

Elektrotechnika I.

Akkumulátorok

2004.

dr. Kloknicer Imre - dr. Kohut Mátyás

Tartalomjegyzék

| | | |
|----|---|---|
| 1. | Bevezetés | 2 |
| 2. | Fogalmak, névleges adatok..... | 2 |
| | 2.1 Névleges kapacitás és áram | 3 |
| | 2.2 Névleges hatásfokok, energiasűrűség, fajlagos teljesítmény..... | 3 |
| 3. | Az akkumulátorok fajtái | 3 |
| | 3.1 Savas akkumulátorok..... | 4 |
| | 3.1.1 A savas akkumulátorok felépítése | 4 |
| | 3.1.2 A savas akkumulátorok működése, paramétereit | 5 |
| | 3.2 Lúgos akkumulátorok | 7 |
| | 3.2.1 A lúgos akkumulátorok felépítése | 7 |
| | 3.2.2 A lúgos akkumulátorok működése, paramétereit | 7 |
| 4. | Az ólom és a nikkkel-vas akkumulátorok összehasonlítása..... | 8 |
| 5. | Irodalom..... | 8 |

1. Bevezetés

Az akkumulátort számos területen alkalmazzák, de a közlekedésben különlegesen fontos szerepe van, mert közlekedési eszköz nem nagyon képzelhető el nélküle. Az akkumulátor feladata a villamos energia tárolása. A termelés különböző generátorok feladata, a fogyasztás a felhasználóké. Az akkumulátor lehet termelő, ha fogyasztókat kötünk rá (kisütés) és fogyasztó, ha töltjük. Kisütéskor a kémiai energiából lesz villamos energia, míg töltéskor fordítva.

Azokban a járművekben is van akkumulátor, melyek a hálózatról kapják a villamos energiát, mert feszültség kimaradáskor meghatározott segédüzemet vinni kell. Más járművekben ugyan van generátor, de az azt hajtó motort valaminek el kell indítania.

Közlekedésmérnöknek nem tervezni kell akkumulátort, azt elvégzik a villamosmérnökök, hanem ismernie kell az akkumulátorok különböző fajtáit, hogy a feladatának legmegfelelőbbet válassza ki. A választásnál szempont lehet a súly, az ár, a karbantartási kööttség stb. Természetesen meghatározó a továbbiakban definiált kapacitás.

Ez a jegyzet (emlékeztető) az Elektrotechnika I. előadásokon elhangzottakból áll. Az előadást nem pótolja, hanem kiegészíti, rendszerezi azt.

A megjelenítés technikai részleteiért és segítő tanácsaiért itt szeretnénk köszönetet mondani dr. Komócsin Zoltán kollégánknak.

2. Fogalmak, névleges adatok

Töltéskor az akkumulátor fogyasztóként viselkedik, a felvett villamos energia alakul át kémiai energiává.

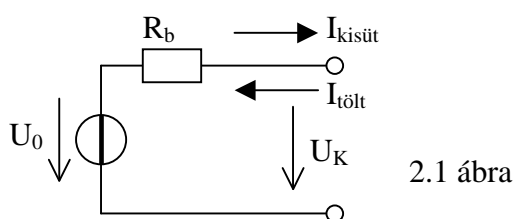
Kisütéskor az akkumulátor termelőként viselkedik, a felvett kémiai energia alakul át villamos energiává.

Ezek a ciklusok sokszor ismételhetők.

Az akkumulátor villamos helyettesítő kapcsolása a 2.1 ábrán látható.

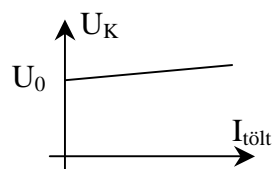
Ahol

- U_0 az üresjárási feszültség
- U_k a kapocs feszültség
- R_b a belső ellenállás
- $I_{tölt}$ a töltő áram
- $I_{kisüt}$ a kisütő áram



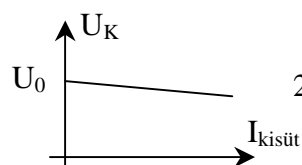
A 2.2 ábrán a töltés elvi jelleggörbéje látható, mely az

$$U_k = U_0 + I_{tölt} * R_b \text{ egyenlettel írható le.}$$



2.2 ábra

Hasonlóképpen a 2.3 ábrán a kisütés elvi jelleggörbéje látható, mely az $U_k = U_0 - I_{kisüt} * R_b$ egyenlettel írható le.



