

Volvo hibrid akkuk

avagy az XC90, XC60 és XC40 akkuja

Öregszem. Ennek egyik tünete, hogy már nosztalgiával gondolok az első generációs eCar-ok egyszerű és egyforma akkujaira. A *Volvo V60 PHEV*-nek egyféle akkuja volt; bár rutinos öreg rókaként azért tudom, hogy volt az eredeti verzió *31407014T* cikkszámom, és egy újabb, de szinte teljesen azonos kivitel a *30659149T* cikkszámom. Talán létezik még egy harmadik is, a *Factory Refurbished*, azaz gyárilag felújított, de olyan még nem került a elémtől bontásra. A régi *Opel Ampera* már kétféle akkuval készült, bár a *Gen1* és *Gen2* közötti ~2 kWh különbség elhanyagolható; inkább konstrukciós jellegű az eltérés köztük. De a legismertebb régi vágású, több akkus eCar a *BMW i3*, ami négyféle akku-méretben létezik: a 60Ah, a 94Ah és a 120Ah-s – amit a kínaiak megtoldottak még egy 150+ Ah-s utángyártott modellel is. Ezután azonban azt kell, hogy mondjam, hogy „elszabadult a pokol”... Elég csak a *BMW* hibrid modelljeire utalnom, ahol zömmel kétféle konstrukció alatt ötféle hibrid akkut nyomoztam ki eddig: az *SP01*, *SP06*, *SP09*, *SP41* és *SP45*. Ezeknél nagy szerencse, hogy nagy ló betűkkel magára az akkura is rá van írva a típusszám és a feszültség/kapacitás.

Az európai autógyártók saját tervezésű akku-csodáiról inkább nem beszélnek; halottakról vagy jót, vagy semmit! Lassan, de biztosan már ők is belátták, hogy drága és elbonyolított az, amit összehoztak, így sorban jelennek meg a cikkek a kínaiakkal közösen kidolgozott újabb és olcsóbb akkuikról. A *Hyundai/Kia* akkukról van egy külön cikkem; ott közös pont a *MOBIS*, aki fő beszállítóként elsőként ismerte fel, hogy lehetetlen egyedileg lefejleszteni vagy százféle akkut, így egységes – és szerintem fantasztikus – akku technikát dolgozott ki, egységes típusszámokkal. De pl. a kínai *SAIC/Maxus* háromféle autójához (*EV80*, *eDeliver9*, *eDeliver3*) már 14 féle (!) akkut nyomoztam ki, amiből már ötöt vissza is kellett fejtenem.

Mivel lassan már 200+ féle akkut ismerek több-kevesebb részletességgel (és legalább 50+ már vissza is van fejtve diagnosztikai szintre), gyakori vendég lettem az akku-újrahasznosító cégeknél, ahol csak kapkodom a fejemet. Mintha eddigi tudásom a nullával lenne egy szinten: újabb és újabb ismeretlen akkukat látok, és néha nagyon butának érzem magam. Máskor meg ledöbbenek, hogy az „egyfélének” hitt akkuból hányfélét találok a polcokon: mostani írásom is ennek kapcsán született. A címbeli „Volvo hibrid akkuból” ugyanis találtam már *31473177*, *31491834*, *31499073*, *31673714*, *32144035*, *32201334*, *32202978*, *32208415*, *32208791*, *32211447*, *32223588*, *32263744*, *32299419*, *32336492*, *36010558* és *32299746* cikkszámút is – eddig! És még ki tudja, mi vár még rám...

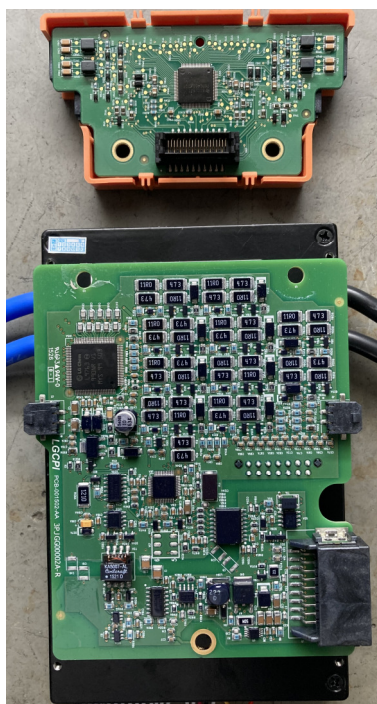
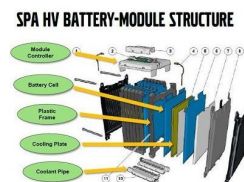
Mielőtt elkezdeném a hibrid akkuk labirintusából kivezető fonalat felgöngyöltíteni, érdemes egy pár szóban mesélnem a *Volvo*-ról – van ugyanis mit. Az eredetileg svéd autógyárat 2010-ben vásárolta meg a kínai *Geely Holding*, és bizony azt kell, hogy mondjam, hogy ezzel nem csak ők, hanem sok kínai autógyártó cég is „bevásárolta” magát az elektromos autó tervezés és gyártás világába. Rengeteg *Volvo*-s megoldást látok visszaköszönni a kínai belpiacos, sőt az export autókban is. Nem loptak – tanultak! A *Volvo* első, *SPA* ill. *CMA* néven futó hibrid akkujai ugyanis már közös, EU-kínai fejlesztések, és későbbi verziói, pl. az *SPA2* és az *SPA3* köszön vissza sok testvér-modellben: A 2016-os **Link&Co** a fiatalos, „népi prémium” *Volvo*-klón, több kínai autómegosztó hálózat alapja. 2017-től a **Polestar** a sportos-elektromos *Volvo* testvér; amolyan házi tuning-cég, mint az *AMG* a *Mercedes*-nél. A 2021-es **Zeekr** meg már a prémium szegmens, szintén *Volvo/Geely/Polestar* tervezéssel; de olyan mifelénk „noname” modellek is ebből születtek, mint a *Lotus*, *Radarr Auto*, és a londoni elektromos taxik (*LEVC*).

