

AZ AKKUMULÁTOROS ENERGIATÁROLÁS TÖRTÉNETE, FONTOSABB VÁLTOZATAI

Gyórfi Krisztián – 2021. március 18.

Korábbi elemzéseinkben már sokszor kitértünk a villamos energia néhány speciális tulajdonságára: nem lehet tárolni, ezért a keresletnek és kínálatnak minden időpontban meg kell egyeznie. „Kerülő úton” (pl. hő, vagy helyzeti energia formájában) persze el lehet tárolni a villanyt is, de ehhez előbb át kell alakítani valamilyen más energiává, azt kell eltárolni, majd szükség esetén visszaalakítani.

Jelenleg erre a messze legerjedtebb megoldás a szivattyús-tározós erőművek alkalmazása, melyekről korábban már részletesen írtunk. Ezekben a villanyt arra használjuk fel, hogy vizet egy magasan fekvő völgybe szivattyúzzunk (ezzel a villanyt elfogyasztjuk), aztán a vizet később a magasból leengedve, azt egy turbinán keresztül folyatva abból újra villamos energiát állítunk elő. Jelen elemzésünkben egy másik, az utóbbi években rendkívül felkapottá vált technológiával, az akkumulátoros tárolással foglalkozunk, ezen belül kiemelten a lítiumos akkumulátorokkal (az ipari mértékben is alkalmazható tárolás területén léteznek még a nátrium-kén és a redox flow alapú akkumulátorok, melyekről későbbi elemzéseinkben ejtünk majd szót).

A téma nagyon kiterjedt, ezért jelen anyagunkban az alapokkal és kedvcsináló érdekességekkel kezdünk. A későbbiekben folytatjuk a téma elemzését az akkumulátorok villamosenergia-ipari jelentőségével, gazdaságossági kérdésekkel, trendekkel.

Az akkumulátorok alapegysége a cella, melynek legfontosabb részei – leegyszerűsítve – az elektromosan vezető (általában folyékony, vagy zselés, kivételes esetekben szilárd) elektrolit, az ebbe belehelyezett elektródok: a katód, az anód, illetve a közöttük a töltéseket szállító részecskék (ionok). Fontos részegység még a szeparátor, mely a gyakorlatban az egymáshoz meglehetősen közel lévő elektródák véletlen összeérését akadályozza meg. Amikor áramot vezetünk az akkumulátorba (töltjük), akkor a villamos energia kémiai energiává alakul, amikor fogyasztót kötünk rá (kisütjük), akkor pedig visszaalakítjuk. Egy cella feszültsége néhány Volt, mely egyszerűen megnövelhető a kívánt szintre a cellák sorba kötésével.

Az elemek és akkumulátorok meglehetősen régóta életünk részét képezik. Az első, kémiai energiát villamos energiává átalakítani képes eszközt¹ (elemet) az olasz Volta készítette 1799-ben, honfitársa, Galvani ötlete alapján, ez azonban még nem volt újratölthető.

Az első „valódi”², újratölthető akkumulátort Gaston Planté fejlesztette ki 1859-ben: ez volt a világ első ólomsavas akkumulátora. A technológia előnyei (egyszerűség, olcsóság, nem szükséges hozzá bonyolult elektronika) miatt széleskörűen elterjedt, és nagy népszerűsége tett szert. A fejlődés ugyanakkor nem állt le, az energiatárolási igények újabb és újabb megoldások kifejlesztéséhez vezettek.

A mobiltelefonok és a notebook-ok elterjedésével szükségessé vált egy kicsi, de nagy energiasűrűségű, gyorsan tölthető és kisüthető, biztonságos tárolási megoldás. Erre a feladatra az ólomsavas akkumulátorok alkalmatlanok voltak, ráadásul környezetszennyező és egészségkárosító mivoltuk következtében a szabályozó hatóságok célkeresztjébe kerültek.

