

Renault ZOE (Pre)Charger, avagy a masszív fejfájás garantált!

Bár ez a hét álmosan indult, de aztán duplán izgalmasan ért véget: előbb rögtön két *Nissan LEAF* töltő esett be, ami elsőre nagyon felzaklatott a konstrukciós hülyeségei miatt, de aztán sikeresen megbékéltem velük, és a végére már tetszettek is; elvileg már javítani is tudom, legalábbis most tesztelik az elsőt. Aztán rögtön bejött két *Renault ZOE* töltő is, aminél dettó megisméltődött ez az érzelmi hullámvasút; kezdtem már azt hinni magamról, hogy *Alejandro* vagyok valamelyik spanyol szappanoperából, aki folyton jelenetet rendez minden kis apróság miatt. Mentségemre szóljon, soha még ennyire nem vártam elektronikát javításra, mint ezt, és egyetlen elektronika sem okozott még ennyi agymunkát, mint a spanyol *NAGARES* cég műve.

Hol is kezdjem el a történetet, hogy megértsétek, miért jön ki belőlem a hisztis p*csa egy fémdoboz miatt? A fedélzeti töltő elég karakteres elektronika, valahol szinte mind ugyanaz: a legtöbb 3.3 kW-os, ill. mostanában jönnek be hozzám a 6.6 kW-os példányok, amik sokszor csak két 3.3 kW-osból vannak ikresítve. Aztán van a Teslák 11 kW-os töltője, amit ha szintén ikresítenek, akkor lesz pont 22 kW, ami pl. *Smart ForTwo*-hoz opcióként rendelhető, svájci *BRUSA* cég által gyártott OBC teljesítménye. Ezekről mind írtam korábban; amit nem írtam le, hogy pl. egy 22 kW-os *BRUSA* töltő 6.000 USD, azaz potom 1,7 millió Ft. Ezekhez képest ürtechnikának tűnik a *ZOE* töltője, amely rögtön 43 kW-os, magasan übereli az összes többit; és amit majdnem a lábamra ejtettem, amikor átvételkor a tulajdonosa mondta, hogy képzeljem csak el, hogy egy ilyen töltő 600.000,- Ft-ba kerül! Meglepődtem, nem tagadom; de nem úgy, ahogy ő gondolta: én azt hittem, hogy a súlya és tudása alapján egy 2-2,5 milliós cuccot tartok a kezemben. Úgy néztem rá pár hosszú másodpercig, mint egy meghasonlott pszichiáter, aki épp azt akarja magában eldönteni, hogy most a betege örült meg, vagy ő maga?

A dolog magyarázata az, hogy amikor először hallottam a *ZOE* 43 kW-os töltéséről, én egy örült módjára szabadultam rá az Internetre, és begyűjtöttem pár szabadalmi leírást és rengeteg tudományos cikket; némelyiken az irodalomjegyzék 73 tételes volt. Ezekben leírtak nyolcféle töltő-architektúrát, melyek alkalmasak voltak 22–43 kW-os töltésre; ezek között szerepelt öt, hat és kilenc fázisú konstrukció is, így nem az volt nekem a kérdés, hogy megoldható-e egy ilyen töltő, hanem hogy pontosan melyiket is valósíthatták meg? Nos, lelövöm a poént, a *ZOE* megoldása a tizedik verzió, miután még tegnap este is találtam egy 9. szabadalmat. Szóval ez a téma kb. akkora, hogy akadémiai székfoglalót tudnék róla tartani, így vagyok a bajban most, hogy ebből mit magyarázzak el és hogyan, hogy az érdekes is, de érthető is maradjon?