Mátrai Zoltán, a százhalombattai **Vszerviz** tulajdonosa rögtön feljebb léphetne a szervizek ABC listájában, ha átnevezné magát Gszerviz-re, utalva a *Geely*-re, mint új anyacégre; nála ugyanis már nagy bőszen tanulmányozom a *Link&Co* és a *Polestar* modelleket is a *Maxus*-ok mellett. Persze az újabb *Volvo* hibridek javítása előtt komoly kutatás-fejlesztés történt, hogy azok is gyorsan és szakszerűen legyenek javítva, így a gyári *VIDA*-nál fényévekkel okosabb diagnosztikai szoftvereket írtam a hibrid akkuk diagnosztizálására. Ennek kapcsán olyan sok meglepő felfedezést tettem, amit szeretnék „megcsillantani” mások okulására. De először az „unalmas” részletek jöjjenek, hogy végre lássuk, miről is beszéltem eddig: a *Scalable Product Architecture* (SPA) gyári robbantott rajza szinte mindent megmutat.

Az első és legfontosabb jelleg a fotó bal oldalán látható narancssárga *MSD*, azaz *Manual Service Disconnect* dugó, az áramtalanító biztosíték, ami nem az akku tetején, hanem a lépcsős felén, fél magasságban van – erről lehet az *SPA*-t felismerni. Érdekessége az aljzatnak, hogy belül tartalmaz 3 plusz érintkezőt, amelyen át az akku szétszedése nélkül is lehet szigetelés-vizsgálatot végezni. Alatta a *BECM* modul található, ill. az *ERAD* (hátsó motor) nagy, és az *OBC* kis *HVDC* csatlakozója van; a fotón baloldalt pedig az *ISG* + klímára menő nagy, ill. az utastéri *PTC* fűtésre (*HVCH*) menő kis *HVDC* csatlakozó van; ez utóbbi két oldalán van a vízhűtés két csomkja. Felette pedig az *LV* adatcsatlakozó – ami talán a legbutább ötlet volt, hiszen egy majd 20 eres kábel onnan megy az akku túlfelén lévő *BECM* modulba.

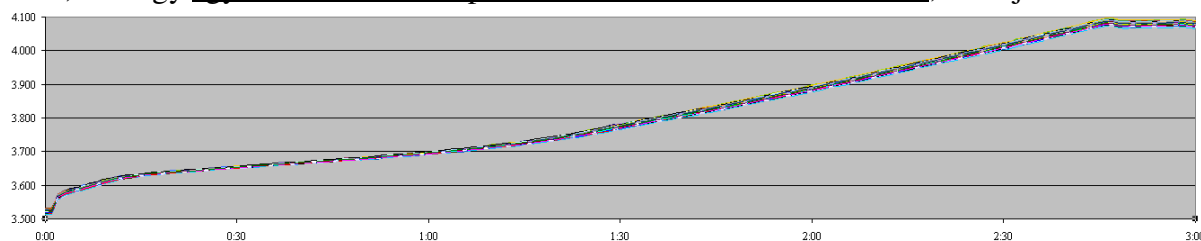


A rajzon megtévesztő módon csak 5 modul látható, de természetesen 6 van benne, modulonként 16 cellával és 2 hőérzékelővel. A konstrukció kísértetiesen hasonlít a *V60 PHEV* modulokra, csak éppen nem fektetik, ha nem állítják őket – ennek is oka van; az pedig a *CVTN* modul, amely a modulok tetején van – ez látható az alábbi fotó tetején, narancs keretben.



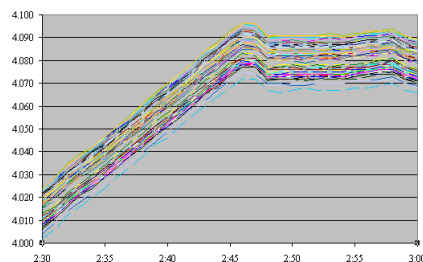
Azért raktam alá a *V60 PHEV CVTN* modulját, hogy némi elképzelésünk legyen a méretekről – és a miértekről. Az alsó panelen 10x2 db nagy méretű, 11 Ω -os (11R0) ellenállás végzi a balanszolást, merthogy ez egy 10 cellás modulon van rajta. Ha nem számoljuk a kapcsolóelemeken eső feszültséget, max. ~190 mA-es balanszoló áram jönne ki a 4,14V-os max. cellafeszültség esetén, de mérve 100÷130 mA a valóság; az is csak impulzus-üzemben, merthogy a panel rövid kisütő pulzusokkal végzi a balanszolást. Ezzel szemben a felső panelen egy árva teljesítmény-ellenállás sincsen, csak a *Texas Instruments* féle *BQ76PL455A* chip, ami 16 csatornás, belső balanszolású BMS chip – kemény 5 mA-es balanszoló árammal! Igen, mA-t írtam – a fotón látható fekete fémházas valami az alsó panel alatt egy 20 csatornás *JK-BMS*, 2A-es balanszoló árammal – igaz, ezt egyszerre csak „fél” csatornán tudja megtenni, hiszen vagy kised kis töltést egy túltöltött cellából, vagy áttölti egy merült cellába. Szóval ha azt veszem, hogy a *TI* chip egyszerre 8 csatornán tud kisütni, az akkor is max. 40mA-es ekvivalens balanszoló áramot jelent; két nagyságrenddel kevesebbet!

Számoljunk kicsit: kb. 30Ah-sak a cellák, 1% balansz hiba 0,3Ah; ezt osztva az 5 mA-es balanszoló árammal 60 óra jön ki – azaz ha csak egy cellát kell balanszolni túltöltés miatt, akkor 2,5 nap (!!!) alatt szed ki 1% hibát. Ha egy cella van lemerülve, és 15 másikat kellene hozzá-méríteni (ez a gyakoribb eset), akkor az 5 mA rögtön feleződik, mert hol a páros, hol a páratlan cellákat tudja méríteni (ennek magyarázatától most eltekintünk, de a chip adatlapja részletesen leírja), szóval 120 óra jön ki, azaz 5 nap. Ezért tartom rém mókásnak (vagy inkább tragikomikusnak), amikor önjelölt „akku-szakemberek” olyanokat javasolnak, hogy „merítsd le teljesen, várj egy órát, míg balanszol, aztán töltsd fel, megint várj egy órát, míg balanszol, és íme, kalibráltad az akkudat”. Talán egy JK-BMS a maga 2A-es áramával tud valami csodát tenni, de hogy egy eCar-t nem lehet pár órás balanszolással rendbe rakni, az teljesen biztos!