A világ legöregebb eleme

Az Oxfordi Egyetemen található egy elem, amely 1840 óta folyamatosan működik. Az elem egy csengőt működtet, melyet az elmúlt 180 évben több, mint 10 milliárdszor szólaltatott meg. Az elemek és akkumulátorok tehát megfelelő körülmények között meglehetősen sokáig működőképesek maradhatnak.

Hasonló okok miatt, a szintén egy évszázados történelemmel bíró, a modern időkben főleg kigépekben, kézi szerszámokban alkalmazott nikkell-kadmium (NiCd) akkumulátorok sem jelentettek megoldást (ezeket az Európai

¹ Elektromos töltés tárolására és statikus elektromosság felhasználására alkalmas eszközöket már az ókorban is használtak.

² Fontos megjegyezni, hogy a magyarral ellentétben az angol nyelvben gyakran az elemre és az akkumulátorra is ugyanazt a szót, a „battery”-t használják és úgy különböztetik meg a kettőt, hogy az utóbbihoz hozzáfűzik, hogy újratölthető (rechargeable).

Únióban nem ipari felhasználásra már nem is lehet forgalmazni). Az 1980-as években megjelenő nikkel-metál-hidrid (NiMH) akkumulátorokban már nem használtak súlyosan mérgező anyagokat, és energiasűrűségük is jóval magasabb volt. Magas önkisülésük (kevés ideig tudják az energiát tárolni) mellett volt azonban egy sajátosságuk, ami megkeserítette a felhasználók életét: nagyon lerövidítette energiátároló képességüket és élettartamukat, ha nem merítették le teljesen, illetve nem töltötték fel őket maximálisan (ez a jellemzőjük a köznyelvbe „memória-hatásként”, vagy „memóriaeffektusként” szivárgott be). Ettől függetlenül egyszerűségük és alacsonyabb áruk miatt ma is használatosak olyan esetekben, amikor kis határfokuk és magas önkisülésük nem probléma.

A lítiumionos akkumulátorok diadala

A lítiumionos (vagy röviden lítiumos) akkumulátorokat már a hetvenes években feltalálták, de évtizedek kellettek ahhoz, hogy dominánssá váljanak. Megalkotói, John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham és Josino Akria végül közel negyven évvel később, 2019-ben kapták meg ez ügyben végzett munkásságukért a kémiai Nobel-díjat. A lítiumos akkumulátor valójában egy gyűjtőnév, a kategórián belül nagyon sok, egymástól eltérő karakterisztikájú akkumulátor létezik.

A lítium azért nagyon jó ebben a feladatkörben, mert a legkisebb tömegű fém, emellett alkalmazásával nagyon magas cellafeszültség érhető el. Ennek köszönhetően energiasűrűsége sokszorosa az elődeinek, nagy teljesítmény leadására képes és magas az energetikai határfoka (az eltárolt energia kis része veszik el az át- és a visszaalakításnál).

Felmerülhet a kérdés, hogy akkor mégis miért kellett az akkumulátor feltalálása után majdnem száz évet várni arra, hogy ezt a kézenfekvő elemet, a lítiumot alkalmazzák. Maga az ötlet elég hamar, már az 1910-es években felmerült, de a technológia megvalósítása során olyan bonyolultságú problémák adódtak, melyek megoldására több, mint fél évszázadot kellett várni.

A technológia hátrányai közé tartozik, hogy a töltés és kisütés szabályozásához, valamint a cellák egyenletes terhelésének megoldásához mindenképpen szabályozó elektronikát kell alkalmazni. Emellett üzemeltetési szempontból rendkívül kényesek: melegben és hidegben való használatuk esetén csökken a teljesítményük és élettartamuk, tönkre-mehetnek, vagy legrosszabb esetben akár ki is gyulladhatnak, vagy fel is robbanhatnak. Érzékenyek továbbá a túltöltésre és nem viselik jól, ha hosszabb ideig lemerült állapotban vannak.