2.3 ábra

Meg kell jegyezni, hogy az U_0 és az R_b függ (!) az akkumulátor töltöttségi állapotától. Ezért ezt a két paramétert *nyugalmi állapotban* értelmezzük. Az akkumulátor nyugalmi állapotban van, ha legalább fél órán keresztül sem nem töltöttük, sem nem kisütöttük. Ennyi idő szükséges ahhoz, hogy az elektrolit sűrűsége az akkumulátorban egyenletes legyen.

2.1 Névleges kapacitás és áram

Az akkumulátort üresjárási feszültségével és a névleges tárolóképeségével - kapacitás - jellemezzük.

A *névleges* kapacitás az Amperórában (Ah) kifejezett töltésmennyiség, amelyet az akkumulátor névleges kisütési áramaként 10 óra alatt ad le, azaz $I_n = I_{10} = \frac{Q[Ah]}{10[h]}$

Például egy személy gépkocsi akkumulátor jellemző adatai:

$$U_0 = 12V ; Q = 40Ah ; I_n = 4A$$

Az akkumulátor kapacitása függ a kisütő áram nagyságától. Névleges áram felett az áram növekedésével a kapacitás csökken.

Az előbbi példánál maradva, ha a terhelő áram $I_t=5A$, akkor ezt a terhelést nem 8 órán keresztül, hanem csak 7 óráig viseli el. Így a kapacitás $Q=7A*5h=35h$ -ra csökken.

2.2 Névleges hatásfokok, energiasűrűség, fajlagos teljesítmény

Az akkumulátortelepből sohasem kapjuk vissza a betöltött töltés mennyiségét, mert a töltés-kisütés folyamata alatt veszteségek lépnek fel (triviális pl. az R_b).

Az akkumulátor hatásfokát kétféle módon szokás megadni:

Az Ah hatásfok: $\eta_{Ah} = \frac{I_{kisüt} * t_{kisüt}}{I_{tölt} * t_{tölt}} * 100[\%]$ mely a kisütéskor visszanyert és a feltöltéshez szükséges töltésmennyiség hányadosa.

A Wh hatásfok: $\eta_{Wh} = \frac{U_{kisüt} * I_{kisüt} * t_{kisüt}}{U_{tölt} * I_{tölt} * t_{tölt}} * 100[\%]$ mely a kisütéskor visszanyert és a feltöltéshez szükséges villamos munka hányadosa.

Jól látszik, hogy $\eta_{Ah} > \eta_{Wh}$, ezért a gyártók az előbbit használják.

Az energiasűrűséget Wh/kg-ban, a fajlagos teljesítményt W/kg-ban szokás megadni.

3. Az akkumulátorok fajtái

Az akkumulátorok alapvetően a felhasznált elektrolittól függően két csoportba oszthatók, úgymint savas és lúgos akkumulátorok.

Gépjárművekben savas, többnyire ólomakkumulátort használnak, mert előállítási költsége viszonylag alacsony, súlya és térfogata is kisebb.

Hajókon, vasúti járműveken a nagyobb élettartamú, karbantartást alig igénylő, bár nehezebb lúgos, többnyire nikkkel-vas akkumulátorok terjedtek el. A lúgos akkumulátorok családjából igényesebb felhasználásnál a nikkkel-kadmium, nikkkel-metál-hibrid (NiMH) és a cink-ezüst akkumulátorokat használják. A felsorolás sorrendjében nő az ár és csökken a fajlagos súly vagy térfogat. A közlekedésben ez a repülőgép, űrhajó technikánál indokolt, míg a mindennapi életben az igényes, nem helyhez kötött készülékekben, pl.: digitális fényképezőgép, videó kamera, notebook.

Az elem az akkumulátortól annyiban különbözik, hogy nem tölthető (vannak különleges elemek, melyek néhányszor tölthetők, de egy akkumulátor tölthetősége 100-as nagyságrendű). Bizonyítható, hogy ahol sűrűbb, becslések szerint 30-40 elemcsere feletti szükséges, megéri a töltő + akkumulátor. Ha eszközünkben van motor vagy világítás, nagyobb a fogyasztás. Távírányítóba, karórába például teljesen felesleges akkumulátort tenni.

Van feladat, ahol mérlegelésnek helye nincs. Ilyen az összes ipari, közlekedési felhasználás, de ilyen egy napelem rendszer szolgáltatása energia felhasználásnál a tárolási funkció. Autópályáknál kezd már elterjedni a segélykérő villamos energia ellátására a napelem, persze ehhez szükséges egy akkumulátor is (borús idő, éjszaka).