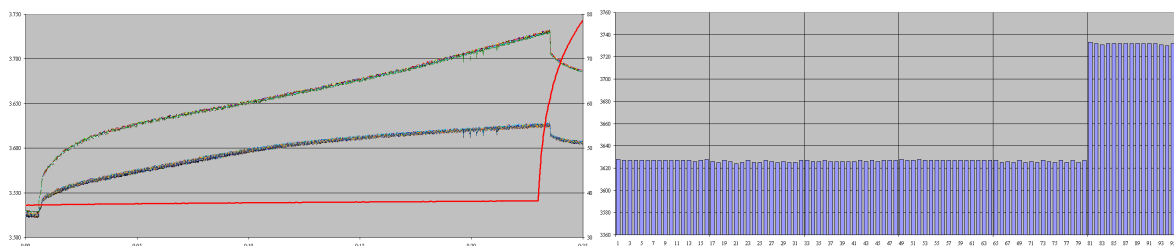


A másik még fájdalmasabb birka-bégetés a 20-80%-os szabály, amely érdekes módon csak a tisztán akkumulátoros autóknál bukkan fel, de ott mindig! Naplózva a Volvo hibridek teljes, „0 ÷ 100%”-os töltését, a fenti görbét kapjuk. Jól látható, hogy az NMC cellák 2,8V ÷ 4,2V-os tartománya helyett csak 3,5 ÷ 4,1V-os tartományt használ az autó; ez miatt van az is, hogy a bruttó 9,2 kWh-s, beépített akkukapacitásból csak nettó 6,7 kWh a kihasználható; ez utóbbi az, amit az autó kiír 0 ÷ 100%-os *Display SoC*-ként. A 3,5V alsó érték ugyanis 17%-os valódi töltöttségnek felel meg, a 4,1V felső meg a 90%-os valódi töltöttségnek – ezért is lett a nevük *Real SoC*. *Real SoC*-ban számítva tehát 90% – 17% = 73% a változás; és minő meglepő, de a 6,7 kWh is pont 73%-a a 9,2 kWh-nak. Tehát teljesen felesleges a kijelzett *Display SoC*-ból még 20%-ot alul és felül is lecsípni „akku-kímélési” célból, mert nem kímél semmit az akkun, mert ezt a Volvo mérnökei már egyszer beletervezték. (Ahogy az összes többi autógyár is.)

Viszont nézzük csak meg jól a töltési görbe tetejét, ki is nagyítom: hogy a töltés gyorsabb legyen, és mivel amúgy is van odafent egy +10% biztonsági-tartalék sáv, a Volvo túltölti (!) az akkut, hogy lássa, melyik cellát mennyire kell balanszolnia majd később, a garázs nyugalmában vagy a csillagos ég alatt a romantikus éjszakában. Ha ez az akku sosem kapja meg a 100%-os *Display SoC*-ot, azaz a „tele töltést”, sosem fogja a BMS megtudni, mit kellene balanszolnia! Az eredmény tuti „cellahiba” – pár évre rá...

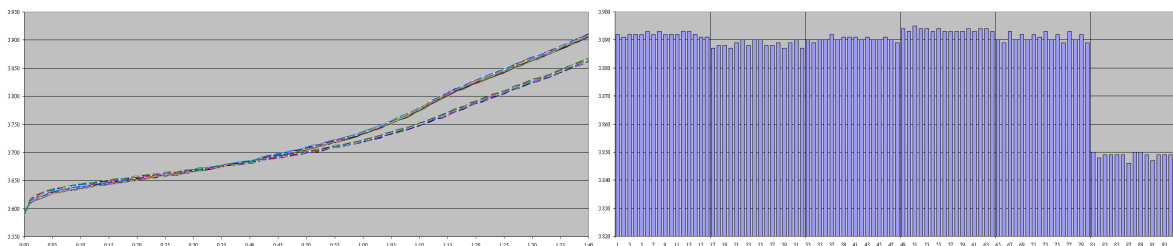


Ezen előtanulmányok után úgy gondoltam, hogy már kellően okos vagyok az első hibrid akku javításához, és nagy böszön nekiláttam az első modul-cserének, ~3,5V-on kibalanszolva az akkut, hogy ne kelljen napokat-heteket várnom, mire ő megteszi ugyanezt az 5 mA-ével, de alig 20 perc alatt romba dőlt a „javításom”, és az autó hibakóddal leállította a töltést: a frissen kicserélt „F” modul cellafeszültségei kilóttek; a pirossal jelzett, jobb oldali skálán mért chip hőfok pedig 38°C-ról meg sem állt a maximális 90°C-ig, ahogy veszettül balanszolni akart:



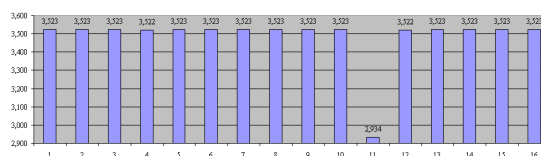
Jó 25 éves lítium akkus tapasztalattal azonnal láttam, hogy itt valami nagyon nem stimmel: ez nem pár százalékos modul-kapacitás-eltérés, hanem több, 3÷4 Ah-nyi, ami a ~30Ah-s gyári kapacitás mellett nagyon nem csekély. Sajnos ekkor még csak egy óceánjáró hajón ringatózott a 16 cellás akku-modulok kiméréséhez rendelt töltő- és kisütő berendezésem, így maradt a jó öreg Internet – és a választ is az hozta el: az SPA platformú Volvo hibridekben nem egyféle, hanem rögtön négyféle típusú akkucellák vannak: 27Ah-s, 30Ah-s és 34Ah-s; ez utóbbi már kétféle katód anyaggal, azaz más karakterisztikával! Mindjárt értelmet nyert, hogy miért van legalább 16 különféle cikkszám a kinézetre teljesen egyforma SPA platformú Volvo hibrid akkuknak. És a gyorsan és magasra kilövő cellafeszültséget egy kisebb kapacitású akkumodul beépítése okozta, amely azonos töltőáram hatására gyorsabban töltődött, mint a többi.

