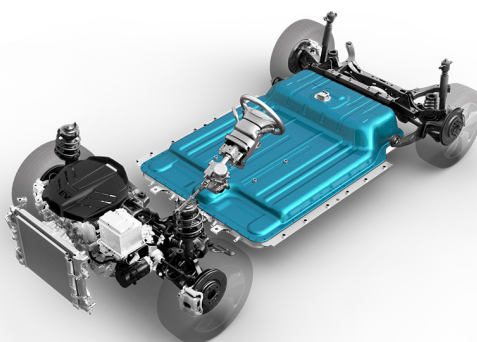


Hyundai Kona akku

2021 igencsak rossz év abból a szempontból, hogy alig jelennek meg írásaim. Nem mintha kevesebbet dolgoznék – épp ellenkezőleg! Csakhogy a magyar projektjeim jellemzően azzal kezdődnek, hogy írok alá egy hétpecsétes titoktartási papírt. Valamiért a magyarok szeretnek minden titkot megtartani maguknak, holott ha a *Google*-ba beírnának pár ügyes kulcsszót, sok ezer okosságot találnának szerte az Interneten. De teljesen máshogy van ez a határ túloldalán: külföldi ügyfelem úgy keresett meg egy projekttel, hogy kifejezetten megörült neki, amikor megtudta, hogy nem csak jól dolgozom, hanem még fényképekkel dokumentált regényeket is írok közben. Így ezúton is megköszönve az általuk rendelkezésemre bocsájtott *Hyundai Kona Electric* 64 kWh-s verziót, következzen az akkumulátorának bemutatása.

A *Kona* – és még pár rokon autótípus – nem csak a szokatlanul nagy akkujának köszönheti ismertségét, hanem annak a tüzes tulajdonságának, ami miatt már több mint 20 autó gyulladt ki szerte a világon. Erről különösebben nem akarok többet írni, mert úgy gondolom, hogy ez nem az én asztalom: a szakmai fórumokon szinte hetente-kéthetente felreppen egy-egy újabb fejlemény. Amennyire ebben a pillanatban lehet tudni, az *LG Chem* (új nevén *LG Energy Solution*) Kínában gyártott E63-as cellájának szeparátorával van a gond, így egyre több gyártó dönt inkább az érintett szériák visszahívásáról és cseréjéről. Tehát nem minden *Kona* tüzes, csak bizonyos gyártási szériák – ahogy tüzesek az *Opel Ampera-E* (ez nem azonos a régi *Opel Ampera*-val) és a *Chevrolet Bolt* (ami szintén nem azonos a régi *Chevrolet Volt*-al) típusok egy része is, ahogy a *Hyundai Ioniq* típusán kívül a *Hyundai Elec City* busz verzió sem úszta meg a meleg helyzeteket. Tehát cikkem elolvasása után senki se éljen abban a téves hitben, hogy a *Kona* a rossz – a hiba csak a közös pontban, egy bizonyos gyártású akkucellában van: az *LGX-E63* típusú, 325 mm hosszú, 125 mm magas, 11,5 mm vastag, és névlegesen 63Ah-s cella egyik (sajnos elég nagy mennyiségben gyártott) gyártási szériájában.

Hogy a helyzetet bonyolítsam, ma már „divat” lett az autókat többféle akkumulátorral is gyártani. Pl. a *Hyundai Kona Electric*-ből létezik a 39 kWh-s „*Economy*” verzió, ami 180 cellát tartalmaz 90S2P konfigurációban, azaz kettesével párhuzamosan vannak a fenti cellák – ennek névleges feszültsége 330V, üzemi tartománya 225÷387V, míg a „*Standard*” kivitel már 294 cellát tartalmaz 98S3P konfigurációban, azaz hármassal párhuzamosan kötve a cellákat; ennek névleges feszültsége 360V, üzemi tartománya 245÷421,4V. A konstrukció kívülről kísértetiesen hasonlít a *Renault Zoe* akkujára: erős félhományban nehéz lenne megmondanom, melyik akkut is látom. A nagy különbség a hűtésben van: a *Zoe* léghűtésű, míg a *Kona* rendes vízhűtést kapott. Meg a *Zoe* akkuja kicsit magasabb; de pl. ugyanolyan merevítő „szárnyai” vannak két oldalt, gondolom az oldalirányú ütközések erőteljesebb kivédése miatt.

