

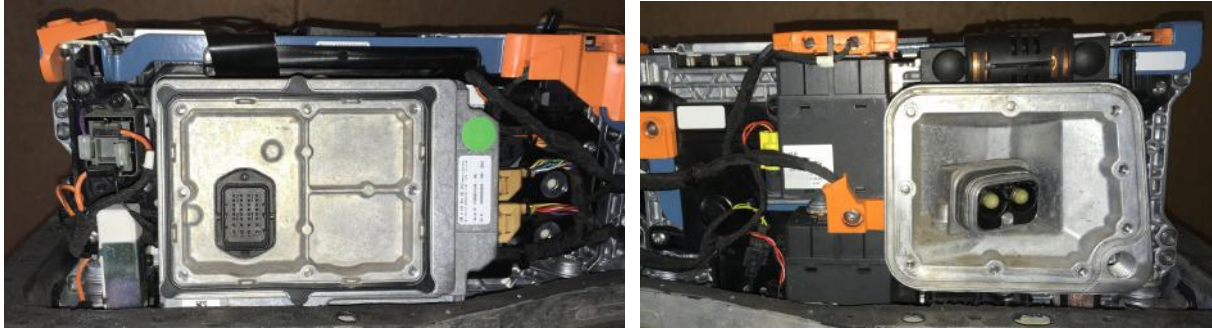
Smart ForTwo 2012 BMS

avagy sok hűhó a semmiért

Régóta nem jelentkeztem már írással, pedig bőven történnek események közben is; de jobb szeretem megvárni, míg egy történet lezárul. Január végén kaptam a *BRUSA* töltőt javításra, ami egy végül beszerezhetetlen kondenzátor miatt majd egy hónapot alatt lett kész, mert más méretű és típusú kondenzátort kellett végül belefარagnom a régi helyére. Ez az egy hónap meg pont elég volt ahhoz, hogy a páciens, egy *Smart ForTwo 2012* akkumulátorának egyetlen egy cellája túlságosan lemerüljön, és az autó töltés és elindulás helyett csak egyetlen hibakódot ismételgessen makacsul. Így az elmúlt egy hónapban kb. azzal keltem és feküdtem, hogy mit lehetne tenni az akkumulátorral, hogy engedélyezze a töltést. Most, sokat okosodva, de mégis bután maradva elétek tárom a tanulságokat, okulás-képpen. A fotók minőségéért ezúton kérek elnézést: az akkupakk mérete és súlya miatt az eredeti helyén, egy autószerelő műhelyben lett lefotózva, így a háttérben bontott úrhajótól kezdve minden látható, én meg nem vagyok fotók retusálására berendezkedve. Maga az akkupakk így néz ki felülről a burkolata nélkül:



Az egyetlen érdekesség a jobb felső és jobb alsó sarokban látható két csatlakozási pont:



