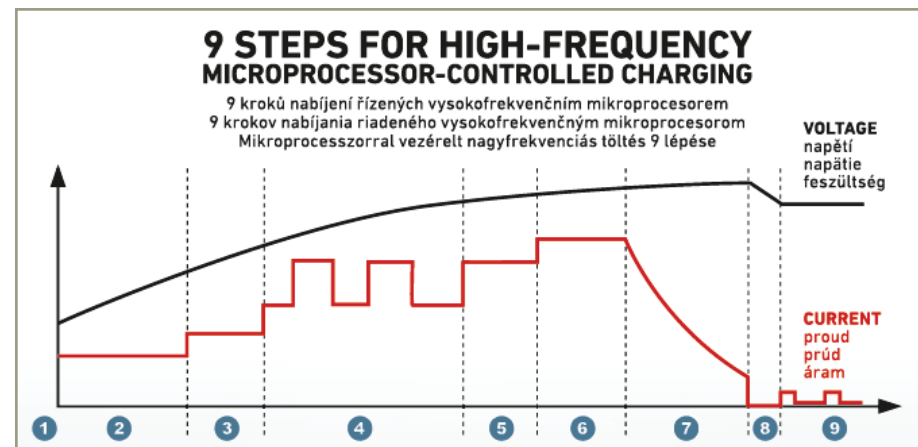
→ A teljesen feltöltött folyékony elektrolitos akkumulátor esetében a kapocsfeszültség 12,9 V-nál nagyobb is lehet.

→ 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 kapocsfeszültségük nem lehet **14,4 V-nál nagyobb!**

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

Ha a kapocsfeszültség **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 töltsse 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 kereskedelembe 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 $10,5 \text{ V}$ 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 $7,5 \text{ V}$ -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 rákötünk 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 áramfelvételt a 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**