

Volvo V60 PHEV akkumulátor

avagy a kirobbanó siker!

Régen jelentkeztem írással, holott téma az lenne bőven; félezernél (!) több saját fotó várja már, hogy kiválogassam a legjobbakat, és Okoska törphöz méltó fárasztó ömlengéssel cikket írjak köréjük. Persze ehhez csak egy dolog hiányzik: az idő! Egyre többen találják meg, de sajnos nem mindig jó okból: az utóbbi időben megesett, hogy „védjegyként” használtak, hogy X alkatrészt én javítottam, miközben még mutatóba sem járt nálam az a bizonyos darab; a javítására pedig mondtak egy olyan összeget, amit két hét alatt nem keresek meg, nem hogy egyetlen modul javításával. Ezt a helyzetet orvosolandó a jövőben szerződéses keretek között szeretnék dolgozni pár autószervezettel, egy adott autómárkára leszerződve, mint pl. a mostani cikkem Volvójára. Remélem, rövid időn belül lezajlik a papírmunka is, mert most nagyon kellemetlen nekem az, hogy pár tulajdonos felhívott, hogy ha már ennyi pénzt elkérek, akkor szíveskedjek visszaszolgáltatni a roncs készüléket is, merthogy állítólag nálam van. Sajnos az EVSE javításoknál ugyanez már megtörtént, így ezúton szeretném felhívni mindenki szíves figyelmét, hogy a jövőben ne dőljenek be olyan állításoknak, hogy ezt vagy azt én javítom! Sőt, én nem is vagyok részese a javításnak, nem én adom a garanciát sem az autóra, ahogy a pénzt sem én veszem át a javításért. Amit tényleg én javítok, azt az új árának max. negyedéért teszem; nem drágábban, mint amennyi egy bontott alkatrész ára. Mert ki lenne olyan bolond, hogy egy eredeti modul helyett inkább egy javítottat épít be – pont ugyanannyiért? És nálam nem dekkolnak halmokban sem a hibás alkatrészek; ami gyorsan nem javítható, az megy vissza a szerelőknek kb. egy héten belül. Én maximum nekik tartozom elszámolással, nem az ügyfeleknek a mások által a „nevemben” átvett modulok után.

A fenti sajnálatos bevezetőm után térjünk vissza eredeti témánkra, a *Volvo V60 PHEV* akkumulátorára. Sokan valamiért úgy hiszik, hogy az autók akkumulátora csak egy fémdoboz, amiben katonás rendben sorakoznak a masszív akkumulátorok, amiket csak úgy kivesz az ember, majd vissza is rak; és ezeken az akkumulátorokon csak egy vastag drót megy végig, ami kivezeti a villanyt akkun kívülre, valahogy így:



Nos, ez valóban így volt 1987-ben, de azóta eltelt 30 év. A *Volvo V60 PHEV* akkujával történt első találkozásom egy problémás autó hátuljában volt, minimális számú burkolóelem eltávolítása után, és kb. az alábbi látvány fogadott:



Ahhoz nem kell nagy szakértelem, hogy felfedezzük a 8+2 db akkumulátor modult. De vajon ki veszi észre a fenti dobozban lévő 10+1 vezérlőpanelt? És ha azt is elmondom, hogy ebben a dobozban van még legalább 212 db, minimum 6, maximum 144 lábú IC is, az vajon mennyire hihető? Ugye nem az? Én, aki már szétszedtem ezt-azt az elmúlt 25 év alatt, simán mertem volna fogadni egy karton energiaitalban, hogy nincs benne fele ennyi sem. De majd meglátjátok, hogy bizony van; rekordokat döntöget ez az akku a bonyolultságát illetően...