Hogy mennyire érzékeny egy chip-méretű BMS az akkumodulok kapacitás-különbségére, a fenti görbe „fordítottját” is sikeresen kipróbáltam – természetesen szándékom ellenére. Mivel ekkorra már ismertem a modul-típusok közti különbséget, összepárosítottam egy modul-hibás akkut egy olyan, azonos cikkszámú modullal, amely ugyanúgy 2016 tavaszán készült, mint az autóban lévő; csak a nálam lévő új modul egyenesen Lengyelországból, az LG Chem ottani gyárából érkezett, null-km-es példány volt – más ugyanis épp nem volt nálam kéznél:

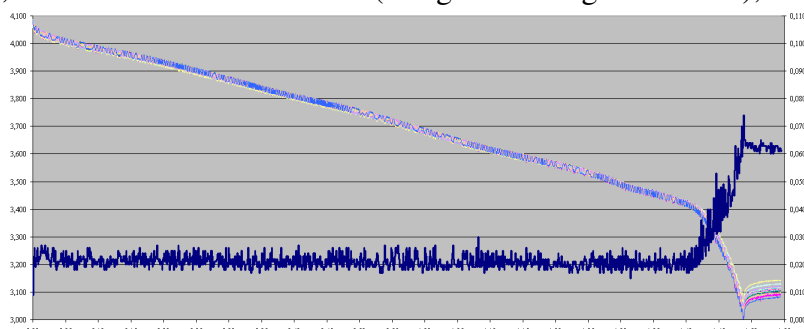


A helyzet máris „jobb”: 20 perc helyett másfél óráig kínlódtott vele, mielőtt hibát adott rá. A zsír új cellák ugyanis nagyobb kapacitásúak, mint a használtak, ezért azonos töltőáram hatására lassabban töltődnek, és idővel ugyanúgy előáll az a 100 mV-os eltérés, amit már nem tolerál a BECM modul, hanem teljesen letiltja az akkut. Ezt csak azért érdekes külön leírnom, mert a VW ID.x családjában „mindennapos” rutin a cellahibás akkumodulok cseréje – újra! Az FB fórumokat bújva a minap már belefutottam egy kolléga posztjába, ahol arról panaszkodik, hogy ahogy öregsznek az ID.x akkumodulok, egyre nagyobb lesz régi és a márkaszerviz által berakott új modulok közti kapacitás, így egyre inkább nem javítás, hanem elrontás lesz ezen akkuk sorsa. Ahogy nem egy, nem kettő olyan posztot látok már, ahol az első, garanciális modul-csere után már befigyel egy második modul-csere is.

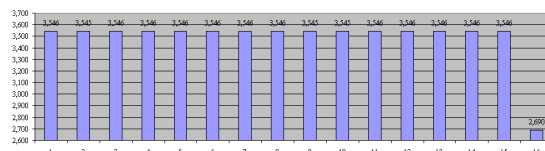
Időközben megérkezett a kapacitás-teszteremhez szükséges kínai csecsebecse is (olcsó, de használható), így további három hibás akkumulátort teszteltem le a cikk megírásához. Hogy jobban láthatóbbak legyenek az adatok, csak a hibás(nak hitt) akkumodulra koncentrálok. Ugye a népszerű közvélekedés azt tartja, hogy akkumulátort úgy kell javítani, hogy teljesen le kell meríteni, és megnézni a cellafeszültségeket: amelyik a legalacsonyabb, az a cella hibás. Itt jegyzem meg gyorsan, hogy nincs olyan, hogy „zárlatos cella”; amelyik akkuban ilyen van, az 3-4 méteres lángokkal szokott égni és ritkán javítható utána... 25 év alatt zárlatos cellát csak kishajó-akkuban láttam, ahol a vasfoszfát akkuk egy tél alatt annyira nullára merültek, hogy a 0,2V-os maradék cellafeszültség hirtelen nullára ugrott és zárlatba ment a cella. De NMC cellából még soha nem találkoztam zárlatossal. Szóval tegyék meg a tétjeiket Hölgyeim és Uraim, ez az akkumodul vajon cellahibás-e?



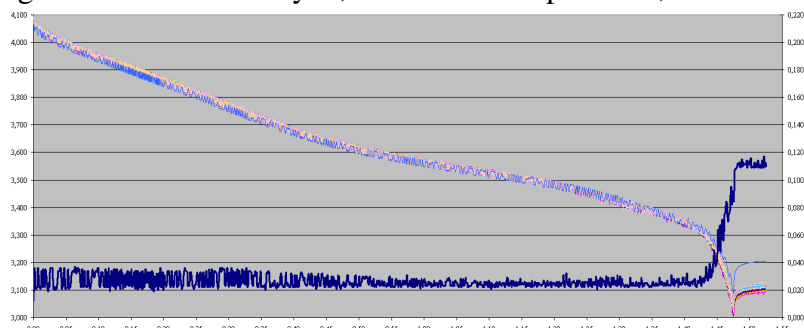
Szerintem sokan még a fáradságot sem vennék ahhoz, hogy ezt a feltűnően rossz modul kimérjék – de én más vagyok. Tesztelni, tanulni bármiből lehet alapon egy nap alatt szépen ki lett balanszolva, és fel lett töltve az udvaron (elvégre az ördög nem alszik), majd jött a mérés:



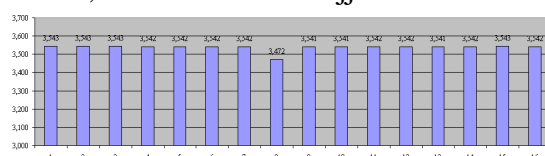
Mivel „hulladéknak” tűnt, nem bajlódtam a pár mV-os kibalanszolásával, így 20 mV-os induló hibával ment a hulladék-teszt – ez a vastag kék vonal a jobb oldali skálán. Szemmel láthatóan semmi baja a modulnak, kb. együtt futnak a cellák, a ~70 mV-os eltérést ~3,1V-os cellafeszültségnél érte el, holott a hibrid autókban 3,5V alá nem engedik merülni az akkut. Itt bizony nem modul-hiba, hanem CVTN modul hiba okozta az egyik cella mélymerülését. Ez a modul ismételt feltöltés és gondosabb balanszolás után visszakerülhet az akkuba. Jöjjön az újabb beteg páciens:



Az utolsó cella 2,69V-os feszültsége már elvileg az alsó, 2,7V-os limit alatt van 10 mV-al, de hátha kigyullad alapon mindenképp ki akartam próbálni, mi történik. Szeretek veszélyesen élni, az az igazság... De nem történt ilyen; feltöltődött szépen ez is, és kimértem ezt is:

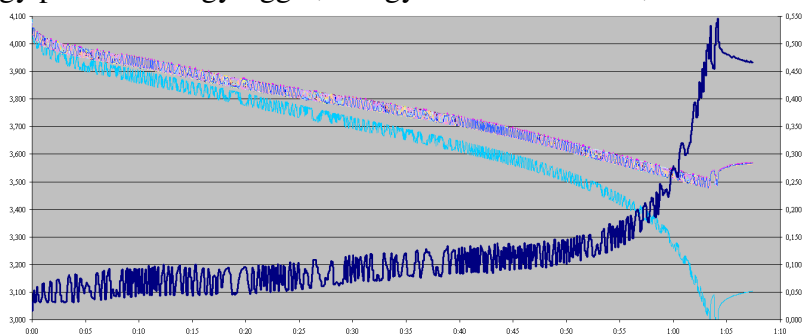


Ahogy látható, itt is egy jó modul tette tönkre egy rossz CVTN panel, és a 16. cella már kicsit romlott a túl alacsony töltöttség miatt. Autóba ez már nem fog visszakerülni, pedig csak ~120 mV a differencia, de 3,3V-os cellafeszültségig még hibátlan, nem válnak el a görbék se egymástól. De nem kockáztatok, hanem tanulok. Jöjjön a következő modulhibás-gyanúsított:



Igazán csekély az eltérés, 71 mV, így ezt játszi könnyedséggel ki tudom balanszolni és fel is töltöm – bár azért már töltés közben is látszott, hogy itt valami nagy gond van... A 8. cella feszültsége a mérítés megkezdésekor azonnal bezuhant, és a ~10 mV körüli imbalance rögtön felugrott 50mV-ra, majd a kisütés végére 550mV-ra nőtt. A görbe feltűnő hullámosságát az okozza, hogy ~2 kWh egy akkumulátor, így ezt 400W-os elmelengetős kisütő-kapacitásmérő műszerrel kimérni 5 óra lenne. Ezért 230VAC-s visszatáplálás kisütőt használok hozzá, ami 100 Hz-el szívja ki az energiát az akkuból – ez pedig interferál a BMS mérési frekvenciájával.

A fenti méréseknél fokozatosan növeltem a visszatáplálási/kisütési teljesítményt a kezdeti ~650W-ról a maximális 1 kW-ra, ezért nő görbéről-görbére a hullámosság. Persze majd ez is ki lesz javítva egy plusz filter-egységgel; de egyelőre abból főzök, amim kéznél van...

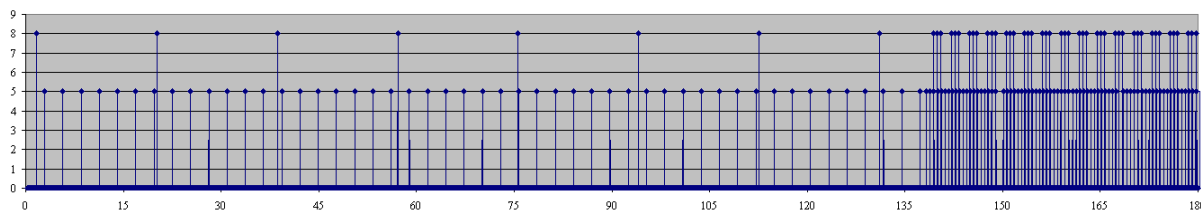


A fenti akkumodulok esetén a balansz jóval meghaladta az 50 mV-ot, de biztos forrásból azt is tudom, hogy a *Volvo* hibridek bizonyos feltételek esetén 20 mV eltérést tolerálnak csak. A további akkumodulok kimérése nem volt indokolt, hiszen azok imbalansa a 20÷50 mV-os tartományba esett. A nagy kérdés már csak az volt, miért? Ha nem hibás egy akkumodul, a *BECM* miért nem balanszolja ki, és miért hagyja, hogy a cellafeszültségek eltérése túllépje a saját 20 mV-os limitjét?

Hogy ezt a kérdést megválaszoljuk, ismerni kell az „új hullámos” BMS-ek működési elvét. A „rég” módszer szimpla BMS chipeket használt; mindegyik mellé rakva egy-egy butuska processzort, egy *CAN* meghajtót, egy galvanikus leválasztót, és persze mindezekhez kettős tápot: az akku és a *BECM* oldala felé is egyet-egyét. Könnyen belátható, hogy ez pazarlás, nem is kicsi: ezért kezdtek el terjedni a buszrendszerű BMS-ek, ahol az egyes BMS chipek – egyszerű konstrukciójú transzformátoros vagy kondenzátoros galvanikus leválasztás mellett – egymással láncba vannak fűzve. „Alul” bemegy a kommunikációs parancs az eszköz-címmel – vagy ún. *Broadcast*-címmel, azaz a „mindenkinek szól” felszólítással – és az egyes chipek a válaszukat egymás után fűzve végül egy adatcsomaggal válaszolnak vissza. Ez a buszrendszer minden gyártó sajátja: a *MAXIM* az *IsoSPI* néven futó, 2x2 vezetékes verziót használja. Az *NXP* egy *CAN*-szerű kétvezetékes, de impulzus-üzemű átvitelt használ, hogy a jóval olcsóbb kondenzátoros leválasztást tudja használni. A *TI* chipje 2x2 vezetékes verziót használ, de oly módon, hogy egy vezetékpár az adat (*COMM*), egy vezetékpár pedig a hibajelző (*FAULT*) „vész-vezeték”. Ezek a buszok ráadásul feltűnően nagy sebességűek: míg az átlagos akku-s (belső) *CAN* buszok sebessége 125-250-500kBit/sec, a *BMS-buszok* jellemzően 4 MBit/Sec tempóval mennek, hiszen adott esetben 16 vagy 32 BMS chip is lehet egy közös buszon. Ezen buszok „élesztési” módja az, hogy elsőnek lekérdezi a buszon található egységek típusát és az egyedi sorozatszámát, hogy ellenőrizze a lánc épségét. Utána felprogramozza, hogy melyik chip hány cellát kezel, melyek a „lyukas” cellák. A mai *BMS*-ek ugyanis olyan érzékenyek, hogy mV (milliVolt) pontossággal mérnek, és nem csak *AC* töltéskor, hanem *DC/CCS* töltéskor ill. hajtáskor (vezetéskor) is dolgoznak, így akár 2-300A-es áramok mellett is pontos cellafeszültség-mérés kell nekik. Ebbe viszont belezavarnának az 5-10 centiméteres réz sínek is, amelyeken 100A-en még 0,1 mΩ ellenállás mellett is 10 mV-os (!) feszültségek esnének. Ezért a mai, modern *BMS*-eken általános megoldás, hogy a réz sínek is „cellaként” vannak kezelve, csak épp a *BMS* chip azt a cellát nem méri, kihagyja az adatgyűjtésből – de máshogy nem tudná pontosan mérni a réz sín két oldalán lévő cellák pontos feszültségeit. Szép példa erre a *Jaguar iPace*, ahol 3 cella-csoportos akkumodulok vannak réz sínekkel összekötve, és a 12 csatornás *BMS*-e 3 ilyen cellacsoportot kezel: 3 cella, 1 réz sín, 3 cella, 1 réz sín, 3 cella – és az utolsó, 12. bemenet nincs használva. Ezt a megoldást „akku-geometriának” hívom, és ezt közölni kell az összes chippel külön-külön. Ezt követi a cellafeszültségek mérése, amikor egy *Broadcast* hívással kérnek egy egyidejű mintavételt az összes chiptől, majd lekérdezik az összes chip által mért cella-feszültséget és modul-feszültséget is.