Alapvetően a következő a probléma a töltőkkel: bejön az egy vagy három fázisú váltakozó áram, aminek az előjele is, és a feszültsége is pillanatról-pillanatra változik. Ebből kell stabil és pontos egyenáramot csinálni, ami úgy néz ki az oszcilloszkópon, mint a halott ember EKG-je. Hogy a feladat még nehezebb legyen, vannak EMI/EMC előírások és ún. felharmonikus-tartalom limitek, azaz a bejövő szinuszfüggvény alakú feszültséghez szintén szinuszos áram kell, hogy társuljon. Ezért amikor a bejövő feszültség mondjuk 5-250V között van, bravúros trükkökkel kell „kiszívni” az áramot a konnektorból; amikor meg 250-325V között van, akkor meg vissza kell tartani, hogy ne folyják ki nyakló nélkül. Igen, 325 V-ot írtam; a bejövő 230V effektív feszültségnek ugyanis 325V a csúcserőértéke; három fázisú rendszerben pedig a 230V-os fázisfeszültséghez 400VAC vonali feszültség tartozik, mivel az egymáshoz képest 120 fokkal álló feszültségvektorok csúcsa között ennyi van; ehhez 565V-os csúcshőfeszültség társul.

Bonyis mi? Megsúgom, elég régóta vagyok a szakmában, és a szaktársaim jelentős része úgy van a háromfázisú rendszerekkel, mint a mágia legmagasabb fokával. Vizuálisan, vektor-szemlélet nélkül kb. követhetetlen, hogyan működik pontosan, így vigasztaljon mindenkit az a tudat, hogy nincs egyedül, amikor nehezen érti. Szóval hogy még mélyebbre evezzek, kell egy energiatároló egység mindhárom fázisra, amely képes a szinuszfüggvény csúcsain az energiát betárolni, hogy áthidalja a hullámvölgyeket. Erre szinte kizárólag induktivitásokat használtak, amik nagy hátránya, hogy minél nagyobb a betárolandó energia, annál nagyobb és drágább az energiatároló tekercs is, amely ma már méregdrága réz drótokból, és az üveg törékenységet is felülmúló ferritből (fémporból) áll. Tehát a 3,3 kW-ról a 22 kW-ra ugrani gazdaságilag sem egy könnyű váltás, és a fedélzeti töltő mérete is extrém módon megnő. Ki kellett valami nagy okosságot találni a probléma áthidalására. Annak a 10 megoldásnak, amiket én már ismerek, egy közös pontja van: rájöttek, hogy minden elektromos autóban van egy villanymotor is, ami nem csak hogy nagy és nehéz, és van benne rengeteg rézvezeték is a sok vas mellett; így bőségesen több annál, mint ami a fedélzeti töltőhöz kellene az AC/DC átalakításhoz. Ergó használjuk ki a villanymotort, hiszen töltéskor úgysem megy az autó, a motor nem forog, csak a helyet foglalta eddig. És máris nem 3.3 kW vagy 6.6 kW lehet a töltés teljesítménye, hanem amit a motor elbír; márpedig egy autót hajtó villanymotor 100-150 kW-os; esetenként 500 kW is lehet – darabja! Így játszi könnyedséggel – olcsón, extra súlynövekedés nélkül – meg lehet oldani a 43 kW-os fedélzeti töltést is! Nos, a ZOE töltője már pont ilyen.

A jobb oldali képen fent láthatjuk a ZOE töltőjét, azt a nehéz dobozt, amit majdnem a lábamra ejtettem az árát megtudva. A felénk eső szürke (a valóságban narancssárga) csatlakozón jön be a háromfázisú 400V-os ipari áram, ahogy mifelénk hívják. Mögötte a klíma hőszivattyújának a narancssárga nagyfesz. csatlakozója látható, aztán a fekete/szürke vezérlőjeles csatik. A 4 csavarral rögzített szögletes fémlemez mögött pedig a klíma 2 db 40A-es biztosítékja van, kívülről könnyen cserélhető módon. A középső kisebb dobozka az alul lévő motoregység invertere, és ez a töltő is egyben; innen megy 3 vastag, fehér közepű kábel a motorra. És akinek éles a szeme, kiszúrja a negyediket a három mellett... Ez lesz a mai írásom lényege, ez a negyedik vezeték! (A merőlegesen kiálló csak vezérlőkábel.)