A zselés akkumulátorok felhasználási területe napjainkra erősen beszűkült kis kapacitása és nagyobb terjedelme miatt.

A lítium-ion és a lítium-polimer akkumulátorok viszont a jövő energia forrásai, ma még csak szuper drága készülékekben alkalmazzák.

Egy új, intenzív fejlesztés alatt álló akkumulátor családot alkotnak a magas hőmérsékletű akkumulátorok. Az Na-S akkumulátor negatív elektródja nátrium (Na), a pozitív kén (S) és mindkettő olvadt állapotban. Az elektrolit nátriumoxidot (Na_2O) tartalmazó alumíniumoxid (Al_2O_3) kerámia cső, mely a 300-350 °C üzemi hőmérsékleten az elektronokat nem, de a nátriumionokat igen jól vezeti.

Kisütés közben a nátriumionok mennek át a kerámiafalán és a kénnel együtt különböző nátriumszulfidokat alkotnak. Ez a jövő akkumulátora, sorozat gyártása még nem indult be, de miután a föld ólom készlete kimerülőben van és a nátrium-kén készlet bőséges, ez a jövő útja.

A továbbiakban az iparban a két leggyakrabban alkalmazott akkumulátorral foglalkozunk: a savas ólomakkumulátorral és a lúgos nikkél-vas akkumulátorral.

3.1 Savas akkumulátorok

Legelterjedtebb típusa az ólomakkumulátor, melyet Gaston Planté (1884-1889) francia fizikus talált fel (1859).

Az ólomakkumulátornak két fő típusa van az indító- vagy starter-akkumulátor, mely rövid ideig névleges áramának sokszorosát tudja leadni, de tölthetősége 150-350 ciklus.

Az alábbiakban leírtakhoz képest más technológiával készült (pozitív elektródjai szövettáskás, páncél elemek), kevésbé nagy áram leadására képesek, de élettartamuk 500-2000 ciklus, jelentősebben nagyobb. Felhasználásuk a szünetmentes áramforrásoknál, vasúti biztosító berendezéseknél, targoncáknál stb. terjedt el.

3.1.1 A savas akkumulátorok felépítése

Az akkumulátor tárolóképesége nagy mértékben függ az egymással szembenálló pozitív és negatív lemezfelületek nagyságától. A cellában a megfelelő felületet jó helykihasználásért úgy érik el, hogy a pozitív és negatív elektródát több párhuzamos, egymással összekötött lemezből álló lemezcsomag alakjában képezik ki, majd a fésű alakú lemezcsomagokat egymásba tolják. Ezzel a felépítéssel a belső lemezek mindkét oldala, míg a két külsőnek csak egyik oldala használható.

A pozitív (PbO_2) lemezek anyagában végbemenő vegyi folyamatok térfogat változással járnak, egyoldali igénybevételnél deformálódnának. Így azok belül helyezkednek

el. Ebből az is következik, hogy a negatív (Pb) lemezek eggyel többen vannak és a lemezcsomag mindkét szélén negatív lemez van.

A pozitív és negatív lemezek egymással nem érintkezhetnek, közük szigetelő, elválasztó lapokat tesznek. A lapokon az elektrolit áthaladhat, de fémrészecske nem. Anyaga lehet például mikroporozus PVC.

A pozitív és a negatív lemezek vázszerkezetét keményíólom rácsszerkezet képezi, melybe az aktív masszát belesajtolják. Elektrokémiai formázás után a pozitív lemezek barnák, a negatívak (ólom)szürkék lesznek.

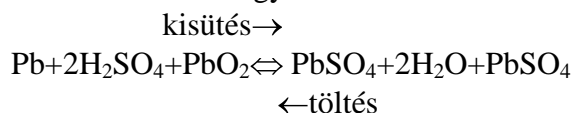
Az akkumulátor tartálya természetesen saválló szigetelőanyagból készül (keménygumi, propilén, egyéb műanyag). A cellákat a tartályon belül külön válaszfalakkal különítik el, hogy az elektrolit ne keveredjen, vagy önálló cellákat raknak a tartályba. Általában a cellák külön zárható csavaros dugókkal vannak ellátva, hogy a párologás okozta vízhiány pótolható legyen (a sav nem párolog).

Ha az elektrolit komponenseit nekünk kell összekeverni, mindig a desztillált vízbe kell önteni a kénsavat és figyelni kell, hogy ne melegedjen fel.