Tippek lítiumos akkumulátorokhoz

Tanácsok, melyek betartásával a lítiumos akkumulátorok teljesítményromlása (degradációja) lecsökkenthető és élettartamuk meghosszabbítható:

- ne tároljuk őket huzamosabb ideig hideg (0 fok alatti) és meleg (40 fok fölötti) helyen,
- ne merítsük le teljesen az eszközt (a mobiltelefonok töltöttségjelzője nem a tényleges adatot mutatja; amikor lemerül, még van benne töltés, de az önkisülés miatt ez előbb-utóbb „elfogy”), ezért ne tároljuk az eszközt lemerült állapotban,
- a teljes feltöltődés után ne hagyjuk az eszközt a töltőn,
- ha az eszköz melegeledését észleljük, csökkentjük a terhelését.

Korai villanyautók

Az akkumulátorral ellátott, villamos hajtásláncú gépjárművek gyakorlatilag a belső égésű motorral szerelt autókkal egy időben, a 19. század végén jelentek meg. Népszerűségben és elterjedtségben sokáig felül is múlták az utóbbiakat, mert nem voltak zajosak, koszosak, büdösek és nem kellett kurblizni őket (sokáig úriemberhez méltatlan volt belső égésű motorral szerelt járművet vezetni, az elektromos hajtással viszont nem volt ilyen gond). A technológia fejlődésével (például az önindító feltalálása) végül a belső égésű motorok váltak dominánssá, alapvetően a benzin és a gázolaj magas energiasűrűsége miatt. A lítiumos akkumulátorok megjelenése viszont új lehetőséget teremtett az e-autók számára.

A szabályozás mellett tehát kritikus és nehezen megoldható feladat a hő- és feszültségérzékenység csökkentése (például jobb szeparátorok alkalmazásával) és az akkumulátor ideális hőmérsékleten tartása (például aktív, vagy passzív hűtéssel és fűtéssel, a cellák megfelelő geometriai elrendezésével).

Láthattuk, hogy a lítiumos akkumulátor nem egy új technológia, de idő kellett ahhoz, hogy a gyártási technológiák eljussanak arra a szintre, amikor már nagy tömegben, megfelelő minőségben és versenyképes áron lehetett őket előállítani. Ezt követően viszont a lítiumos akkumulátorra épülő technológiák fejlődése döbbenetes gyorsasággal zajlott.

A különböző területeken eltérő igényeknek kellett megfelelniük, ezért nagyon sok változatuk alakult ki. A legfontosabb jellemzők, így az alacsony ár, a hosszú élettartam, a magas teljesítmény és az energiasűrűség jellemzően csak egymás kárára javíthatók. Emiatt teljesen más megoldást kell alkalmazni egy drága, de gyorsan avuló, kompakt méretű csúscategóriás telefonban, mint egy autóban, amelynél a végtermék árának jelentős részét az akkumulátor teszi ki, és annak hosszú évekig stabilan működnie kell. Szintén teljesen más elvárásoknak kell megfelelni egy statikus telepítésű megoldás esetén, ahol a nagy súly és a helyigény kevésbé probléma.

A lítiumionos akkumulátorok fontosabb változatai, jövőbeli fejlesztési lehetőségei

Az akkumulátor részei közül az anód esetében a legutóbbi időkig nem volt túl sok alternatíva: az esetek döntő részében grafitot alkalmaztak, illetve alkalmaznak ma is, és csak az anyag tisztaságát biztosító gyártási eljárások fejlődtek. Az utóbbi években kezdték alkalmazni a szilikon és a grafit keverékét, mely megnöveli az energiasűrűséget, illetve elkezdtek kísérletezni a nanotechnológia segítségével előállítható, titánt tartalmazó, vagy grafénből álló változatokkal.

A katód esetében jóval kaotikusabb a helyzet; már most is rengeteg különféle változat létezik, még több fejlesztése van folyamatban, a lehetőségek teljes számbavétele szinte lehetetlen. A sajtó is ezt a témát szereti a legjobban, gyakran röpködnek a különböző szakkifejezések, rövidítések, új technológiák, vagy akár a geopolitikai elemzések az egyes ritkább elemek (mint például a kobalt) hozzáférhetőségével kapcsolatban. Ebbe a témába nem kívánunk részletesen belemenni, de néhány tényt fontosnak tartunk kiemelni.