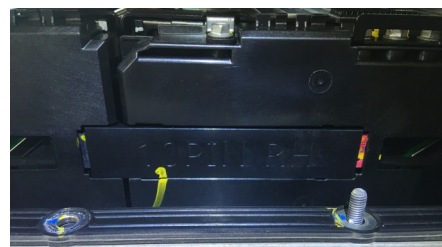


Konstrukcióban rém egyszerű az egész: Van az „OS-A” keret meg az „OS-B” keret, amik egymás tükörképei. 3 db „A” keret után jön 3 db „B” keret, és így tovább. Ebből öt teljes ciklus ad ki egy modult, azaz egy 10S3P geometriájú akkumulátor modult (amit érdekes módon fordítva írtak rá, azaz 3P10S-ként). Az „Economy” verzió ezzel szemben csak 2-2 „A” ill. „B” keretet tartalmaz, így a 30 db keretbe pont 15 cella fér – így lesz a 39 kWh-s verzió is mm-re azonos méretű.



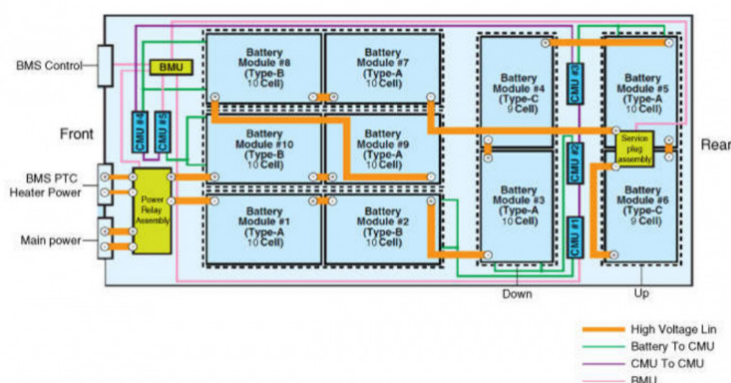
Oldalról szépen lehet látni a 45 fokos áram-átvezető síneket, ahogy egy vékonyka zöld NYÁK lemez előtt az alsó ill. a felső kötési pontokat összekötik. A NYÁK-on amúgy nincsen semmi, csak az egyik végén egy kis, 10 pólusú, a másik végén meg egy dupla méretű csatlakozó, amire kivezetik az adott oldal celláinak feszültségét.

Az egymáshoz rögzített dupla modul-párokat pedig egyszerűen egy rövid kis NYÁK-darabbal kötik össze, így érve el, hogy egy-egy dupla modulpár végén, a dupla méretű záró csatlakozón mindkét modul összes cellájának a feszültsége megjelenik, és innen megy a cellákat mérő CMU egységekre. Egy-egy CMU gyakorlatilag egy-egy modul-pár feszültségét méri – kivéve a 39 kWh-s verziót.



Na, most jön az a kép, ahol megpróbálom elmagyarázni a két akkut, hogy néz ki. Öveket bekötni, nehéz lesz! ☺

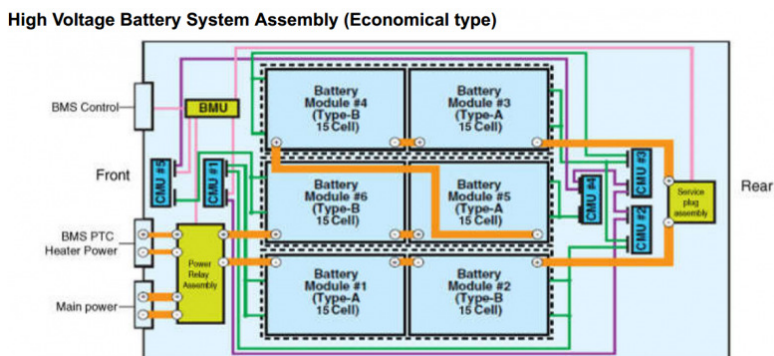
High Voltage Battery System Assembly (Extended type)