Természetesen nem „csak” cellafeszültséget tudnak mérni ezek a *BMS* chipek, hanem tudnak páros és páratlan balanszer vezeték-szakadást érzékelni is. Ennek az az elve, hogy ha egyesével és kettesével is lemérik a cellák feszültségét, akkor a kettesével lemerített értéknek a két szimpla mérés eredményének összegét kell adni. Ha azonban egy balanszer vezeték meg van szakadva, akkor az egyesével mért cellafeszültségek pontatlanok lesznek – a kettesével mért cellafeszültség viszont nem, hiszen ha a kettő cella közötti középső vezetéket nem is használom, akkor nem is zavar, ha az meg van szakadva. Szóval miután végzett az egyesével lemerített cellákkal, elindítja a „páros” mérést, ahol a 0., 2., 4., ... balanszer vezetékeket kihagyja a mérésből; aztán jön a „páratlan” mérés, ahol meg az 1., 3., 5., ... balanszer vezetékeket esnek ki. Persze még itt sincs vége a mérési ciklusoknak. Mért kell a hőmérséklet-bemenetek értékét, ahogy mérni kell a chip hőmérsékleteket is, ill. vannak öndiagnosztikai adatok is, pl. a belső referencia-feszültségek értéke, vagy épp a multiplexerek vizsgálata, ahol tesztképpen 0V-ot és V_{max} -ot kötnek rá chipen belül. Ezeket mérési fázisoknak hívják, és ciklikusan újra és újra megismétlődik – és most mindenki kapaszkodjon meg jól: másodpercenként 100x !!!

Ha ebben a mérési szekvenciában zavar történik, adatátviteli zavar (érintkezési-kábelezési) vagy valamelyik chip akár a melegegése miatt időnként téveszt, vagy egy külső alkatrésznek van érintkezési hibája, a *BMS* bonyolultsága miatt a legegyszerűbb, ha az egész inicializálási folyamatot előlről elindítják. Ezt az inicializálási fázis változásából látjuk. 0 érték a még nem inicializált *BMS*. 1-2-3-4 belső fázisok, de ezek nagyon gyorsan zajlanak le, gyakran ezred másodperc alatt. 5-ös fázis a „normális” munkamenet, amikor 6-8 mérési fázis követi egymást rendkívül gyorsan, ciklikusan. 6-os fázis az ún. „recovery” vagy helyreállítási fázis, amikor az átviteli probléma javítható. Végezetül a 8-as fázis a *RESET* fázis, amikor le kell állítani a *BMS* buszt, várni kell picit, hogy a chipek alaphelyzetbe álljanak, és újra lehessen inicializálni az egészet a 0-s fázisból. Logikusan belátható, hogy egy *BMS* nem tud balanszolni szinte sehogy, ha folyton kiesik a szinkronból, és ideje nagy részét újraindulással tölti, mint az alábbi ábrán:

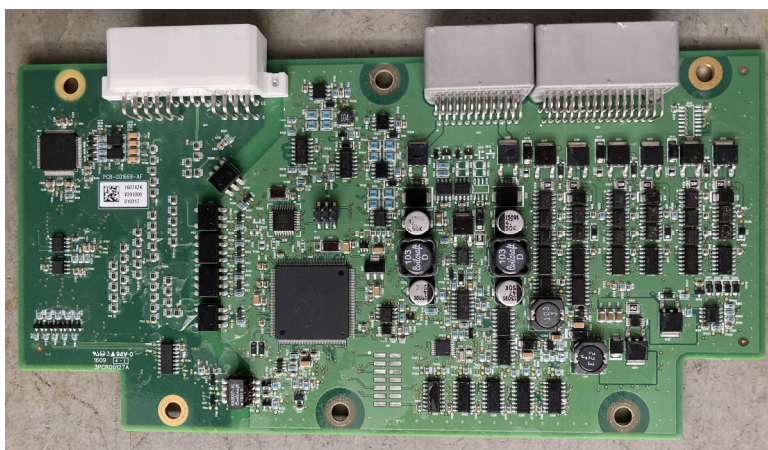


Látható, hogy az első ~2 percben, úgy a 138. másodpercig még elvergődik valahogy a chip folyamatos *RESET*-elés mellett, azaz láthatóak a cellafeszültségek, a hőmérsékletek, azaz nem látszik hiba az átvitelben – de a 8-as státusz-érték kb. 20 másodpercenként mutatja, hogy nagy a gond. De ami igazán nagy gond, hogy az átvitel az idő 99%-ban a 0-s státuszban van!!! És a *BMS* szoftvere ezt rosszul kezeli le: „ahogy szokta”, kb. 2 perc átlagolás után már azt hiszi, hogy birtokában van a megfelelő cellafeszültségeknek, és elkezdené balanszolni az akkut – ez indul meg a 138. másodpercnél. Viszont az a hiba, amely eddig 20 másodpercenként okozott *RESET* állapotot (8-as állapotot), immár annyira kritikussá válik, hogy másodpercenként 3x is *RESET*-el a *BMS* rendszer, tehát egy árva mA-es balanszolója sincs az akkunak, hiába is kéne. Ennek a legegyszerűbb indikátora a chip hőmérséklet: 2 perc után a magasabb cellafeszültségű chipeknek el kellene kezdeni melegednie a 25-30°C-os normál hőfokról a balanszolás közben normális 70-90°C-os értékre – és ezért lett legfelülre helyezve a *BMS* panel, hogy ez a forró chip ne a cellákat melegítse. De nem történik semmi...

A fenti diagram helyes értéke egyetlen nullás „pötty” lenne a diagram legelején, majd egy vastag egyenes vonal az 5-ösnél, másodpercenként 100 db 5-ös értékkel, azaz ciklusonként egygyel. Ezeket a státusz-adatokat lehetetlen *OBD-II* interfészen át lekérdezni a gyári diaggal, hiszen ott egy adat-lekérdezés fél-egy másodperc alatt zajlik le. Direktben figyelve a *BMS* buszt a saját technikámmal viszont jól látszanak a századmásodperces átviteli problémák is.