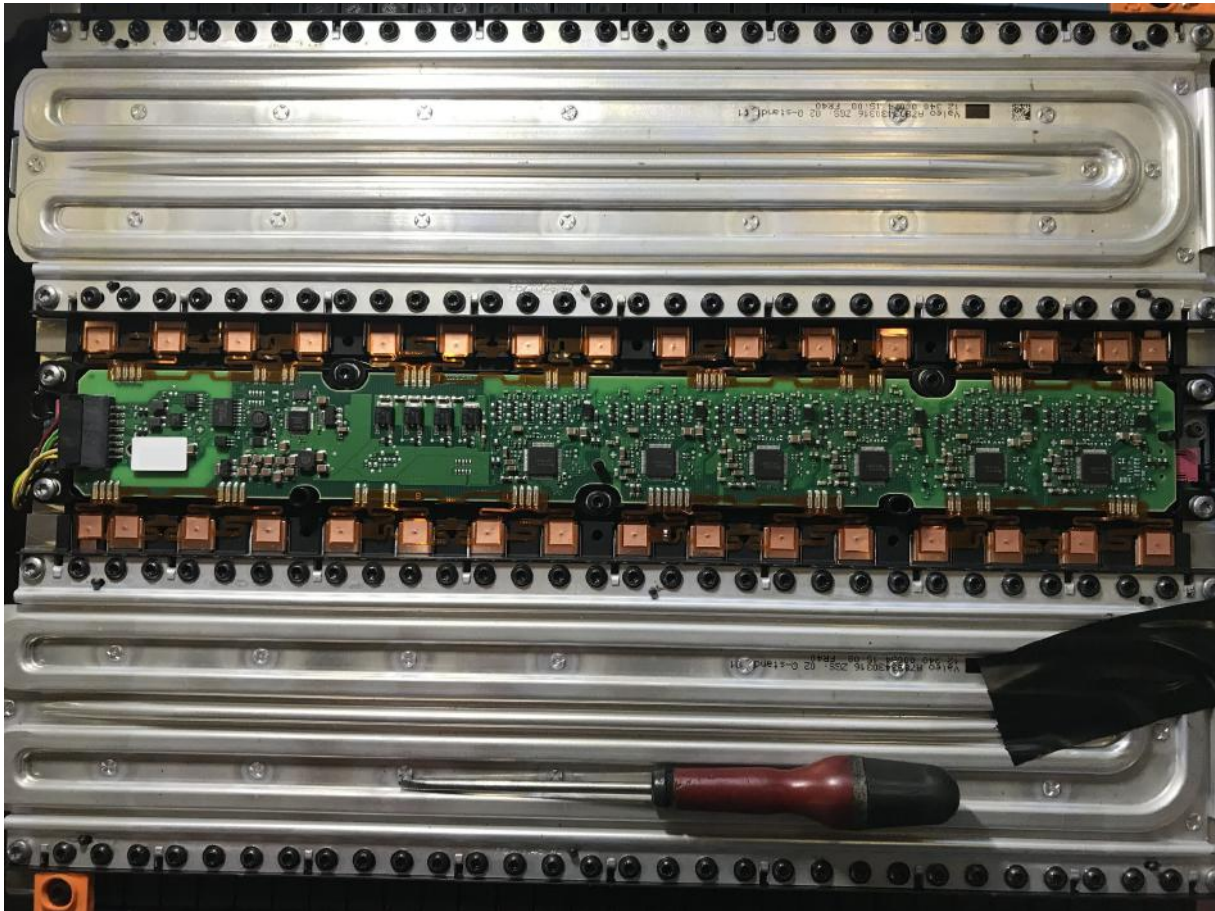
Hogy jobban értsétek, mit láttok a képeken, megpróbálom elmagyarázni, hogy mi micsoda. Előre szólok, nem lesz könnyű történet... Szóval az első nagy képen 3 teljesen különálló akku csomagot (angolul *pack*) lehet látni. Egy akkucsomag akku-cellákból (angolul *cell*) áll. Ezek általában nem cserélhetők egyesével, csak a csomagok, ezért hívjuk máshogy. Szóval a felső képen látható három akkucsomagot egy-egy ferde szürke sín köti össze, két végén narancs műa. védősapkával, hogy ne lehessen véletlenül se megérinteni a csavarjait. A sínek rengeteg kanyar után a jobb oldali fotón szereplő nagyfeszültségű csatlakozóba futnak be, a mellette lévő 2 db relén (vagy szakszerűbb nevén *kontaktor*-on) keresztül. Ezek áramtalanítják az akku kivezetéseit mindaddig, amíg az elektronika le nem ellenőríz mindent, és rendben nem találja az összes csatlakozást és áramkört. A másik védelmi elem a csatlakozó felett szintén fekete burkolat alatt lévő nagyfeszültségű biztosíték; ez a kerek műanyag csavarvédő patentek között fekszik. A bal oldali képen pedig láthatjuk az „agyat”, ami dönt életről és halálról, legalábbis a mi történetünkben valószínűleg abban lesz a főszerep. De ne rohanjunk előre...

Maguk az akkumulátor-cellák vízhűtéssel (ill. fűtéssel) rendelkeznek, ennek szerkezetét az alábbi ábra mutatja meg; ezen jól kivehető a 3 akkupakk elkülönülése is:



A középső vízhűtés csonkon bejön a víz, majd háromfelé ágazik. Az akkupakkok közepén vannak a BMS (*Battery Management System*), azaz az akkumulátor felügyeleti rendszer mérő paneljei; ezeket két oldalról egy-egy hűtő-fűtő panel veszi körül, melyek sorba vannak kötve. A kép bal alsó sarkában, a másik vízhűtés-csonk felett van egy vízhőfok-érzékelő; középen pedig girbe-gurbán fut az a párhuzamos vezetékezés, amivel a három akkupakk a központi BMS vezérlőre van kötve. Az akkupakk celláinak számán jót vitatkoztunk; a csavarok alapján 32 cellának kellett volna lennie, oldalról a műanyag idomok szerint viszont 30 cella látszott. Az elektromos csatlakozások – és a mérő-chipek lehallgatott adatai – alapján azonban biztos, hogy 31 cellás egy-egy pakk, azaz 3x31 lítium cella hajtja a *Smart ForTwo 2012*-es járgányt, 280V és 380V közötti feszültségről.