Az akkumulátor szétszedése azért kritikus feladat, mert nagyon könnyű elrontani, és nem szívesen fizetnék ki zsebből 1-3, vagy akár hatmillió forintos kártérítést, ha valakinek az én hibámból kéne új akkumulátort vennie. Így vannak ezzel a komolyabb autószerelők is, ezért eljött az az idő, hogy karambolos, GTK-s autókat vegyenek meg szétszedésre, tanulmányozás céljából. A legismertebb *Volvo V60 PHEV* szervíz, a <http://v60service.hu/> is ezt tette, így ezúton köszönöm meg *Mátrai Zoltán*-nak, hogy elkövetkezendő hetekre-hónapokra ellátott jó sok kutatni valóval, amikor egy autóra való *Volvo* autóelektronikát beborított a műhelyembe. Ilyen akkuból pl. rögtön kettőt! Az első egy karambolos autó karcolás-mentes dobozú akkuja volt, ami azonban állt 1-2 évet is egy parkolóban, így már cellahibát dobott; a második pedig egy vízkárt szenvedett akku volt, amit ugyan már javítottak egyszer, de újra tönkrement. Ez utóbbival kezdtem a szétszedést, mert az volt a rosszabb állapotban. Az elmondások alapján a tulajdonos bár észlelte a hűtővíz elfolyását, de másfél hónapig csak utántöltögette a hiányt, és csak utána vitte szervízbe. Ott az eredeti szivárgási hibát javították, és amennyire lehetett, ki is szárították az akkut, de ahogy én is „félek” hozzányúlni egy még működő dologhoz, ők sem bolygatták meg alaposabban az akkut – utólag azt mondom, helyesen is tették! Sajnos az már csak utólag derült ki, hogy ennek ellenére víz maradt az akku házában, és az eltelt hónapok alatt nem csak a csavarokat ette meg a vízpára, hanem az elektronika is átázott majd letiltott:



Ezek a csavarok az akku tetején voltak, míg az akku alján van egy lefolyó is, így elvileg az akku nem tud vízzel feltelni, max. fél centi magasan, a modulok aljáig. Azonban a vízpára egy gonosz dolog, eljut a legapróbb résekbe is. A rozsdás csavarok szerencsére még engedtek, így viszonylag könnyen sikerült áramtalanítanom az akkut, de utána jött az igazi feketeleves: ki kellett szedni a modulokat, aminek bizony trükkje van... Az elsőt kb. 20 perc folyamatos anyázással lehetett kiszedni. Anyázás nélkül szerintem nem is lehetséges a dolog: eltávolítva az akku rögzítéseit, ki lehet billenteni 2 centit, aztán egy kábelrögzítő fogja, amit egy éles és sorjás szélekkel rendelkező szűk lyukon át kell kihúzni a leghosszabb csőrös fogómmal, kb. 3 cm hely és két merev vízűtés cső között. Utána újabb 2 centit enged, és megismétli a BMS csatlakozójával: a csatlakozó reteszének füle befelé áll, egy műanyag perem takarja, így bár az asztalon 1 másodperc alatt abszolválom a csatlakozó széthúzását, itt fele idő arra ment el, hogy egy halk kattánás után végre elengedje magát. A többi hetet kiszedni igazi álommeló, a kezéd is odafér, a lámpafény is bevilágít, és minden pont kézre esik. Nem túlzok, 20 perc alatt kint volt mind a hét, hűtővíz letörölgetéssel, elpakolással együtt. Sajnos az ekkor készített fotó bemozdult és elmosódott, de azért észre lehet venni alul a függőleges, kékes csíkokat, amik a hűtővíz maradékának csíkjai, ahogy az akkuk alja és a fenéklap közötti kapilláris résekben megültek. Az összes modul alja vastagon vizes maradt, és ennek kívülről semmi, de semmi látható nyoma nem volt. Az akkupakk alján lehet látni egy $\supset$ alakú mélyedést, ami felül, a bal felé eső harmadon fölfele elágazik, a vízleeresztő nyílás felé vezetve a vizet.