A dobozka túloldalán a jobb szélső csatlakozóba megy ez a mágikus, 4. kábel, a „Neutral” vagyis a csillagponti csatlakozó. Középen az inverterre menő akkufeszültség van, ami a bal szélső párjáról jön, ahova az akku csatlakozik. A középső, ovális csatlakozó meg egy vakdugó: semmit sem csinál, csak van...



Gondolom feltűnt, hogy a ZOE 66 vagy 80 kW-os motorjához tartozó inverter (középső doboz) feleakkora sincs, mint a kisebb teljesítményű, 43 kW-os fedélzeti töltő; a magyarázat az, hogy az inverternek nem kellene energiatároló egységek, míg a töltőnek igen. Ennyire sokat számít az, amiről az oldal teteje óta karattyolok. Ráadásul megint előre szaladva azt is elárulom, hogy a felső töltő még nem is a töltő, csak az előtöltő-egység; itt az inverter a töltő!

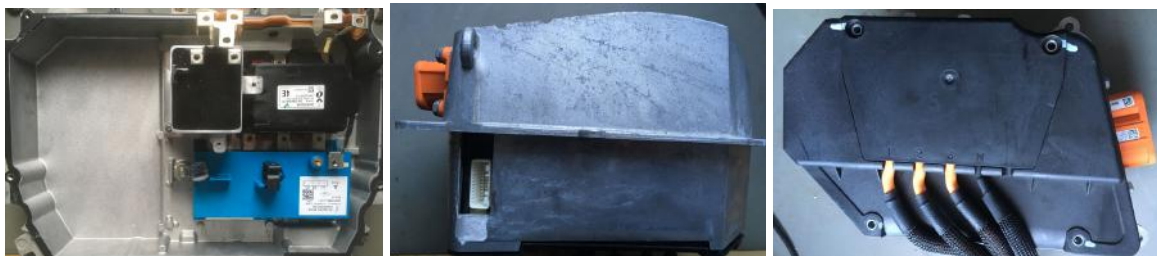
Érzitek már Ti is az *Alejandro*-feelinget? Még semmit nem mondtam magáról a töltőről, egy fotót sem raktam még ki, de már tuti mennének a kávéért, hogy követni lehessen engem...



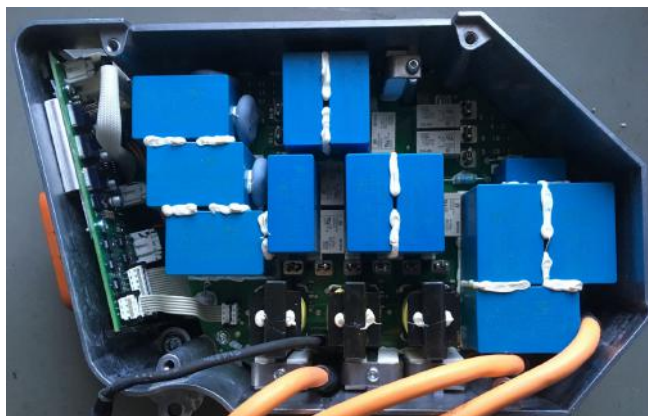
A legfelső fedelet leszedve rángógörccs állt az arcizmaimba, amikor megláttam ezt a kábel-dzsungelt. Már itt eldöntöttem, hogy ez a töltőt én utálom: nem vagyok hajlandó ennyi sz*rt kitermelni a helyéről! Aztán persze a kíváncsiság győzött, szépen szakszerűen lebontottam az összes csatlakozót és kábelt, hogy belássak alá; lett egy vödör alkatrész és két deci csavar. Na, mindjárt szebb:



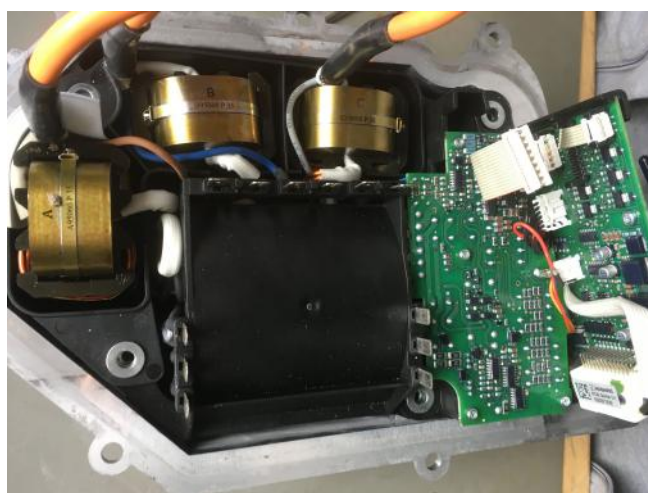
Most férek hozzá ahhoz a 4 csavarhoz, ami összekötötte a doboz aljára süllyesztett síneket és a bal oldali, kívülről megkezdhetetlen dobozt. Ekkor már nem csak az arcom rángatott az idegtől, hanem kb. minden. Elképzeli nem tudjátok, mekkora szívás egy ilyen szinten rosszul összerakott készüléket szétszedni, minden egyes csavart, vezetéket memorizálni, hogy melyik hova megy majd vissza. A kitermelt vezetékek már kisebb kazalban állnak. Az eredmény:



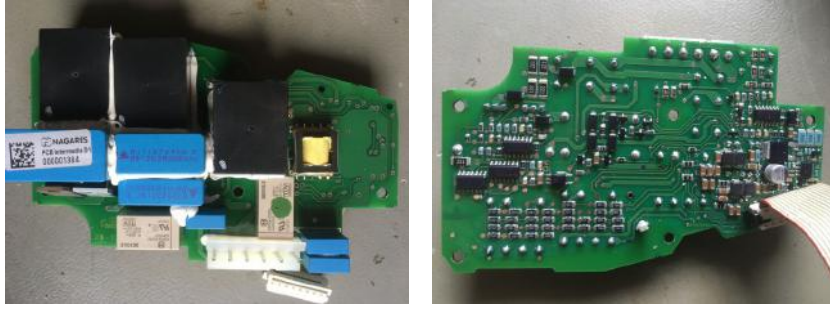
Amit látunk: egy teknő, benne egy kék, 3 fázisú kondenzátor, $3 \cdot 100 \mu\text{F}$ kapacitással, egy $93 \mu\text{H} / 165$ Amperes induktivitás, és egy jellegtelen, fekete dobozka, oldalán tele csatlakozóval. Az üres helyen pedig egy hatalmas és döngéhez alumínium „izé”, aminek se párhuzamos oldal-lapjai, se sík felületei, se hűtése nincs. Ez utóbbi zavart leginkább: 43 kW hűtetlenül???