Eddig akartam fárasztani a kedves Olvasómat az „akkujavítás” általam üzött szintjével. El lehet képzelni, hogy mennyit ér el valaki azzal, ha lemeríti az autó akkuját a klímával 5-10%-ra, *OBD-II* olvasóval kiolvassa a cellafeszültségeket (legalábbis azt az utolsó értéket, amit a haldokló *BMS* köhögve-krákogva még közölni tudott vele), majd kicseréli a legalacsonyabb feszültségű cellát, és mint aki jól végezte a dolgát, az autót visszaadja a tulajdonosnak, lehúzza egy felesleges modul-csere árával. Az autó menni fog szépen, ez nem vitás – de mivel az eredeti hibát nem találta meg és nem is javította, a hiba fél-egy év után újra elő fog jönni! Így fordulhat elő, hogy egy amúgy jó cellákat tartalmazó akkun előbb cellamodult cserélnek egy újra (azaz már ezzel alaposan elcseszik a cellák balanszát, mert a némileg degradálódott régi modulok mellé bekerül egy eredeti kapacitású, jobb modul), majd egy év után ismételten lehúzzák az ügyfelet egy újabb felesleges modul-cserével. A bolondnak is megéri – csak neki!

Térjünk vissza nyugalmasabb vidékre, mert van még pár érdekes információ az akkuról. Pl. eddig egy szót sem szoltam arról, hogyan lesz egy átlagos mikroprocesszornak kapcsolata egy elég speciális *BMS* busszal? Nos, bevallom, amikor először láttam ezt a megoldást, kissé fennakadtak a szemeim:



A fotón a *BECM* modul látható, melynek bal felső sarkában ott egy *BQ76PL455A* chip, aminek semmi más dolga sincsen, mint az *SPI* buszon át érkező adatokat átfordítsa a *TI* belső *BMS* buszára. 16 cellájából egyet sem használ, nem mér semmit; az egész chip csak azért van felrakva a sarokba, hogy *Star Wars*-os *C-3PO*-ként fordítson! Ez nagy pazarlás szerintem. A *MAXIM* és *NXP* esetén van külön, olcsó „gateway” chip, a *TI* viszont nem fárasztotta magát.

Természetesen jó szokás szerint meg van oldva akkun belül is, hogy ne tudj bármit és bárhogy csereberélni. A *BMS* chipeknek ugyanis van egy egyedi gyári azonosítója, chipszáma is, amely nem átirható, nem klónozható. Szóval ha kicseréled a *CVTN* modulok egyikét, mert gyanakszol a hibájára, a *BECM* zokon fogja venni, és átmegy „morci” üzemmódba, ahol még a diagnosztikát hagyja, de az autó nemes egyszerűséggel a *BECM-U010000 Lost Comm With ECM* hibaüzenettel elutasítja a javított akkut; egészen addig, míg a gyári diagnosztikával, a *VIDA*-val rá nem tudsz varázsolni egy – természetesen fizetős – firmware frissítést, ami alaphelyzetbe rakja a chip-sorozatszámokat is.

Írásom elején tettem egy kis említést a *Volvo*-rokon kínai autókról – ahogy már ott utaltam rá, kb. hasonló megoldások vannak azokban is, így nem sok értelmét látom arról is külön cikket írni. De úgy illik, hogy ha már kiveséztem az *SLA* platform szépségeit, említsem meg az olcsóbb kistesót, a *CMA* platformot (*Compact Modular Architecture*) is; ez van a *Link&Co*-ban és a *Volvo XC40*-ben is – ez utóbbi robbantott rajza látható a fotón.



Felismerni messziről is könnyű, csak a narancssárga *Manual Service Disconnect* dugót kell nézni, ami roppant sérülékeny módon az akku tetején, egyharmad-tájt van, és csak icipicit kell megütni, hogy az alja beroppantsa az alatta lévő *CVTN* panelt, és ezzel esetleg zárlatot vagy akkutüzet is okozzon. Sajnos a vékony fémlemez ház ott elég rugalmas, sokat megenged...

A rajzon immár helyesen látható módon, tényleg 5 modulból áll, viszont hogy meglegyen a *PHEV*-ekhez elengedhetetlen 400V közeli feszültség, a cellák számát 16-ról 18-ra növelték, azaz 90 cellás az akku. Ezzel a kapacitások (az én számításaim szerint; mert a neten mindent is írnak, meg annak az ellenkezőjét is):

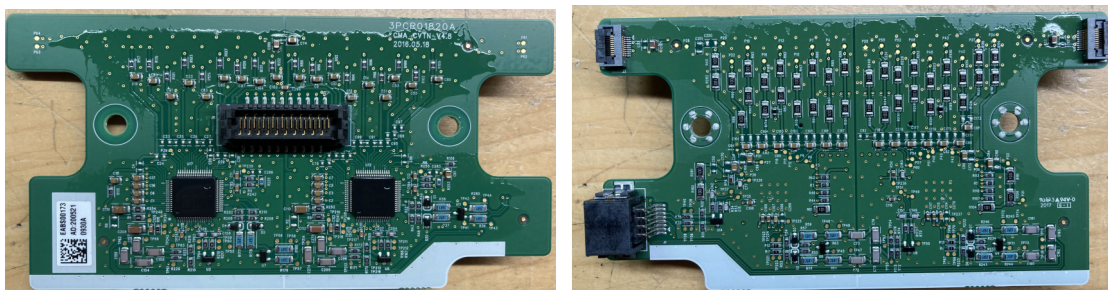
SLA platform, 27 Ah-s cella: 9,2 kWh bruttó / 6,7 kWh nettó

