

Smart ForTwo ED3 akku

Folytatnám a korábbi két *Smart ForTwo* cikkemet, a BRUSA töltő és a BMS után ezúttal magukra az akkukról írva. Nem kevesebb, mint 150 MByte információt szedtem össze csak az akkukról, mégis minél többet olvasok róluk, annál inkább érzem egyre butábbnak magam. Ez a tény éles kontrasztban áll azokkal az önjelölt szakemberekkel, akikkel tegnap is sikerült a *Facebook* bugyraiban összeveszнем, mert ők nem zavartatják magukat holmi fáradságosan összeszedett szaktudással: ők a lítium-akku témát még az anyatejjel szívták magukba...

Hol is kezdjem e nagy témát? Az előző cikkemet ott hagytam abba, hogy van egy rejtélyes hibáüzenet, a ***PI8051C***, ami miatt letilt az akkupakk, és se töltést, se hajtást nem enged. Erre a cikkemre megkeresett három külföldi illető is, és egy itthon autós is, akinek már lassan másfél éve nem moccan az autója. Sajnos pillanatok alatt kiderült, hogy az akku töltésének negyedét már elvesztette; konkrétan a három akkupakkból kettő nulla voltos volt. Ez lehetővé tette, hogy a BMS lelkivilágába még jobban elmerüljek, hiszen a BMS az az autó elektronika, amit nem lehet áramtalanítani: állandó és masszív kapcsolatban van a nagyfeszültségű akkuval, így sem a ~150V-os egyenfeszültség körüli tapogatáshoz nem volt túl sok kedvem, sem pedig a folyamatosan áram alatt lévő és így intenzív mérést és adatátvitelt folytató elektronikában sem szívesen kotorásztam volna. De ez a halott akku rengeteget segített. Pl. kiderült, hogy a BMS elektronika nem csak annyi, amit korábban hittem, hanem még a panel túloldalán legalább ugyanannyi alkatrész van, mint amit korábban sejtettem:



Kiderültek pl. olyan szépségek, hogy miért döböntek meg a *Tesla Model 3* felépítésén az elvileg sokkal képzetesebb és komolyabb autóiipari múlttal rendelkező német szakemberek... Annó már írtam róla, hogy a Tesla a 3 fázisú töltőjében olyan roppant egyszerű módon oldotta meg a három teljesen azonos töltő-modul azonosítását, hogy 2 vezeték-hurkot csinált: ha csak az egyik van bent, akkor az az 1. modul, ha csak a másik, akkor az a 2. modul, ha mindkettő, akkor az a 3. modul.



A drága jó német mérnök uraknak az túlságosan egyszerű lehetett, mert a fenti BMS fotók bal oldalán látszik egy kis „sziget” a nagy fekete csatlakozó mellett, rajta két oldalon rengeteg alkatrészszel; ha jól számoltam a sok légy piszkoz, úgy 50 ÷ 60 db között lehetnek. E bonyolult áramkör csak annyit csinál a sok vezetékekkel, hogy bekapcsoláskor sorban feléleszti a három akkupakk három azonos BMS paneljét, majd mindegyikkel közli sorban, hogy Te vagy az 1., Te a 2., Te a 3. Visszafejtettem a teljes kapcsolást és felraktam egy szakmai fórumra, de a szaktársak is csak a térdüket csapkodták neveltükben, milyen agyhalott megoldások vannak benne. Hát igen, ez egy kissé el van bonyolítva... Lenne mit tanulniuk a Teslától!