3.1.2 A savas akkumulátorok működése, paraméterei

Az ólomakkumulátor pozitív elektródája feltöltött állapotban barna színű ólomoxid (PbO₂). A negatív elektróda szivacsos szerkezetű, szürke színű ólom (Pb). A lemez alakúra kiképzett elektródák kénsav (H₂SO₄) vizes oldatába merülnek.

A kémiai reakció egyenlete:



Jól látszik ezen az egyszerűsített egyenleten az anyagok átalakulása. Kisütéskor mind az ólom, mind az ólomoxid elektródából ólomszulfát lesz, míg a kénsav koncentrációja csökken, ha nem is olyan drasztikusan, mint ahogy az egyenlet mutatja. Töltéskor a folyamat megfordul.

Tehát a savkoncentráció vagy a savsűrűség jellemző a villamos töltöttségi állapotra!

A lemezeket és az elektrolitot a kénsav maró hatásának ellenálló edényekbe, *cellákba* helyezik. A cellákból állítják össze az *akkumulátorteletet*.

Az ólomakkumulátor kisütési és töltési jelleggörbéjét a 3.1.1 ábrán



3.1.1 ábra
Savas akkumulátor feszültségének változása töltés és kisütés folyamán

tanulmányozhatjuk.

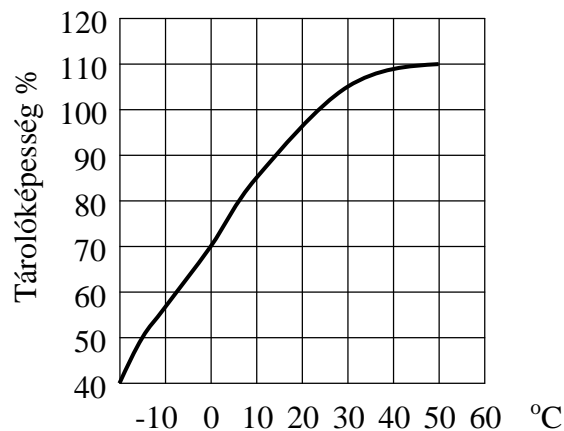
Feltöltött állapotban a cella feszültség 2V a savsűrűség 1.24 kg/dm^3 . Kisütés alatt a cellafeszültség 1.83V-ig ($\rho=1.17 \text{ kg/dm}^3$) csökkenhet az akkumulátor károsodása nélkül.

Töltéskor az ólomakkumulátor feszültsége növekszik és 2.75 V ($\rho=1.285 \text{ kg/dm}^3$) cellafeszültségnél befejeződik. További töltés túltöltést okozna, ami az akkumulátor károsodásával járna. 2.4 V-nál vízbontás kezdődik az elektrolitban, ami durranógáz fejlődést jelent. Levegőben ennek 6% feletti értéke robbanásveszélyes. Töltés közben a helyiség szellőztetéséről gondoskodni kell.

Az ólomakkumulátorokat régebben első üzembe helyezés előtt ciklikusan többször feltöltötték, kisütötték. Ezt a műveletet *formázásnak* hívjuk. Ma már a gyártó majd minden esetben formázott akkumulátort hoz forgalomba, illetve rendelkezik az üzembe helyezés menetéről.

Az ólomakkumulátor *töltöttségi állapotáról* a 3.1.1 ábra szerint a kapocs feszültség keveset árul el ezért a *savsűrűséget* mérjük.

A kapacitás jelentősen változik a hőmérséklettel, ahogy azt a 3.1.2 ábrán látjuk.



3.1.2 ábra
Savas akkumulátor hőmérsékletének és tárolóképességének összefüggése

A hőmérséklet csökkenésével csökken a kapacitás. 25°C -os hőmérsékletet 100%-nak tekintve kb. fokenként 1%-ot esik a tárolóképesség.

Lényeges, hogy a kisülés (terhelés) folyamatának szünetekkel való megszakítása növeli a tárolóképességet a folytonos üzemhez képest.

Az ólomakkumulátor belső ellenállása nagyon kicsi, kb. 1-10 m Ω . Ebből következik, hogy az üresjárási és kapocsfeszültség közel azonos, míg a rövidzárási áram nagyon nagy.

Hatásfokai:

$$\eta_{wh} \approx 80[\%]$$

$$\eta_{Ah} \approx 65 - 70[\%]$$

3.2 Lúgos akkumulátorok

Az első lúgos akkumulátort Th. A. Edison készítette 1904-ben. Előnye a savashoz képest igénytelensége, érzéketlensége a környezeti behatásokkal szemben és hosszú élettartama, mintegy 1200 ciklus.