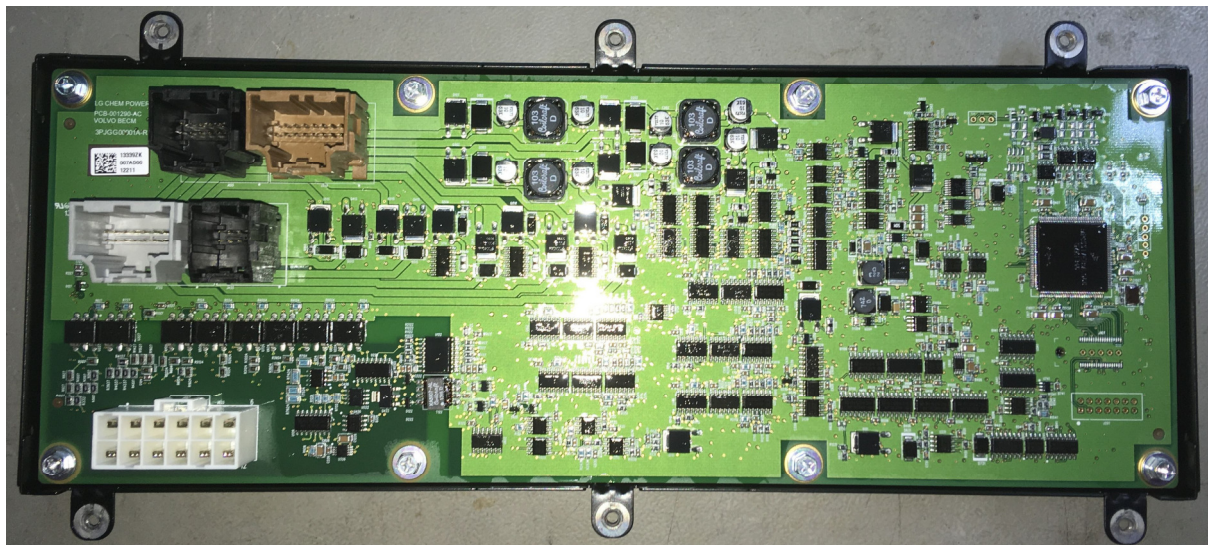
Jött a 9. akkumodul, a jobb oldali. Az a kisebbik gond, hogy egy kosárra való alkatrészt le kellett bontani előbb, de legalább hozzá lehetett férni rendesen. De merre esik az akku BMS kábele és kábelrögzítője? Felfelé, a doboz oldala felé, ahol újabb 2 cm állt a rendelkezésemre. Az egyetlen könnyítés az volt, hogy nem volt éles, sorjás rész. Miután az akkut kiemeltem, az is kiderült, hogy a kiszáritott akkuból honnan jött elő a víz: az akku alatt van három lefolyásmentes borda, ami valószínűleg színültig maradt hűtővízzel, és onnan szivárgott szerteszét a gyorsítások-fékezések során kilottyanva. (Később az is kiderült, hogy az akku ponthegeesztett merevítő bordái alatt is deciliterben mérhető mennyiségű víz ül meg; miután az egész akkut szétszedtem és az akku házát az oldalára állítottam, még egy hét múlva is szivárgott elő belőle egy kisebb tócsányi kék folyadék)



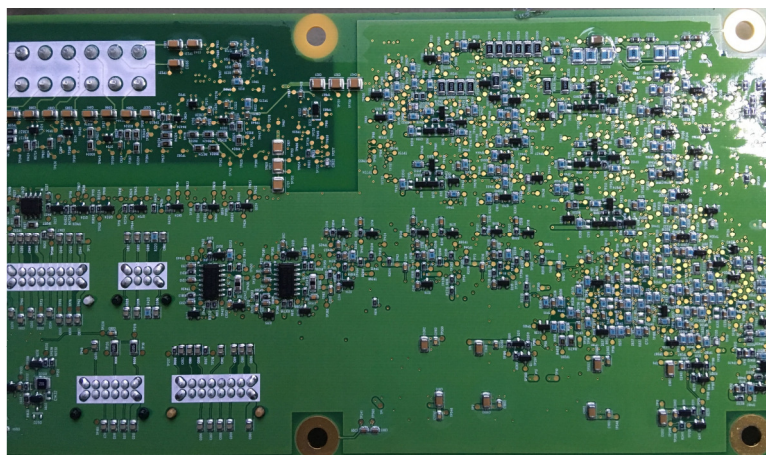
Szóval az akku meghibásodásának oka már meglett, és már csak az utolsó akkucella maradt hátra. Ha az első cella 20 perc anyázással jött, ki, akkor ennek az egy óra is kevés; erre nincsenek szavak, ezt csinálni kell, hogy valaki megértse, hogy ez mekkora szívás! A modult egyik oldalról a BMS vezérlőpanelje fogja le, a másik oldalról a kontaktor-blokk. És a modult rögzítő két csavar ezek alatt van! Mutatok pár fotót, milyen könnyű és veszélytelen dolog 200 Amperes réz sínek között benyúlkálni toldóidomos csőkulcsokkal, meg úgy megemelni őket, hogy ne törjön műanyag, miközben kb. 50 ér rövidre méretezett, vastag, merev vezeték fogja!