Szóval eddig a közepén lévő #8 + #7 modult, #9 + #10 modult ill. #1 + #2 modult írtam le. Ezek a 10x3 cellásak. Azért van belőlük *Type-A* meg *Type-B*, mert ezekben pont fordított az „OS-A” keret meg az „OS-B” keret sorrendje, azaz más szavakkal ezek a modulok is pont a tükörképei egymásnak. A legalsó, a #1 + #2 csak 180°-ot el van forgatva, hogy jó helyre jöjjön ki a + és a – kivezetés. Csakhogy ezek a modulok túl hosszúak lennének keresztben, így ott rövidebbek a modulok: az egyik maradt 10S3P, de a másik 9S3P lett, azaz egy cellatrióval rövidebb. Cserébe dupla magasak, merthogy kettő van egymás tetején, ahogy a *Model S* akkujának a 15. és 16. modulját is megoldották. A hátsó ülések alatt plusz hely ugyanis minden tervező fantáziáját megmozgatja, és igyekeznek kitölteni a rendelkezésre álló helyet.

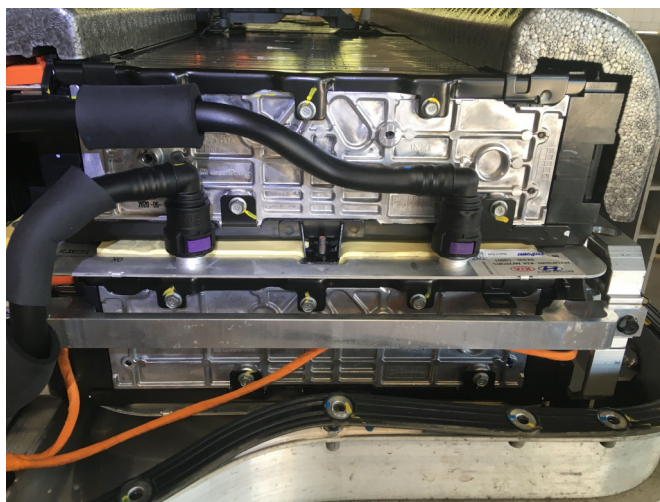
Szóval a *Standard* verzió kétféle modulból áll: 3 db „*Battery Module Assy Type A*”-ból (No: 375J1K4000), és 2 db „*Battery Module Assy Type B*”-ból (No: 375J2K4000). De ezek valójában csak egyféle 9S3P modul, és kétféle, egymásra tükörkép 10S3P modult jelent, ami valójában nem más, mint ugyanaz a „OS-A” keret meg az „OS-B” keret, meg az *LGX-E63* cellák. Na jó, abba hagyom; nem szívatom a kedves olvasót tovább! De vigyorgok piszkosul, mert ha ezt valaki szétszedi „javítás” címszó alatt, szerintem fog majd rengeteget anyáznia...

Ja, dehogy hagyom abba! ☺ A 39 kWh-s *Economy* verzió rajza kimaradt: ☺ ☺ ☺



Itt már csak egyféle modul-pár van, ahogy már mondtam, 15S2P geometriával. És hogy a hasznos (vagy épp haszontalan) információk özönét tovább gazdagítsam, a 10S3P és 15S2P modulok hossza 480 mm (+15 mm rögzítő fülek), míg a 9S3P modulok hossza 430 mm (+15 mm itt is). A modulok magassága 105 mm (+10 mm extra), a szélességük pedig 360 mm. Hogy ezt miért írtam ide le, azt fedje jótékony homály... ☺

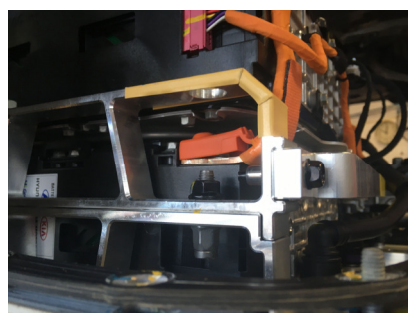
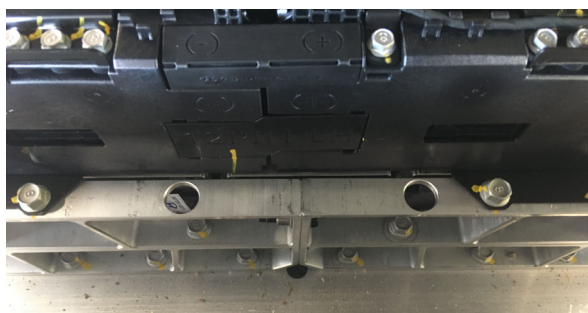
Ahogy már írtam, a *Renault Zoe* akkujától főleg a vízhűtésben tér el; itt ugyanis minden modul-pár alatt van egy közös vízhűtött lap. Az alábbi fotón részint a hátsó ülések alatti dupla pakkot lehet látni, részint pedig a köztük lévő hűtőlapot – az alsó alatt is van egy, annak csak a túlvége látszik, mert a vízhűtés csomók a másik irányba állnak – ahogy az egész alsó-felső pakk is 180°-ot el van fordítva.