Egy teljes 31 cellás akkupakk így néz ki felülről a vízhűtés két csőkiágásával, ill. a BMS cella-mérő elektronikájának fekete burkolata nélkül, egy nem igazán fotogén csavarhúzóval érzékeltetve a méreteket:



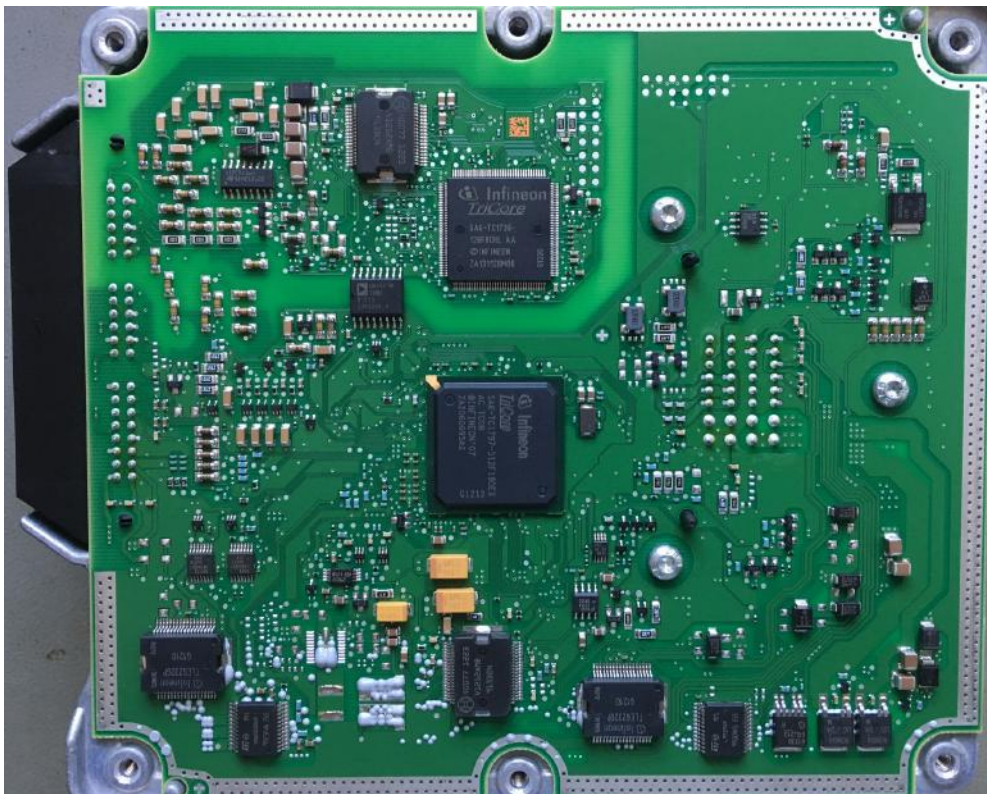
Az elektronika 3 fő részből áll: a jobb oldalon katonás rendben sorakozik 6 db BMS chip; ezek a *Texas Instruments bq76PL536A* típusú chipjei. Egy-egy chip 6 cellát tudna felügyelni, azaz összesen 36 db-ot, de csak 31 van kihasználva. Ezek a chippek trükkös módon egymással beszélgetnek, hiszen 6 cellával „odébb” már jó 25V-al nagyobb feszültségen van minden. Így a panel jobb és bal sarka között bizony már 150V van, így nagyon észnél kell lenni, amikor az ember tapogatja vagy méregeti a paneleket.