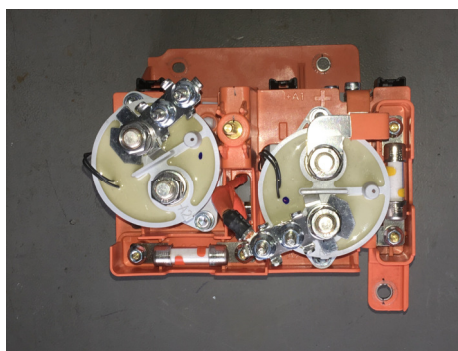
Nem árulok tovább zsákbamacskát: a vége az lett, hogy szét kellett mindent szedni millió apró kis részre. Síneket lebontani, az összes csavart leszedni, dokumentálni mindezt fotók és jegyzetek tucatjaival. És akkor az utolsó akku-modul után végre kijött a BMS vezérlőpanelje is, én meg dobtam egy hátast a látványtól:



Így már némileg értelmet nyert az a rengeteg vezeték, amely tökéletes alapossággal el volt ásva az akkumulátor házában, 5-8 centinként gondosan lerögzítve bepattintós, de utólag már hozzáférhetetlen kábelkötözőkkel. Nem is tudom, hol kezdem a BECM modul analizálását. Talán a panel túloldalával; merthogy az is tele van alkatrészszel:



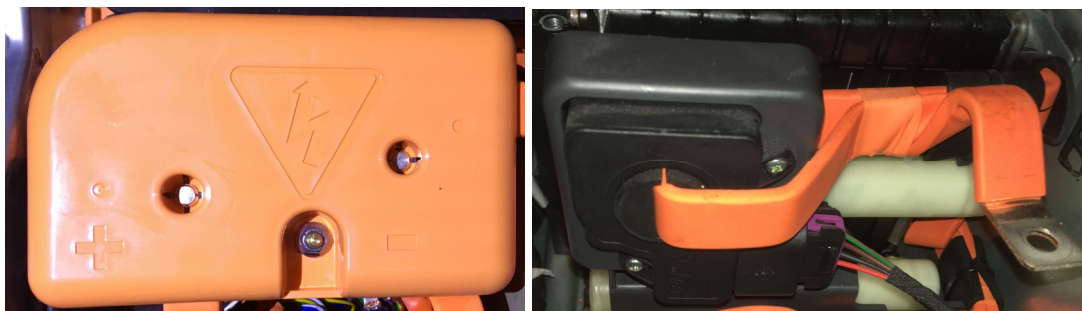
Nem fotóztam le az egészet, csak kb. a felét-harmadát, mert különben nem látszana a rengeteg apró kis alkatrész. Ilyenkor először sokkot kapok, megbánom, hogy ezzel kezdtem el foglalkozni, aztán persze győz a kíváncsiság, és elkezdem kianalizálni. És itt köszönöm meg megint *Mátrai Zoli* jófejségét, aki érdeklődésemre, hogy hogyan tovább, csak egy laza „*Szedd szét nyugodtan!*”-nal reagált. Több se kellett nekem, képes voltam szétbontani az összes kábel többretegű burkolatát (úgyis úsztak a vízben, mert alul futottak), és kijegyzeteltem az utolsó érig, melyik honnan és hova megy. Most már nagyon okos vagyok, de nem írom le, mert túl sok munka van benne; és a látszólagos bonyolultsága is hirtelen teljesen áttekinthetővé vált. A szürke csatlakozó pl. csak a kontaktor-blokkal foglalkozik, ahogy a BECM panel felső, nagy áramú áramkörei is. Olyan nyalánkságok vannak benne, hogy pl. mind az öt kontaktor áramát leméri; magasabb árammal behúzza őket, majd kisebb tartóáramra vált, hogy ne melegedjenek