Kiderültek továbbá olyan mókás dolgok is, hogy a korai autókat még a **BOSCH** csinálta; az összes belső azonosító cetlin az szerepelt. Ekkor jött létre a *Samsung SDI* és a **BOSCH** által alapított **SB-LiMotive** cég, amely a Samsung SDI – BOSCH Lithium Motive szavakból áll; az utolsó szó egy szellemes szójáték, mely egyszerre utal motivációra és mozgásra. Később ez is átalakult már **ACCUmotive**-ra, az interneten fellelhető SB-LiMotive dokumentációk helyett pedig már csak Viagra (!) hirdetések jöttek be a korábban még aktív WEB-oldalon. Sajnálatos módon egy alig 6 éves konstrukcióról ma már a legalapvetőbb információk sem érhetők el, ami számomra siralmas. Fél karomat odaadnám pl. az alábbi, valószínűleg csak nyomtatásban kiadott anyagért: *Preliminary Technical Customer Information; SB LiMotive; 2011* De sem a **BOSCH**, sem az **ACCUmotive** oldalán releváns találatokat nem bírtam találni. Persze nem én lennék én, ha ennyivel feladnám; a különböző tanúsító szervezetek honlapjáról már nem lettek eltüntetve a különféle mérési és tanúsítási jegyzőkönyvek, melyekből sok mindent ki lehetett hámozni. Ennek ellenére itt és most szólok, hogy amiket most leírok, azokat lehetőleg senki se írja bele a diploma-munkájába, mert csak a halál a biztos, nem ez...

A lítium akkuknak rengeteg féle kémiai összetétele van, hiszen az csak egy gyűjtőfogalom. Alapvetően azonban a $LiC_6 + CoO_2 \rightleftharpoons C_6 + LiCoO_2$ reakció alapján zajlik a töltés és a kisütés a 2.5÷4.2 V (bizonyos típusoknál max. 4.1V) tartományban. Ha az akkuk feszültsége kb. 2.3V alá csökken, egy passzíválódási folyamat indul be a $Li^+ + e^- + LiCoO_2 \rightarrow Li_2O + CoO$ reakció mentén, és az akkumulátor energiatároló képességét adó $LiCoO_2$ vegyület-komplex egyszerű fémoxidokká alakul, mely következtében az akkumulátor kapacitása lecsökken, és az áramfelvevő- és leadó képessége is drasztikusan romlik. Az oxidálódás mértéke nagyban függ a pontos kémiai összetételtől és a hőmérséklettől, így nehezen számolható, ellenben a kapacitás mérésével pontosan megállapítható a mértéke. Szélsőséges esetben az akku az egész térfogatában oxidálódva átmegy egyszerű ellenállásba, ami csak melegszik, míg ki nem gyullad. Már 3.0V alatt is az akku alig tárol pár százaléknyi kapacitást, így a gyártók szinte egységesen nem is engedik az akkumulátort 3.0V alá sütni; már csak azért sem, mert a 2.5V÷3.0V tartományban ún. csepptöltéssel (trickle / float charge), az eredeti töltőáramának ~10%-ával tölthető csak, míg el nem éri a normál, 3.0V÷4,2V tartományt.

A fentiek alapján alapos okom van feltételezni, hogy a *Smart ForTwo* BMS áramköre – és valószínűleg ez igaz más autók akkumulátor-vezérlésére is – két szintre osztja az akkumulátor károsodását:

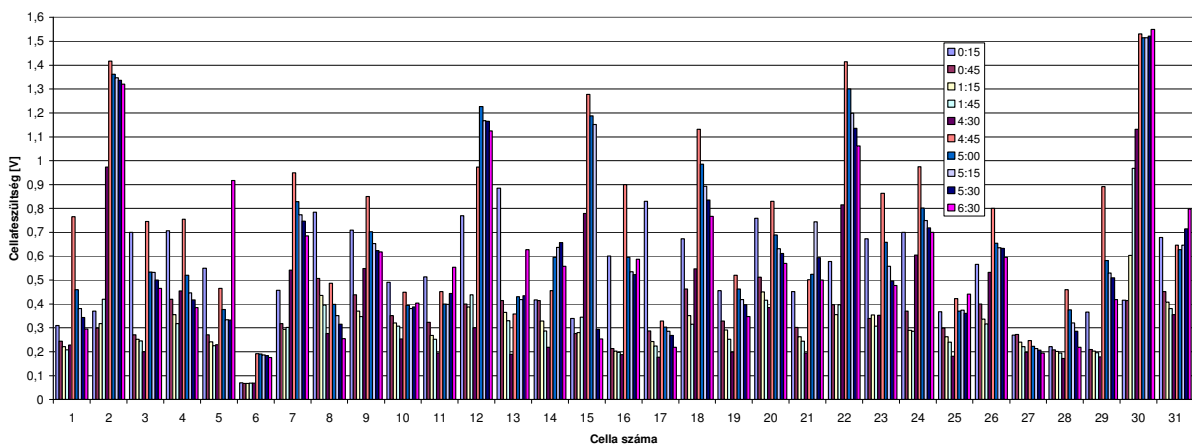
- 2.5 ÷ 3.0V között az akkumulátor-pakk letilt, és nem engedi kívülről tölteni sem, nehogy a normál töltőáram felgyűjtsa a megnövekedett ellenállású akkupakkot. Talán létezik olyan szerviz-parancs, amely engedélyezi a tesztpadon történő lassú töltést, de erre vonatkozólag még nem találtam nyomot. Ez a hibakód azonban „egyszerű” szerviz kódtörlés során törölhető, az akkumulátor cella-szintű lassú töltéssel biztosan kihozható ebből a kóros állapotból; és utána elvileg jelentős kapacitás-vesztés nélkül használható.

- 2.5V alatt valamennyivel az akkumulátor eltárol egy hibajelet, mivel fennáll a komoly esélye annak, hogy egy vagy több akkumulátor cella kapacitása lecsökkent, így normál töltőárammal való töltés esetén kigyulladhat. Ez az a bizonyos **P18051C** hibakód. Ezt a jellegéből adódóan nem engedi törölni a rendszer. Valószínűsíthetően ilyenkor már az akkucellák egy része is károsodott lehet.

Bonyolítja a dolgot, hogy a szoftveres lehallgatások alapján ez a BMS eljuthat egy olyan fura állapotba, hogy „elfelejti” figyelni az akkucellák állapotát. Ez az imént leírt címkiosztó áramkör működésével lehet összefüggésben. A címkiosztás egyik lépéseként lekapcsolódnak, hogy mindig csak egy válaszoljon a BMU (*Battery Management Unit*) egység-címet beállító parancsára. Ezután szintén kicsit lüke logika mentén vagy másodpercenként 20x, azaz 50 msec-enként méri le az akkuk állapotát, vagy másodpercenként 5x, 200 msec-enként. Mivel a mérésekhez az akkumulátor-pakk adja az energiát, igazából a „szerencse” függvénye, hogy a nagyfeszültségű akkumulátor az autó álló állapotában, kiszedett 12V-os akkumulátor mellett gyorsan, lassabban vagy egészen lassan merül le.

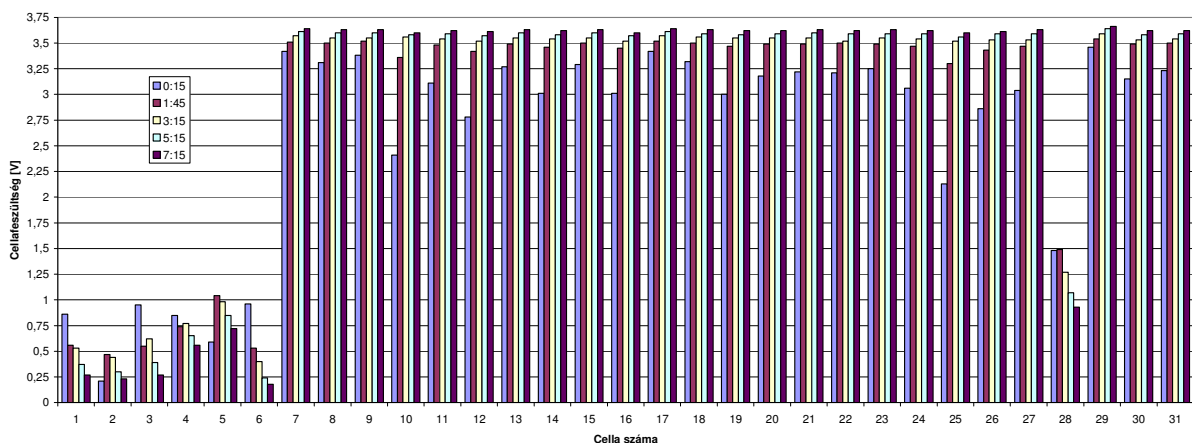
Nos, akármi is történt, utólag már meg nem tudom állapítani; így amint végeztem a BMS-ek visszafejtésével, megpróbáltam tölteni a nullára lemerült akkumulátorokat. Már alig 1A-es induló töltőáramnál az akkucellák feszültsége random mód ugrándozott, és több órás töltési próbálkozás után csak annyi látszott, hogy az összes akkucella halott:

1. pakk feszültség-változás (4:00 után áram 1A-ről 2,5A-re növelve)



A 3. akkupakk ellenben teljesen máshogy reagált a töltési kísérletre:

3. pakk feszültség-eloszlás



Az akkut javítani próbáló szerelőtől tudom, hogy a 3. pakk 28. cellája ment tönkre annó; de mivel neki nem volt állítható labortápjja, csak egy ~100V-os töltője, a kb. 400V-os akkupakk negyedét próbálta vele feltölteni, köztük a hibás cellát is, amely azonban makacsul nem vette fel a töltést. Ezután eltelt rengeteg idő, és a tulajdonosnak pedig sem tudása, sem eszköze nem volt arra, hogy felügyelje a pakkok merülését, és utántöltse őket. Így mire hozzám ért, halott lett az akku. Ez sajnos menthetetlen... A szomorú az, hogy egy ilyen komplett akkupakk több, mint 7 millió (!) Ft, ha külön alkatrészként szeretnék megvenni; de ha a szerviz cseréli, akkor – ha eredeti és többé-kevésbé még működőképes az akku – akkor „csak” 3,1 millió Ft a csere. Megértem és nagyon sajnálom a tulajdonost, hogy a rossz híreim után kisebb sokkot kapott. Tisztelem viszont a nagylelkűségét, hogy az okulásomra és az eCar közösség tájékoztatása céljából felajánlotta, hogy az akkupakkot szétbontsam, ennek már úgylis mindegy alapon...



Ő lenne a pakk, azaz annak a három, egyenként 31 cellából álló akkucsomagnak az egyike, ami a *Smart ForTwo*-t hajtja. A csavarokat ebből már eltávolítottam; csak lemezcsavarból 123 (!) db-ot, meg metrikus menetűből még jó huszat. Jó sport, mondhatom... Az alábbi fotón már a felső alkatrészeket eltávolítva, amolyan „réteg-metszet” módjára mutatom ugyanezt:



Az akkupakkot két masszív alumínium véglap zárja le, melyeket 8 menetes szál hűz össze. A két legszélső fél vastagságú műanyag keret csak távtartó, aztán a következő kettő speciális keret a két kivezetést tartalmazza; az alsó fotó jobb alsó sarkán látható egy szem csavartuskó az. (A felső fotón a bal alsó sarok.) Ezek között 28 db teljesen azonos akku-keret van, minden kereten egy-egy átvezető réz kupakkal. Ezek a keretek felváltva 180°-al el vannak fordítva. Így az akkuk „cikk-cakkban”, párosával megfordítva vannak sorba kötve. Széthúztam őket, és az alábbi (sajnos kissé homályos) fotón látszik, hogy a keretek **között** lógnak az akkuk, és lehet látni, ahogy keresztben feszülnek az érintkezők között.