A panel közepén van 4 db DPAK tokozású mezei tranzisztor. A szerepük nagyon érdekes, így külön is mesélnék róluk. Az elektronikában kb. a 36V az a lélektani határ, amíg „könnyű” egy chipet gyártani. Lehet persze nagyobb feszültségű chipeket is csinálni; pl. 60V-ig működő tápegység-chip van a panel bal alsó sarkában. De 31 akkucella akkor is 150V-os lehet max., így valamit kell csinálni ezzel a feszültséggel, hogy össze lehessen a kettőt kötni valahogy. Nos, ez a 4 tranzisztor úgy van sorba kötve, hogy mindegyik kb. 20-25V-ot csökkent ezen a feszültségen. Így az akkuk 150V-os feszültségét 50-55V-ra lecsökkentve már elő lehet állítani a bal oldalon lévő *Freescale (ex-NXP) MC9S12G128* típusú 16 bites, 128 kByte kódmemóriás processzor tápfeszültségét, ami aztán CAN buszon kommunikál a BMS vezérlővel.

Itt a kommunikálás nem holmi „Szia, hogy vagy?” kaliberű történet... Mivel a probléma az volt, hogy az akku letiltott, logikus(nak tűnt) az a feltételezés, hogy a BMS chippek tárolják a hibakódot a lemerült akkucellával kapcsolatban, hiszen pont ez a dolguk a *TI bq76PL536A* típusú chipjeinek. Lehallgatva a kommunikációt, döbbenetes hangzavar fogadott: induláskor az első 30 msec (a másodperc harmincad része) alatt 567 byte-os adatátvitel zajlott a chippek között, majd utána másodpercenként 20-szor (50 msec-enként) további 230 byte. Ebben volt pl. mind a 31 akkucella összes feszültség-adata, plusz a hőmérséklet-jeladók által mért adat. De a hibakód sajnos nem lett meg; érdekes mód azt mégsem a BMS chip tárolta. De vajon ki?

Mielőtt tovább lépnék a történetben, még egy kis kitérőt teszek; mert nem én lennék én, ha nem kavarnám meg teljesen a kedves olvasót! Szóval mint már említettem, a fenti elektronika 3 fő részből áll: a BMS chipekből, a nagyfeszültségű tápegységből és processzorból, és egy csomó apró kis alkatrészből a BMS chipek felett. Ezeket hívja a szakma balanszó (balancer) áramkörnek. Ez az akku-menedzsment alfája és omegája, ez a lényeg, a *Szent Grál*, amelyet nem szabad nem ismerni! Minden cellából álló akkupakk halála a cellák „elmászása”: mivel lehetetlen teljesen azonos cellákat gyártani; de még ha lehetne is, akkor is lehetetlen olyan akkupakk-geometriát csinálni, hogy a szélső cellák ne máshogy melegedjenek és hűljenek, és így máris van egy picit eltérés a cellák között. Ez a kis eltérés aztán a töltési-kisütési ciklusok során egyre nagyobb lesz, míg végül a leggyengébb cella megadja magát. Ez ellen egyetlen egy védelem van: a cellákat folyamatosan, töltéskor-álláskor-kisütéskor ki kell egyenlíteni, legtöbbször a „fűnyíró” módszerrel, azaz amelyeknek magasabb lenne a feszültsége, mint a társainak, azt egy picit méretű, de nagy értékű ellenállással rövidre zárják, és merítik, hogy ne lógjon ki a többtől. Minél nagyobb árammal tud egy balanszó elektronika dolgozni, annál hatékonyabb; viszont annál jobban melegszik és annál több villany megy veszendőbe. Így ez az akkumulátor-fejlesztés egyik „Achilles-sarka”. A villámtöltéshez ugyanis az kellene, hogy a balanszó áramkör is gyorsan és nagy árammal dolgozzon, miközben minden más affelé mutat, hogy ez legyen kicsi. (melegedés, ár, bonyolultság) Ezért vannak olyan autó-típusok, amelyeknél nem gond, ha mindig villámtöltve vannak; más autóknál meg a használati utasítás külön kihangsúlyozza, hogy lehetőleg kerüljük a folyamatos villámtöltést, és inkább lassan, a 230V-ról működő otthoni töltővel töltjük. Az egyszerű elektromos-autó tulajdonos pedig egy idő után úgy meg lesz zavarodva, mint vasorrú bába a mágneses viharban...