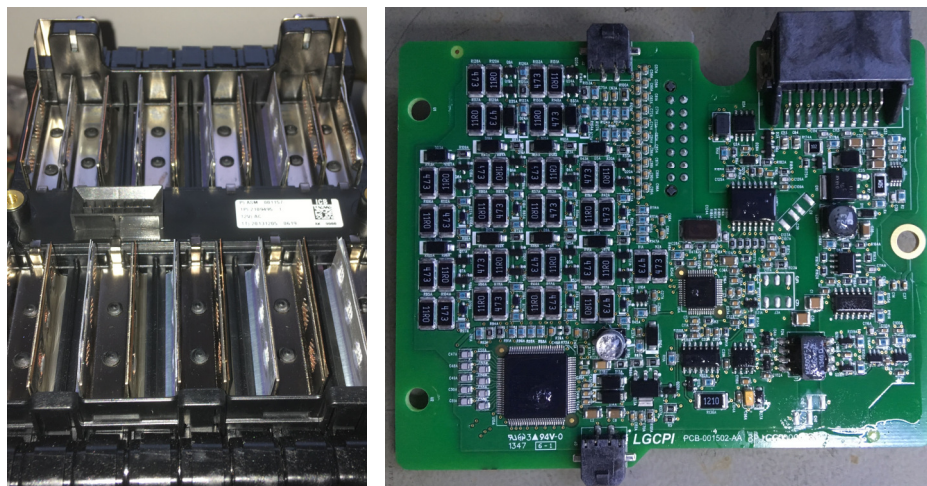
A bal oldali fotón látszik a két fő kontaktor, ezek kapcsolják az inverterre a nagyfeszts, és itt látszik egy kisebb harmadik, a *PreCharge* kontaktor, ami induláskor lassan feltölti a rendszert nagyfeszültséggel a jobb alsó, fehér kerámia ellenálláson át. Ha bármi eltérés van, pl. túl gyorsan vagy túl lassan töltődik fel, azonnal letiltja a rendszert. A jobb szélső képen újabb két kisebb kontaktor van, egy kisebb fehér kerámia ellenállással, ez a fedélzeti töltő + DC/DC párossal csinálja ugyanezt. A középső képen oldalt pedig láthatjuk a páros külön biztosítékát, ahogy a *Volvo V60 PHEV* legproblémásabb alkatrészének, a klímakompresszornak is saját biztosítéka van. És minden áramkört külön-külön lemér a *BECM* panel bal alsó sarokban lévő nagyfeszültségű csatlakozóján keresztül. Valami érdekes perverzióként azonban nem találtam ott A/D chipet, hanem integrátoros / feszültség-referenciás analóg áramkörrel, időzítés alapon mér, szóval az még lesz vagy két nap, mire a hatrétegű panelt visszafejtem, pontosan hogyan is dolgozik. Mindenesetre még egy *PCA21125* típusú naptár chipet is találtam a panelen, így az akkumulátor saját processzora még azt is tudja, melyik évnek melyik napját írjuk éppen!