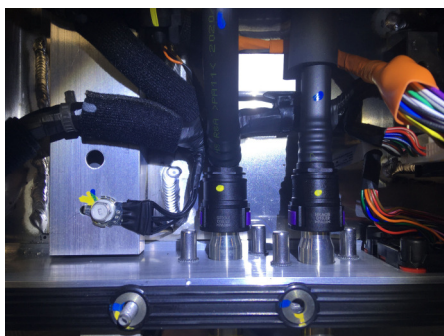
A képen jól látható a modulokat lezáró masszív alumínium lap is. A zacskós cellák egyik igen kellemetlen tulajdonsága, hogy hajlamosak felfűvódni, és ezzel egymást szétnyomva ki tudják tépni a lerögzített kivezetésüket, majd felgyulladnak – ezért a modulokat megbontani és cella szinten javítani kb. esélytelen vállalkozás.

A képen látszik még az akkut körülölelő műanyag hab is; hasonló formázott habok vannak a modulok között ill. az oldalaikon. Érdekes módon tépőzáras rögzítéseket láttam a modulok több pontján, miközben a habon semmiféle tépőzár nincs, hanem egyetlen ponton kétoldalas ragasztószalaggal van lerögzítve. Talán majd egyszer kiderül az is, mi a szerepe azoknak...

Ami viszont említést érdemel, azok az alu profilok. Maga az akkuháza is különféle üreges alu profilokból van összehegesztve, ahogy a két szinten elhelyezett modulokat is profilok tartják – elképesztően precízen megmunkálva, sarkai 45°-ban letörve, hogy garantáltan sorja mentes legyen mindenhol. Ellenben az egyik sarkon valamiért meghagyták a profilt, ami mm-ekre az áramvezető sínektől fut, és nincs is rá rögzítve semmi. Meredek... Én biztos lemartam volna, semmint némi fóliával burkolgassam:



Két részletet emelnék még ki, mert nekem nagyon tetszett. Egyrészt a gyártás minősége az valami elképesztő! Lefotóztam a vízűtés bevezetését, talán azon lehet legjobban látni a mart és hegesztett alu szerkezetet. Ill. a másik részlet, a legkedvencebb vesszőparipám, hogy miért nincs az akkumulátorokban vízszenzor? Merthogy a *Tesla Roadster* (!) volt eddig az egyetlen autó, amiben emlékeim szerint volt vízszenzor. És hogy miért annyira fontos ez? Pl. a *Renault Zoe* akkujáról azért nincs még cikkem, mert amit elsőnek szétszedtem, az tele volt sárral! (!) Nem sáros vízzel – sárral! Persze csontszáraz volt már, mert a léghűtés egyúttal szárít is. De a fotók kb. használhatatlanok lettek, amiket arról lőttem. Itt meg a legalacsonyabb ponton, az első kerekek felőli oldalon van, így ha kerül is bele víz, az első fékezésnél bejelez a szenzor!