SLA platform, 30 Ah-s cella: 10,2 kWh bruttó / 7,5 kWh nettó

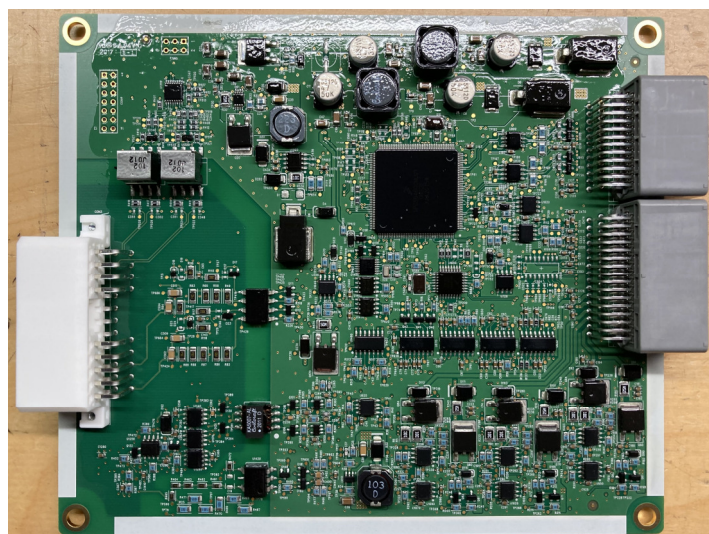
SLA platform, 34 Ah-s cella: 11,6 kWh bruttó / 8,5 kWh nettó

CMA platform, 34 Ah-s cella: 10,9 kWh bruttó / 8,0 kWh nettó

Mivel a piacon nincsen 18 cellás *BMS* chip, kénytelenek voltak az „olcsósítás” jegyében egy helyett két *BMS* chipet felrakni – ráadásul ezt a szerintem toronymagasan legjobb (és ezért legdrágább) *MAXIM* chipekből tették, a *MAX17823B*-vel. Ebben talán az is közrejátszik, hogy a *TI* teljesen érthetetlen okból utód nélkül megszüntette a *BQ76PL455A* chip gyártását.



Teljesen más lett a *BMS* kábelezés: az *SLA CVTN*-ek „láncba” voltak fűzve, panelenként két csatlakozóval, melyből az utolsó üresen maradt; a *CLA* platform *IsoSPI* busza faágakként csatlakozik a panelek egyke csatlakozójára. A *BECM* panel pedig csak át lett tervezve négyzet alakúra a téglalap alakról; még a szürke csatlakozó kialakítása-bekötése is annyira egyezik, hogy lustaságból a kezem ügyébe eső *SLA* kábelkorbáccsal álltam neki élesztetni, és jó egy nap sikeres használat után esett le, hogy nem is az való hozzá. Persze kevesebb benne az ér, mert a *CLA* platform nem támogatja a külön *ERAD*-ot; az akku hátsó fenekén már se nagyfesz csatlakozó, se más nincsen, csak az akku belső nagyfesz biztosítékait takaró fémlemez, így a hiányzó *HVDC* csatlakozók *HVIL*-köri bemenetei is hiányoznak a kábelből.



Amit érdekesség-képpen még ide írnék, az a plusz „*C-3PO*” *BMS* chip hiánya, helyette a szokásos *MAXIM MAX17841B* gateway chip van fent, alatta a kettő „102” feliratú fémházas jeltrafóval, ami az *IsoSPI* busz több méterről is jól felismerhető jele. Az *IsoSPI* buszt ráadásul már 100%-ban visszafejtettem, ez van a *Hyundai* és *Kia* modellek *MOBIS* akkujaiban is. Itt a diagnosztika még egyszerűbb, mert a képen lévő chip-szintű diagnosztikát is megírtam rá – tudomásom szerint egyedüli, nem is autógyártásban dolgozó szakiként (függetlenül) a világon!

```

P.G. 17841/R4 01 03 05 07 09 0B 0D 0F 11 13 15 17 19 1B - 95 97 99 9B - Phase
ID:10x17845/R3 12 13 02 00 02 80 60 10 05 00 84 14 00 25 - 00 00 00 00 - 128/B
101:ALTREF -VAA- LS.AMP ZS/FS BLOCK Szumm STAT FMEAs BSW DEV_ID
#0 1.242 3.310 -0.025 OK/OK 36.22 36.22 0000 00000 000 932803
#1 1.242 3.296 +0.005 OK/OK 36.28 36.24 0000 00000 000 937B7A
#2 1.242 3.298 +0.041 OK/OK 36.14 32.51 0000 00000 000 BF10BF
#3 1.242 3.303 +0.024 OK/OK 36.17 36.18 0000 00000 000 BF897F
#4 1.241 3.299 -0.011 OK/OK 36.08 36.08 0000 00000 000 99082E
#5 1.241 3.295 +0.024 OK/OK 36.08 36.08 0000 00000 000 99BB40
#6 1.242 3.298 -0.011 OK/OK 36.19 36.18 0000 00000 000 99C0C3
#7 1.242 3.298 -0.018 OK/OK 36.21 36.22 0000 00000 000 99BB87
#8 1.241 3.304 -0.007 OK/OK 36.24 32.60 0000 00000 000 11BA72
#9 1.242 3.290 -0.020 OK/OK 36.12 36.13 0000 00000 000 113387

```

Egy ilyen diagnosztikán látható a *BMS* chipek összetett belső lelkivilága is: a chip-típusok és chip-revíziók, a feszültség-referenciák (ALTREF), analóg tápfeszültség (V_{AA}), szinteltoló-erősítő (*Level-Shifting Ampl.*) offszet-hibája, a *Zero / Full Scale* önteszt eredménye, a modul-feszültség és a mért cella-feszültségek összegének viszonya mellett ~50 státusz- és hibajelző bitet és a 24 bites egyedi chip-azonosítókat is látni. Ezek az öntesztek másodpercenként 100x is lezajlanak egy *MOBIS* akku *BMS*-ében; ezért kell a 4 MBit/sec-es adatátviteli sebesség, ami már régen nem a sima autószerelők, inkább a hardveres-informatikus kockák/hekkerek világa.

Ennyi lett volna egy „kis kiruccanás” a hibrid *Volvó*-k akkuinak a világába. Furcsa lesz ezek után azt írnom, hogy egyelőre még csak „tanulom” ezt az akkut, de 10 teleírt oldal után még újabb 10 oldalnyi kérdőjeles mondatot tudnék még magamnak is összeírni. Legfőképp a 16 féle cikkszámmal van a fő bajom, mert ezek az akkuk nem csak az alcímekben szereplő *XC90*, *XC60* és *XC40* modellekben fordulnak elő, hanem olyan számomra ismeretlenekben is, mint az *S90L*, *S90*, *V90*, *S60*, *V60*. Mindegyik más nyelvet beszél az autó oldaláról, és ezért a fedélzeti töltőik, a *Valeo OBC*-k mellé sem ártana nekem egy házi *C-3PO*...

Verzió: 1.00, 2025-11-01 Tata

Varsányi Péter E.V.

Tel: +36-20-942-7232

Web: <https://varsanyipeter.hu/>

Email: info@varsanyipeter.hu