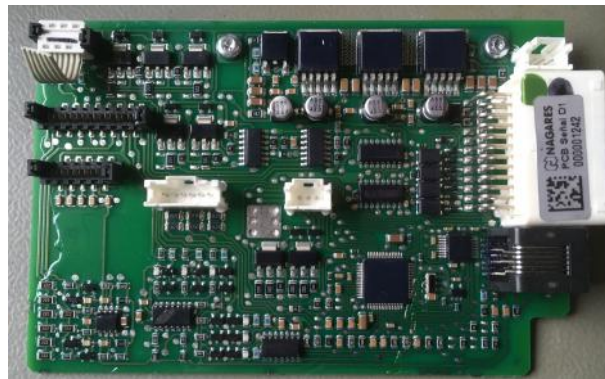
Azt rögtön látom, hogy ez egy EMI/EMC szűrőkör; bár van rajta 6 db relé, de azok csak 5A-es darabok, tehát kb. semmit sem csinálnak egy 3*63A-es töltőben. Elolvadnának ekkora áramtól. Szedném is ki a panelt, amikor látom a bal alsó sarokban a 6 eres szürke szalagkábel végén a csatlakozót: korábbi szervizes múltamból régi ismerősként üdvözlöm a valaha kitalált legrosszabb és leggagyibb csatlakozót! Erre nincsenek szavak, ezt látni kell; *Alejandro*-énem megint hisztériás rohamot kap. Ez a csatlakozótípus arról híres, hogy SMD ültetik, és U alakú törékeny villája tartja a rém gagyfi fehér dugóját. Először összedugni egy pillanat műve: egy kattánás, és kész! De szétszedni? Ha megpróbálsz a fehér csatlakozót kihúzni, letépődik az egész csatlakozó a panelről; az ónnal és a forrszettel együtt szakad le, ahogy azt elődöm is megjárta, aki megpróbálta szétszedni az egyik ZOE töltőt. Láttam, hogy már csak az imádság tartja ezt is. De ha a villát próbálsz szétfeszíteni, rögtön eltörik. Ez a csatlakozó a szervizesek rémálma! A *Mouser.com*-on (egy alkatrész-kereskedő cég) 1,6 millió fajta (!) csatlakozó van; de ide pont azt az egyet kellett felrakni, ami garantáltan a legszarabb! Alatta meg ott van még kettő; azok mivel hosszabbak, kevésbé tépődnek le, de a 6–10 pólusú kb. 10-ből 9-szer. Itt egy biztonságos megoldás van: szalagkábelt elvágni, panelt kiszedni, asztalon leforrasztani a csatlakozót kábelestől, és felforrasztani rá egy újat. És ezt minden egyes széthúzásnál... Örök átkom sújtsa azt az elmeroggyantat, aki ezt valaha is kitalálta vagy felhasználta!



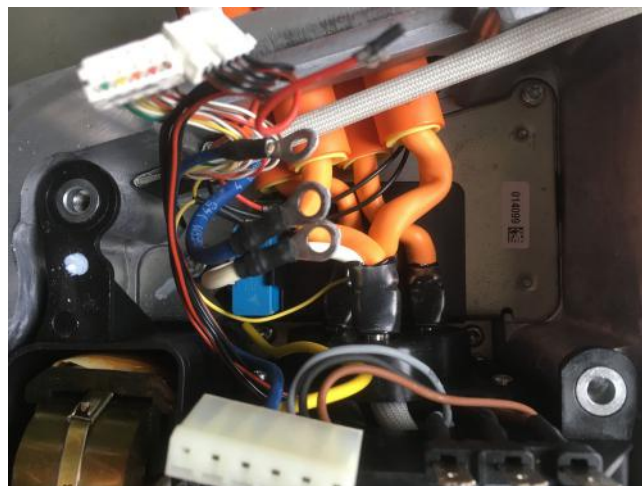
Leszedtem az EMI/EMC filter panelt, amit látok, az kezd gyanús lenni: az egész dobozban kb. nincs semmi. 3 db 63A-es fojtó kb. a doboz harmadát elfoglalja, a középső fekete henger még két toroid fojtót tartalmaz, szintén csak a 63A miatt akkora, amekkora. A paneleken meg semmi teljesítmény félvezető nincs. Az egészen seholy egy márkanév, minden gagyfi hatású, még a fehér csatlakozó lábai is teljesen görbék. Újabb küzdelem a gagyfi csatlakozókkal, és a két panelt végre ki tudom bányászni a helyükről, hogy lássam, mit csinálhatnak.



Újabb két bolha-relé, a három fekete kocka meg súlya alapján sima NYÁK-trafó; kinézetre ez egy három fázisú szuper-occó tápegység. Itt vannak a fázisfeszültségek mérő-ellenállásai is, mert kinyomozom, hogy a hatpólusú, fehér csatlakozóba egyenesen a bejövő 3 fázis megy.