Érdekes amúgy az OBC + DC/DC páros is a Volvón. Sokan tévesen azt hiszik, hogy egy fedélzeti töltő csak egy töltő; ahogy a DC/DC is csak a 12V-os kis akkut tölti. Valójában az van, hogy az autógyárak valami ismeretlen perverzióknak engedelmessé hol ide, hol oda belecsempésznek további áramköröket, aminek semmi köze nincs az eredeti funkcióhoz. Így fordulhatott elő, hogy az *Opel Ampera* inverterében olyan relé-vezérlő áramköröket találtam, aminek semmi, de semmi köze nem volt az inverter funkcióhoz, és csak hónapokkal később, amikor az (eddig általam még nem publikált) ún. „akkuvéget” először szétszedtem, derült ki, hogy milyen relét is kapcsolgat az inverter – ahogy a fedélzeti töltője is eléggé furmányos. A Volvo esetében pl. a fedélzeti töltő rém egyszerű, mondhatni ijesztően egyszerű; majd arról is lesz írás természetesen, ha utolérem és jól fenéken billentem magam. Ellenben a Volvo DC/DC-je maga a rémálom; ahhoz képest, hogy „csak” a 12V-os kis akkut kellene töltenie, gyakorlatilag abba került minden elektronika, ami a *Volvo V60 PHEV* elektromos rendszere, azaz amitől „PHEV”. Brutális erejű processzorok, FPGA chipek vannak benne több panelen, az alig kéttenyérynyi kis fémdobozkában. Nem túlzok: őrüllomást tudna vezérelni, miközben békésen töltögeti a 12V-os akkut. És ami még fura, bár okos ötlet: a nagy akku töltése közben illendő a kis akkut is tölteni, így a Volvo-ban egyedül úgy van megoldva a fedélzeti töltő, hogy két párhuzamos kimenete van: az egyik megy a nagy akkura a töltéshez, a másik meg a DC/DC-re, a kis akku töltésére. Tehát az OBC ott van félúton az akku és a DC/DC között, így vékonyabb vezetékek kellene, mert fele-fele áram megy mindkét irányba. Ezzel meg is válaszoltam azt a gyakori kérdést, hogy ha kiszedik a fedélzeti töltőt, attól még megy az autó? Igen, tréleren bárhová! ☺

Végezetül még két kép magáról az egész akkuról, aztán végre a modulok jönnek. A bal oldali képen a kontaktor-blokk fedelét látjuk, a két hozzáférhetővé tett csavarvéggel. Ezeken lehet az akkuk feszültségét lemérni. Nagyon óvatosan mérjen ezen mindenki, mert semmiféle védelem nincsen rajta a több száz amperes főbiztit leszámítva; itt amúgy ~350-407 Volt van.



A jobb oldali képen azt a központi áramszenzort látjuk, amin az ún. Coulomb-integrátor alapul. A lítium akkumulátor feszültsége nagyon függ a hőmérséklettől, míg a töltöttségre alig változik. Ezért azt, hogy az akkuban hány százaléknyi töltés maradt, azt a Coulomb-integrátor számolja; mérve, mennyi áram folyt be az akkuba, és mennyi ment ki belőle. Amikor a cellák feszültsége elkezd zuhanni az utolsó 10-25%-nyi kapacitást elérve, akkor viszont már elkezd beleszámolni ezt a jelzést is. Ezért nem győzőm elégszer leírni, hogy nem úgy veszünk autót tekert km-órával, és RESET-elt BMS-el, hogy megnézzük, mennyit ír ki a tippelő óra, mert a valósághoz annak semmi köze, ahogy a pálcikáknak, vagy a mindenféle OBDII műszereknek se! Elmegyünk az autóval fél – kétharmad távot, a tippelő óra meg szépen egyesével számolja vissza a kilométereket, aztán amint az első gyengébb cella elkezd lekonyulni, a tippelő óra is hirtelen hármasával, ötösével számol vissza, aztán egyszer csak ott maradunk az út szélén jól átverve, mert az autónk hatótávja csak fele-kétharmada annak, amit tudnia kellene. Minden kiírt adat, amit a márkaszerviz nyomtat ki pecsétos papírra, amit a nepper olvas ki az OBD-II műszerével, vagy az autó ír ki a képernyőre, csak becsült adat, amit a BMS a memóriájában eltárolt (vagy átírt, kinullázott) adatok alapján számol ki. Az akkucellákat viszont már nem lehet átverni, azok pontosan akkor fogják feladni, amikor a degradációjuk miatt eljön az ideje.