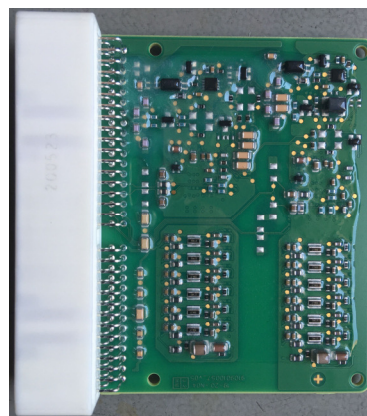
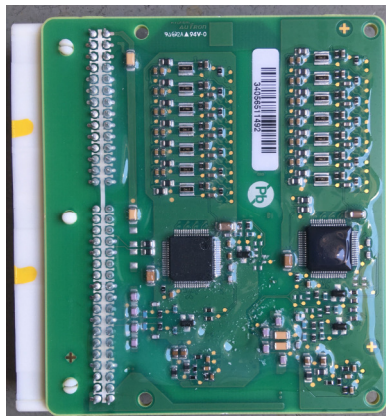
Aki ismeri a stílusomat, az már sejtheti: itt valami árulás lesz, mert eddig túl sok szépet írtam az akkuról. ☺ De nyugi, még jön egy kis kínzás előtte, mégpedig az elektronika! Az *LG Chem* korábbi akkujai (*Opel Ampera*, *Volvo V60 PHEV*, *Renault Zoe* (!)) kb. egy kaptafára készültek: volt az *LG Chem* megrendelésére az *ST Microelectronics* által kifejlesztett L9763-as chip, amiről 3 év alatt még egy árva rajzot sem sikerült találnom – ráadásul az is hibás, ami elérhető... Ez mellé tettek egy mikroprocesszort, és egy belső CAN buszon át kommunikáltak a *CMU* egységek a *BMU* egységgel – én meg szépen visszafejtettem mindet az évek során. Így azzal a céllal kaptam meg ezt az autót, hogy fejtsem vissza ezt is. No, ez nem jött össze...

Nem tudom, hogy megérezte-e az *LG Chem* az *ST Microelectronics* közelgő katasztrófáját – nevezetesen egyik gyáruk leégését, amely fontos dominó volt a „globális chiphiány” néven emlegetett mostani őskáoszban –, vagy egyszerűen mákjuk volt, de valamikor és valamiért szakítottak az *L9763*-as chippel, és ez a BMS rendszer már a *Maxim Integrated MAX17845*-ös chipjére épül, így ezt elvileg nem érinti a chiphiány sem. De nekem ez a „cseberből vödörbe” tipikus esete. A *Maxim* mindig is a high-end (de írhatnám a magas árú) chipjeiről volt híres. Így amikor kijött az ún. „*capacitively coupled daisy chain*” elvű BMS rendszerével, rögtön lecsapott rá a *Samsung SDI* – és a jelek szerint az *LG Energy Solution* is, és teljes hírzárlatot rendeltek el. Szóval a nagyszerű *MAX17823* típust a *Samsung SDI* nyelte le, és ezt használja pl. a *Land Rover / Jaguar* BMS rendszerében, addig az *LG Chem* meg a *MAX17845*-öst. Az előbbiről még pár infó kiszivárgott, ugyanis 1-2 évig teljesen nyilvános volt az adatlapja, bárki szabadon letölthette, de azóta még az *Archive.Org*-ról is letöröltették, hogy sehol se maradjon nyoma. Olyan ügyesek voltak, hogy kb. két évnyi levelezést követően sem bírtam még megszerezni. Minden kollégám azt mondta erre: „Ne röhögtes, holnapra megszerzem Neked!” – aztán azóta sincs meg... A *MAX17845* pedig mintha nem is létezne, pedig létezik; itt a fotója:



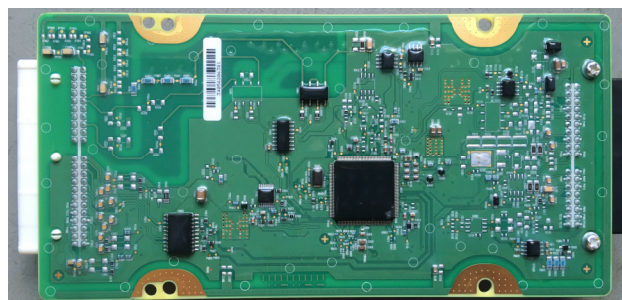
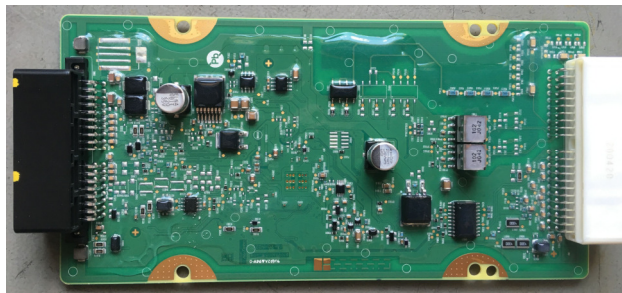
Annyit ki tudtam róla deríteni, hogy ez a nyilvános *MAX17843* chip továbbfejlesztése: míg az 12 cellás, ez meg már 13 cellás, legalábbis a *CMU* egységen jól látható a 13 db balanszoló áramkör. Az elődön úgyis volt pár nem használt láb, tehát simán beférne a tokba a plusz egy cella plusz két lába. Amit tudunk a chipről, az alapján két hőérzékelőt tud fogadni mellette. És ez is az említett „kapacitívan sorba kötött” buszrendszert használja. Ennek lényege, hogy egy leválasztó trafóval kezdődő és végződő láncot csinálnak, amibe korlátlan számú BMS chip köthető CAN busz IC-k, galvanikus leválasztó áramkörök és felesleges processzor nélkül.