Szóval visszatérve az eredeti problémára, a makacsul fennálló és mindent letiltó hibajelre, nem volt mese, szét kellett szedni a fő BMS vezérlőt is – illetve kellett volna... Sajnos ez sem volt túl egyszerű történet. Meglepő módon ugyanis a fő BMS vezérlő tele volt teljesítmény elektronikával, amely miatt a panel masszívan rá volt ragasztva a hűtőbordaként funkcionáló alumínium házára. Azért egy fotót arról is mutatok, amit én láttam:



Hol is kezdjem? A bal felső sarokban van egy külön áramkör, amelyet egy *ST VIPER* táp-IC táplál; ez kifejezetten 250-400V-os tápegységekhez van kifejlesztve, tehát ezt a részt az egész akkumulátor táplálja, és elvileg éjjel-nappal működik. Itt ketyeg egy *Infineon SAK-TC1736-128F80HL* típusú nagyágyú, egy tripla magos 32 bites processzor, 1 MByte program Flash-el, 36 kByte LDRAM, 8 kByte SPRAM, 32 kByte DataFlash, és még három örületen fura memóriával. Keresd meg ebben, hol van az a hibakód, amit ki kellene ütnöd. Azt hiszem, ez kb. annyira lehetetlen, mint megszámolni az égen a csillagokat...

Egy *ADuM1401*-es galvanikus leválasztó IC után jön az összes többi áramkör, ami már a 12V-os akkuról megy. Ennek a közepén ketyeg egy még az előzőnél is nagyobb processzor, egy *Infineon SAK-TC1797-512F180E*, szintén tripla magos 32 bites processzor, de immár 4 MByte program Flash-el, és fel se sorolom, mennyi egyéb méretű és fajtájú memóriával. 25 éve vagyok a szakmában, de komolyan mondom, vakargatom a fejemet, hogy ezt most hogy is kéne értenem? Nem túlzok: egy békebeli 286-os számítógép, amelyen már szépen elfutott a *Windows 3.11*, vagy akár a *Windows 95* is, kevesebbet tud, mint ezek a nagyágyúk! Persze a remény hal meg utoljára, azért csak beleméricskélek, és rövid úton 4 db CAN busz nyomait mérem ki benne, amiből 3 kifelé megy, egy meg befelé, a korábban bemutatott BMS panelek irányába. Na, itt adtam fel, kész, vége...

Csak úgy érdekességképpen, a panelen van még 6 db többcsatornás meghajtó áramkör is, amivel pl. reléket tud kapcsolni a panel. Egy eCar karosszériája alatt a nagyfeszültség többfelé is elágazik, a klíma-kompresszortól kezdve az akku-fűtő egységen át a töltőig, inverterig. Így ennek megfelelően nagyfeszültségű relék (azaz kontaktorok) sora van eldugva itt-ott, hogy az egyes áramköröket ki-be kapcsolja. Ezek a vezérlésüket erről a kis panelről kapják. Annyira egyedi alkatrészek vannak benne, hogy esélyem sincs megérteni; pl. a „*BOSCH 40077*” is egy tipikus szerelő-szivató alkatrész: egy elvileg „átlagos” IC-t a *BOSCH* úgy rendelt meg annak gyártójától, hogy nem az alkatrész eredeti típusjelzését írták rá, hanem egy *BOSCH* cikkszám szerepel rajta. Kínából még csak-csak tudnék ilyen IC-t szerezni, de az adatlapja hétpecsétes titok, anélkül meg azt sem tudom, mit csinál pontosan; csak tippelgetek. Anno a *Hewlett Packard* (HP) fejlesztette tökélyre ezt az elmebeteg technikát, láttam tőlük több olyan átlagos panelt, amin még a 20-50 Ft-os IC-ken is csak egy idióta 1234-1234 formátumú jelzés volt. És innentől fogva azonnal kuka a panel, szerelő azzal nem tud mit kezdeni az anyázáson kívül...

Szóval akkor ezúton tétetik közhírré, hogy újfent segítségre szorulok: Tudja valaki, hol és melyik CAN buszon és milyen paranccsal lehet kiütni az alábbi hibaüzenetet (*P18051C*)?

DTCs	Description	Status
P18051C	The hardware monitoring function has detected	Current and stored

Verzió: 1.00, 2018-03-28, Tata

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