Először is: a lítium kivételével a felhasznált ritkább elemek mindegyikét (a kobaltot is) lehet helyettesíteni. Ha valamelyik komponens ára, vagy hozzáférhetősége kritikussá válna, az várhatóan nem fogja lényegesen megakasztani a technológia térnyerését, maximum csak kicsit lassítja.

Az elterjedést sokkal inkább hátráltatja az, hogy rengeteg fejlesztés van folyamatban és egyetlen gyártó sem tudja, végül melyek lesznek a befutók³, ezért érthető módon óvatosan járnak el, mielőtt milliárdokat ölnek egy adott technológiára épülő gyártókapacitás kiépítésébe. Figyelembe kell venni továbbá azt is, hogy a „papíron”, laboratóriumi körülmények között fantasztikusnak tűnő megoldások 90%-a elvész az ipari szintű tömegtermelésig vezető hosszú és rögzös úton, de siker esetén is évekbe, évtizedekbe telhet az implementáció.

Hatalmas áttörést hozhatnak a szilárd elektrolitos akkumulátorok. A szilárd elektrolit nagy előnye, hogy önmagában képes megakadályozni, hogy az elektródák véletlenül összeérjenek, így a – meglepően nagy tömegű és nagyon sok problémát felvető – szeparátorok alkalmazása feleslegessé válik. Emellett élettartamuk és megbízhatóságuk is nagyságrendekkel jobb lehet, mint a folyékony elektrolitos változatoké. A technológiát már a gyakorlatban is alkalmazzák, de nagyon drága.



18650-es akkumulátor cella (a számok arra utalnak, hogy 18 mm széles és 65 milliméter hosszú). Ilyeneket használnak sok notebookban, de egyes autók akkumulátora is ezekből áll.

³ Előfordulhat az is, hogy újabb ugrás következik be és hirtelen az egész lítiumionos technológia elavulttá válik (más iparágakban számos példa volt már erre, gondoljunk például a plazmatévékre).

A napi hírekben méltatlanul kevés figyelmet kapnak az akkumulátorgyártás kiegészítő elemei, úgy mint a cellák csomagokba (úgynevezett blokkokba) rendezésének módja, ezek fizikai elhelyezése az eszközön belül (a hőtermelődés miatt egyáltalán nem mindegy, mi hova kerül, milyen geometriai elrendezésben) az aktív, vagy passzív hűtéses megoldások, illetve kiemelten a vezérlés. Az ezen a területen zajló fejlesztések kevésbé látványosak, de fontosak ahhoz, hogy a cellák előnyeit a legjobban kihasználó, a hátrányokat mérséklő és a lehető legolcsóbban gyártható termék szülessen. Az ezen a területen elért eredményeknek is köszönhető, hogy egyes vállalatok évekkal megelőzték versenytársaikat annak ellenére, hogy elvileg ugyanolyan – a piacon bárki által megvásárolható – cellákat alkalmaznak.



Személyautó alvázába épített akkumulátor cellák - összesen 6912 darab

Reméljük, hogy mostani, a szokványostól kicsit eltérő elemzésünkkel sikerült felkeltenünk az érdeklődést az akkumulátoros tárolás iránt, ugyanis meglátásunk szerint a technológia – a hidrogéngazdaság mellett – óriási hatást gyakorolhat a villamosenergia-szektorra.

A tárolás lehet az az „összekötő kapocs”, amely lehetővé teszi a karbonsemleges energiaforrások (nukleáris, időjárásfüggő megújulók) és konvencionális erőművek egymáshoz illesztését oly módon, hogy az ellátásbiztonság továbbra is magas szinten maradjon és a hálózati integráció költségei se emelkedjenek drámai mértékben.