Szóval hogy az elektronikára térjek, a *CMU* egységek ezúttal már a legmodernebb (és a legtitkosabb) szintet képviselik. Egy-egy *CMU* egységben 2-2 ilyen chip van, és chipenként 13-13 db cellát tudna kezelni. Egy akkuban 5 db *CMU* egység van, akár a 39 kWh / *Economy*, akár a 64 kWh / *Standard* kivitel. Ez azt jelenti, hogy a 90/98 cella helyett 130 cellát tudna az összesen 10 chip kezelni; ez elég nagy „pazarlás” – valójában meg pár apró alkatrész csupán.

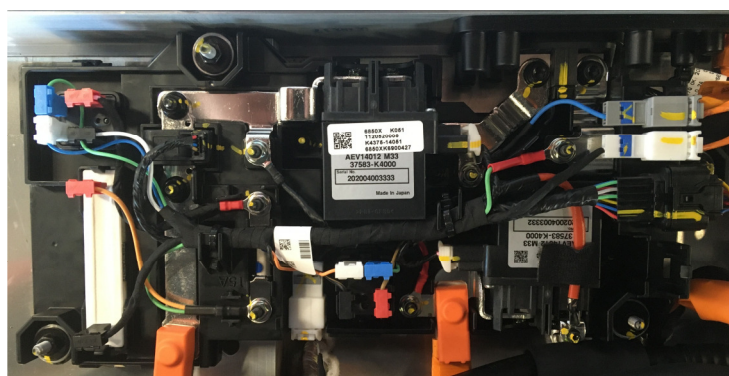


A speciális transzformátoros-kondenzátoros csatolás, ill. a feleslegesen nagy számú cella kezelése miatt a csatlakozója rettenetesen sok pólusú, plusz van benne egy csomó üres láb is.

Hasonlóan láb-túltengésben szenved a *BMU* egység is, amely az egész akkut kezeli.



A *BMU* agya „németes módon” *TriCore* processzor (legalábbis náluk szinte kötelező azt alkalmazni, még egy index villogtatására is), *SAK-TC264D* típussal. Mellette csak egy CAN és egy LIN vezérlő chip van, az egyik doksiban jelzett második CAN busz be sincs ültetve. A 2 db *Infineon BTS724G* pedig 4-4 db kapcsolót tartalmaz, amivel a kontaktorokat kapcsolja, ill. a lábszámból és a vezetékezésből ítélve a hűtő-fűtő szivattyúk kezelése is hozzá tartozik. A maradék meg az a *MAX17841B*, ami a „*capacitively coupled daisy chain*” láncot hajtja meg a középső panel közepén, a fehér csati közelében található kettő kicsi trafóval. Ennyi! Ennél egyszerűbb már nem is lehetne, pedig minden benne van, ami csak kell... Bravó!



És ha már a kontaktorok szóba kerültek, a rajzokon *Power Relay Assembly* néven szereplő egység a szokásos felépítésű: egy-egy nagy kontaktor a pozitív és a negatív sínnek, egy kisebb a *PreCharge* körnek (a nagy fehér kerámia ellenállással), plusz még egy belőle a *BMS PTC Heater* csatlakozójának. Ennek speciálisan olyan vékony vezetéke van (0,5 vagy max. 0,75 mm²), hogy szerintem ez az akkumulátor máshol lévő fűtőbetétjére menő, kb. 1 kW-os teljesítményt tudó előfűtő lehet. Bár hogy mertek ilyen vékony vezetéket 15A-es biztival védeni?