És ha már akkucellák: a bal oldali képen látszik, milyen sokat látok egy akkucellából. Az azért tudható, hogy LG Chem LGX-P1 típusú, és 2 db van párhuzamosan kötve, és ebből 10 db van sorba kötve egy akkumodulban; ebből van aztán 10 db. Összesen tehát 200 db cella adja ki a 11,2 kWh bruttó, és kb. 8 kWh nettó, kiautózható kapacitást. Cellánként 15 Ah jönne ki, de adatlap alapján nem tudom ellenőrizni, merthogy nincsen neki. Sajnos a kollektorok (az akkukat összekapcsoló áramgyűjtő fémlemezek) konstrukciója nagyon rossz, mert pl. a *Smart ForTwo* vagy *Opel Ampera* „darabolható” akkujával szemben egy összefogó keretként egyben ül rá a cellákra, így a modult kettészedni nem lehet, csak *Volvo*-s szokás szerint apró darabokra szétdönteni – de mivel a réz és alumínium kivezetések ultrahangos kompressziós hegesztéssel vannak összerakva, már a szétszedés is kb. lehetetlen! (Az előbb kipróbáltam)

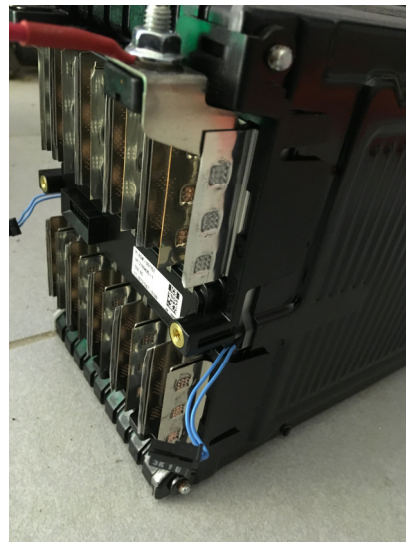
A jobb oldali képen pedig a tényleges BMS panel van, amit a Volvo CVTN-nek, „Cell Voltage Temperature Node”-nek nevez. Ahogy az Opel Amperában (amihez szintén az LG Chem szállította a cellákat), ebben is az LG Chem szuper titkos, L9763 típusú BMS chipje van, ami két hőmérsékletet mér az akku két oldalán elhelyezett hőmérséklet szenzorral. Az egyes cellák 22 Ω -os balanszoló ellenállással vannak balanszolva, ami 185 mA-es áramot jelent. Apró műszaki érdekesség, hogy a tervezésnél elmebajos volt a NYÁK tervező program alkatrész-elhelyező modulja, és a 2x11 Ω -os balanszoló-, és 2x47 k Ω -os feszültség-mérő ellenállást nem egymással szemben, nem egymás mellé, hanem „X” alakban helyezte el, a létező legrosszabb rajzolatot (és rengeteg átvezető furatot) eredményezve. Bár ez annyira erős baki, hogy még az is lehet, hogy direkt csinálták ilyen elmebetegre, mert pl. ennek jobban elosztott a termikus disszipációja.