3.2.1 A lúgos akkumulátorok felépítése

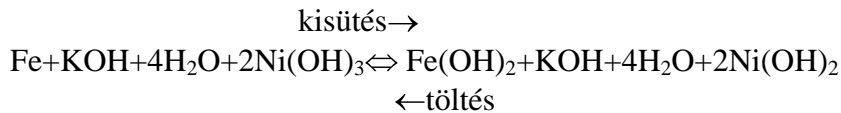
Felépítésükben egyszerűbbek, ugyanakkor robusztusabbak. Az elektródákban és az elektrolitban nyilván különböznek az előbb ismertetettektől.

A 3. fejezet szerint az elektródák anyaga változik ugyan, de a kálilúg sűrűsége változatlan, annak ellenére, mint látni fogjuk, hogy passzívan vesz részt a reakcióban.

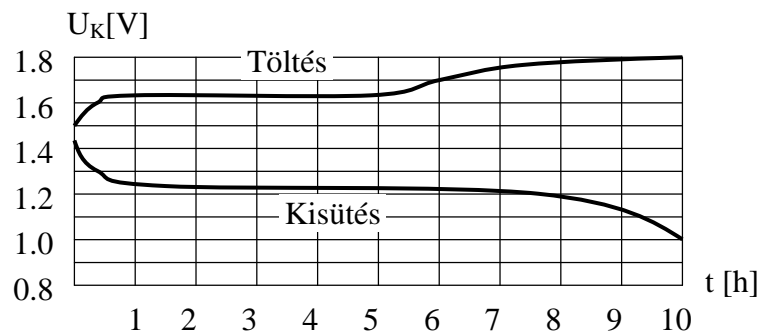
3.2.2 A lúgos akkumulátorok működése, paraméterei

A nikkel-vas akkumulátoroknál a pozitív elektróda vas (Fe), míg a negatív nikkelhidroxid (Ni(OH)₃) és az elektrolit kálilúg (KOH) vizes oldata. A kálilúg nem vesz részt a reakcióban, pontosabban *nem változik meg a sűrűsége(!)*.

A kémiai reakció egyenlete:



Tehát még egyszer jelezzük, hogy a lúg sűrűsége változatlan a töltés-kisütés ciklus alatt. A lúgos akkumulátor kisütési és töltési jelleggörbéjét a 3.2.1 ábrán tanulmányozhatjuk.



3.2.1 ábra
Ni-Fe akkumulátor feszültségének
változása töltés és kisütés folyamán

A lúgos akkumulátort 1V cellafeszültségig lehet kisütni, ezen túl a lemezek károsodnak.

Túltöltésre nem érzékeny, a töltőáram a névleges kétszerese lehet.

$$I_n = 2 * I_{10} = \frac{Q[Ah]}{5[h]}$$

Töltésnél ügyelni kell arra, hogy az elektrolit hőmérséklete ne legyen több 40 °C-nál, ha ez mégis bekövetkezik, meg kell szakítani a töltés folyamatát, de a telep lehűlése után a töltés folytatható.

Töltéskor az elektrolit pezseg, durranógáz fejlődik, tehát a levegőztetés itt is szükséges.

Az akkumulátor töltöttségi állapotára a *gázfejlődés és a lúg sűrűsége nem jellemző*, a cellafeszültséget kell mérni. Feltöltött állapotban a cellafeszültség 1.8 V.

Töltés után a lúg szintet ellenőrizni kell, a hiányt desztillált vízzel pótoljuk.

4. Az ólom és a nikkel-vas akkumulátorok összehasonlítása

Az ólomakkumulátor cellafeszültsége 2 V, a lúgosé 1.2 V, tehát eleve azonos teljesítménynél a *lúgos akkumulátor térfogata, tömege nagyobb*.

Az ólomakkumulátor *villamos tulajdonságai jobbak* gondos karbantartás esetén, mint a lúgosé.

A *lúgos akkumulátor viszont nem igényel karbantartást és élettartama kétszerese* a savasnak. *Nem igényel felügyeletet, önkisülése kicsi*, a rázást jobban elviseli. Az előállítási *költsége viszont mintegy háromszorosa a lúgosénak*.

5. Irodalom

Bakos István: Járművillamosság
Műszaki Könyvkiadó 1979.

dr. Hodvogner László: Gépjárművek villamos berendezései
Műszaki Könyvkiadó 1988.

Magyar Nagylexikon
Akadémiai Kiadó 1993.

Tömösy M. Jenő, Frank György: Autóvillamosság
Műszaki Könyvkiadó 1975.