Maguk az akkuk pedig így néznek ki:



Magukat az akkukat a német *Li-Tec* cég gyártja, a rengeteg szám és vonalkód mind csak sorozatszám; a tényleges „típus” a jobb alsó részen látható: ICS 13/330/162 50Ah 3,6V. Ez a 330x162 magának a zacskós („pouch”) akkunak a külső mérete, az érintkezői nélkül; 13 mm egy-egy keret. Az akkuk tényleges mérete (a vastagabb rész) csak 305x133, és 12 mm vastag. A körben lévő peremet szilikon tömítéssel fogják meg a műanyag keretek, csak alul hagynak ki két centit, hogy a légnomás-változások kiegyenlítődhessenek. Egyetlen ilyen akkucella 1.280 gramm, és a 28 keret + 2 kivezető keret + 2 fél vastag keret között 31 db van belőle.

Maga a teljes akku – a 3 db akkupakkal – amúgy adatlap szerint 178 kg; tehát olyan 55 kg körül lehet egy pakk a 3 db-ból. Nem mértem le, de csillagokat láttam az emelése közben. És ha visszaszámolom, hogy a 3x31 cella 119 kg mindössze, akkor a maradék ~ 60 kg csak a réz sínek a 200A-re, a BMS elektronikák, keretek, alu véglapok, és a töméntelen sok csavar...

Elfelejtettem eddig szólni a vízűtésről! Felülről nagyon dekoratív volt a dupla hűtőlap, de szétszedve – és látva, hogy csak a kb. 0,5-0,8 mm vastag fólia az elektromos csatlakozás 5-5 helyen ponthegeesztve – nem sok értelmét látom ennek a vízűtésnek. Hiába is tettek alá fehér hővezető párnát, igazából csak a vastag réz síneket tudja hűteni, nem magukat az akkukat. Ez így – Isten bocsássa meg az okoskodásomat – kb. csak dísz rajta, és nem hűtés! És mivel lent nincsen belőle, csak fent, akku-fűtésnek meg pláne nem nevezhetem... Az akkuk maguk meg a keretekben teljesen hermetikusan zárnak, szóval a légáramlás is nulla. A keret meg vastag és jó hőszigetelő. Egyszerűen nem értem, ennek így mi értelme volt...

Gyakorlatilag is teszteltem a használhatatlanságát: normál, 3,3 kW-os fedélzeti töltőnél kb. 8.5A a töltőáram. Amikor a cellák le vannak merülve, 10A-es töltőáramnál nem hogy nincsen melegedés, hanem konkrétan jéghidegek maradtak a cellák. Ellenben ha van akár csak egy hibás cella is, amelynek lítium tartalma teljesen eloxidálódva csak ellenállást játszik, már 3A-es töltőáramnál is ijesztően fel tud melegedni pár óra után. Nem véletlen, hogy ha a BMS elektronikája bármiféle cella-hibát sejt, azonnal letiltja a töltést, és jön a szokásos hibaüzenet.

Hogy mennyire „vicc” kategória az otthoni 3,3 kW-os töltés – és ezzel a tegnap esti zokon vett Facebook beszélőlésemat magyarázzam – itt egy grafikon ezen akkucellák töltéséről:

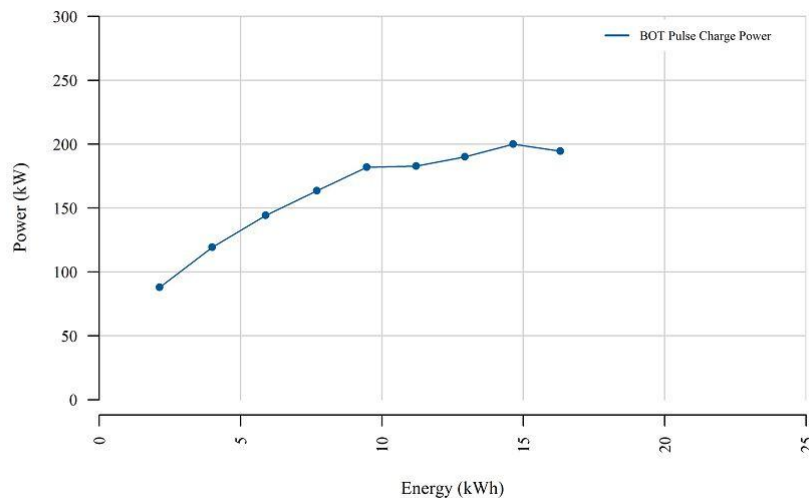


Figure 4. Charge power capability versus energy discharged

Látható, hogy ez az akku akár 200 kW-al is tölthető, amikor teljesen le van merülve; de még 85%-os töltöttségénél, a CC szakasz vége felé is tölthető 100 kW-al – termikus alapon. Az is megjegyzendő, hogy a kisütést nem bírja ilyen jól: az egyik tanúsító szervezet specifikációi alapján a maximális kisütési teljesítmény 104.6 kW, a töltési meg 119.2 kW. Ez még engem is meglepett, mert általában a lítium akkumulátorok sokkal nagyobb árammal terhelhetők, mint tölthetők – de úgy tűnik, az akkufejlesztés jelenlegi fő iránya a minél gyorsabb tölthetőség, hogy az autósoknak minél kevesebb időt kelljen a töltő-kutakon várakozniuk a továbbhaladás előtt. Ez ugyanis a legkomolyabb vád az elektromos autók ellen, míg pl. a hidrogén-hajtású, üzemanyag-cellás autókat pont a gyors (hidrogén) tölthetőséggel reklámozzák. De jöjjön a kisütési diagram, mert nem nekem kell hinni, hanem a tényeknek...

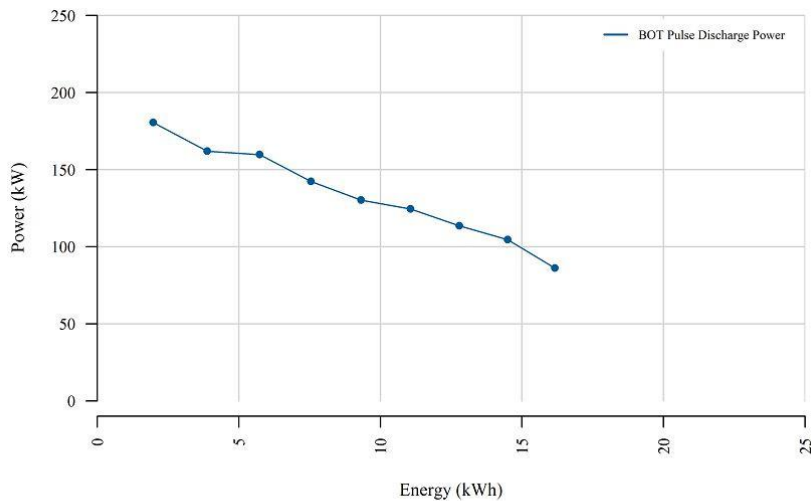


Figure 5. Discharge power capability versus energy discharged

Még utoljára újra visszatérve a töltéshez: a Li-Tec-től letölthető egy kis reklámanyag PDF, abban van egy rettenetesen homályos görbesereg a töltésről; sajnos annyira pocskék a minőség, hogy nem tudom ide beilleszteni, csak szövegesen: a névleges töltőárama a celláknak 0,5C, azaz 25A (8,5A a tényleges); ilyen nagyságrendű áramot csak a BRUSA NLG664-es opciós 22kW-os töltővel lehetne elérni; igaz, az 60A-t tud. Persze hol van ez a 25°C fokra megadott 2C konstans (azaz 100A-es) töltőáramtól, ill. a 4C-s pulzus-áramtól, a 200A-tól? Ilyen áram max. a visszatáplálás fékezésekkor jöhetne össze. Szóval felesleges okoskodás a töltőkábelben (EVSE-n) a kisebb, 6A-es áram beállítása, „mert az megnöveli az akkumulátor élettartamát”. Az enyémet meg megrövidíti, ha ilyen okosságot olvasok... Bár lehet, hogy pont az a cél? ☺

Verzió: 1.00, 2018-04-27, Tata

Varsányi Péter E.V.
 Tel: +36-20-942-7232
 Web: <http://varsanyipeter.hu/>
 Email: info@varsanyipeter.hu