Mondhatnám, hogy ennyi volt, az akkut szétszedtem, megjavítottam és összeraktam, és itt a *Happy End*! Igen, a végeredmény persze ez volt, az autó vígan futkároz az úton, de azért ez nem volt ilyen sima menet. Ugye az akkuk mindkét akkupakkban le voltak merülve, az egyik akkupakkban ráadásul el is voltak vastagon ázva, csepegett a hűtővíz párája az akku fedeléről is a csavarokra. Én ezeket szépen kiszáraitgattam, és elkezdtem tölteni sorban, egymás után. A 8. akku azonban megrézt: a korrodált kivezetésre kézzel, két ujjal, védőkesztyű nélkül (mert max. 40V lehetett rajta, ami nem áramütés-veszélyes) próbáltam rákapatni egy tiszta anyát, hogy utána alá szorítsam az akkutöltő vezetéke villáját. Elfordultam, nyúltam a csökulcsért, hogy az anyát meghúzzam, és mire visszafordultam, az akku köpte ki a szikrát és a lángot: ez az egy, kétujjas mozdulat elég volt, hogy az akku szélső cellája berobbanjon. Ilyenkor az a szabály, hogy **nem oltogatod, mert úgysem tudod eloltani**: az akku maga tartalmaz minden olyan anyagot, ami az égéshez kell, tehát ha vízzel öntöd le, csak jobban ég; ha kvarchomokot szórsz rá, még azt is megolvasztja és kiredukálja a SiO₂-ből az oxigént, és köszöni, csak még jobban ég. A honlapomra feltöltöttem egy jó minőségű rövid videót, hogyan lép reakcióba a levegővel, vízzel, homokkal, kénnel vagy akár csak a sima fa asztallappal (!) is.

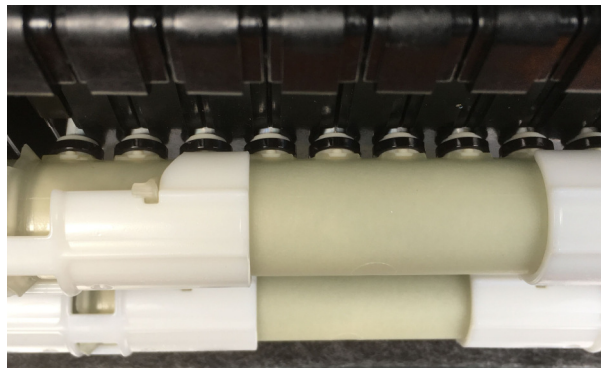
http://varsanyipeter.hu/lithium-mel_chemistry.mp4

Szóval ilyenkor az a szabály, hogy felkapod az akkut, és kirohansz vele az udvarra! Azért javítom az akkukat a kisteherautómban görnyedve, mert ha gáz van, padlógáz és ki az utcára! Max. kiég az autóm raktere, de a házam megússza. Szóval felkaptam a lángoló, szikrát köpő modult (természetesen úgy, hogy a másik irányba köpje a lángot), és kifutottam, leraktam a hóba; utána meg futás a tűzoltó készülékért, és utána szuszogva, ijedten, jéghideg téli levegőt letüdözve lőttem egy fotót, ami nem lett életem legélesebb és legszebb fotója, pedig kevésen múlt:





Látható, hogy a pozitív kivezetés érintésére robbant, és mivel én láttam a teljes folyamatot, a jobb oldali képen látható műanyag védőfül alatt lett zárlatos az akkucella kivezetése. Ahogy a zárlattól a cella felhevült, ki is gyulladt, és a kiolvadt résen át kifújta a lángot, kb. 1 percen át. Utána az akku magától elaludt, és a szomszédos cella ugyan még tönkrement, de a cellák közötti fém lapok (amelyek a vízűtést csinálják), hatásosan megakadályozták az egész modul felgyulladását. Gyakorlatilag egy cella kiégett, egy lesült, a többi hibátlan maradt. Persze ezt a modult (vagy ezeket a cellákat) már sohasem építem be sehova, de kísérletezni, méréseket és teszteket csinálni tökéletes lesz. És ha már szóba került a vízűtés, arról is mutatok egy közeli képet, hogyan néz ki a 10x2 db cella közé beszorított 9 db hűtőlemez csatlakozása az alsó és felső gyűjtőcsőre:



Nos, ennyi fért a mai oldalszám-limitembe; persze ennél sokkal, de sokkal többet is lehetne írni róla, de szerintem már ez is jól mutatja, hogy mennyire nem hétköznapi rutinfeladat egy akku szétszedése, javítása és összerakása. Szóval aki ilyenre adná a fejét, csak óvatosan...

Verzió: 1.00, 2019-02-16, Tata

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