Na, egy oldallal a vége előtt akkor megint csak áradoztam: a BMS elektronikája a lehető legfejlettebb, a mechanika szintén dicséretes, akkor miért gyulladnak ki? Nos, aki tőlem várja a választ, az aztán várhatja; mert nem beszélek olyanról, amihez nem értek... Engem csak az érdekelt, hogy az L9763-as chip van-e benne, mert azok néha szeretnek maguktól megsülni – bár kigyulladni eddig egy *Volvo V60*-at vagy *Amperát* sem láttam (más se). A másik, ami igen mély gondolkodásra késztetett, hogy az akkutüzek első megoldási próbálkozása még az volt, hogy a 80%-os töltöttség elérése után 10 percig „vártak”, és csak utána folytatták a töltést. Miért? Na, erre viszont már van egy teóriám...

Ahogy írtam is, a *CMU* modulok chipenként 2-2 hőérzékelőt tudnak fogadni – ezeknek a lábait meg is találtam a csatlakozóban. Az 5 db *CMU* modul ezek szerint 20 db hőérzékelőt tudna fogadni. „*Not Great, Not Terrible!*” – mondaná erre *Gyatlov* elvtárs, és valahol igazat adok neki: elvégre a *Trió* (ha jól emlékszem) 60/66 db hőérzékelőt használ, egy *Mitsubishi Outlander PHEV* 50 db-ot, egy *Tesla Model S/X* 32 db-ot, egy *Volvo V60 PHEV* meg 20-at. De az csak egy PHEV, hatod ekkora akkuval, mint ez. Szóval a 20 még nem nagy, de nem is tragikusan kicsi mennyiség.

De *Kona* meg 4 db-ot használ belőle. Négyet! Hogy a *Hyundai* jogászhai szét ne szedjenek, háromszor csekkoltam le, mielőtt baromságot kürtölnék világgá; nehogy aztán bepanírozva, forró olajban süssenek meg hitelrontásért: a *CMU#1* narancs/kék vezetéken a #1-es modult, a *CMU#2* barna/fehér vezetéken a #10-es modult, a *CMU#3* a fekete-narancs/kék-narancs vezetéken a felső, a *CMU#5* meg a barna/fehér vezetéken az alsó modulpár hőfokát méri. A *CMU#4* esetében pedig mind a 8 láb hőérzékelős láb üres, azaz arra nem megy semmilyen hőérzékelő, ahogy a #7-es és #8-as dupla-modul sem tartalmaz egy fia szem külső hőérzékelőt sem. És ami talán a legszebb, a hőérzékelők sem a modulok közepén vannak, hanem a lehető legkülső sarkán, a kivezetés csavarja mellett:



Innentől fogva ha akarnának sem tudnának észrevenni egy hőmegfutást, mert nincs mivel! Mire az akkumulátor legszélső sarka eléri a 60°C-ot, a közepén már beindult a zónaolvadás, ha már felemlítettem *Gyatlov* elvtársat... De igazából mindegy is. Egy hőérzékelő nem állítja meg a kigyulladást, és ha tényleg szeparátor-hiba a tüzek oka, akkor ott már nincs mit tenni...

Szóval sok szónak csak annyi a vége, hogy szerintem valahogy arra várhattak 10 percet, hogy ez a négy hőérzékelő csak jelez-e valamit valahogy. Vagy pont fordítva – mivel ezek kb. semmit sem jeleznek, azt figyelték, elkezd-e csökkenni a feszültség valamelyik cellában, mert ha igen, akkor az a cella melegszik. Persze az is lehet, hogy csak okoskodom – de azért ha egy kínai akkus fúróban is van legalább egy hőérzékelő, én nem mernék 60 db cellát berakni úgy egy elektromos autóba, hogy annak már egyetlen szem hőérzékelő sem jut. Mert minden más annyira tökéletes ebben az akkuban, hogy max. egy kiálló alu profilon tudnék kekeckedni, aztán mégis kigyullad? Hogyan képzelem? ☺

Verzió: 1.01, 2021-08-06, Tata

Varsányi Péter E.V.

Tel: +36-20-942-7232

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

Email: info@varsanyipeter.hu