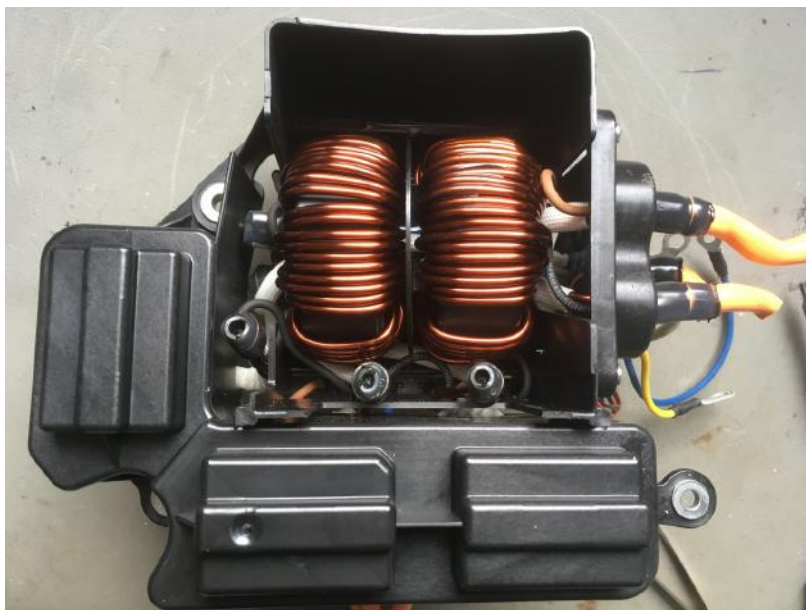
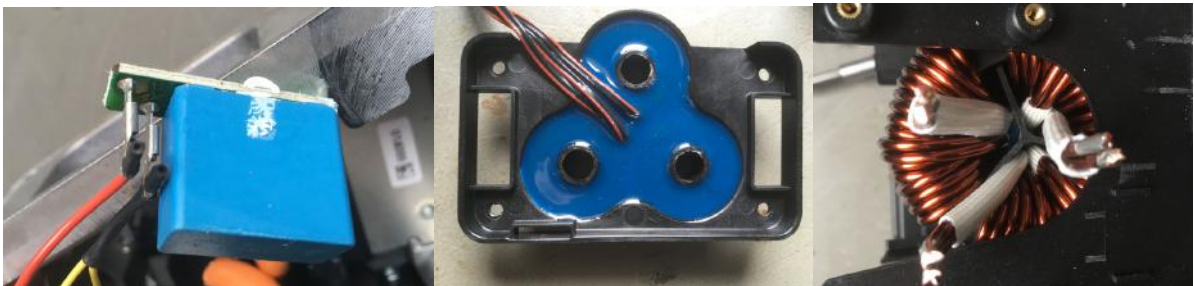


A függőlegesen álló panel (bal felső sarokban az elátkozott csatival) már érdekesebb: egy dsPIC jelfeldolgozó processzor van rajta, és felette 2 db LVDS adó-vevő IC; ilyenekkel a nagy sebességű adatokat szokták utaztatni zajos környezetben. Nem vitás, a panelt átvizsgálva ez csak egy kis mérő-panel; méri a három bemenő feszültséget és a három bemenő áramot – meg a negyediket. És ezeket a fehér csatlakozón át átküldi a teknőben lévő fekete dobozának. Nofene, abban lenne a trükk? Amit még kiszúrok, a négyszögletű processzortól jobbra egy RS232 IC, mellette 6 pólusú telefon-ajzat, amin keresztül diagnosztikai információkat lehetne kinyerni. De hol vannak az árammérők? Merthogy vannak, az tuti... Ásnék tovább, de egyre nagyobb a káosz: sokszögletű műanyag állványon újabb kis panelke, már messziről látszik, hogy az előtöltő (PreCharge) áramkör, ami bekapcsoláskor csillapítja az áramlökést. Kiszedve a cetlijét is megerősít: 2 db 48A-es relé zár rövidre 3 db 33 Ω-os ellenállást. Alatta viszont már kritikus szintre jut a káosz:



Alul látok egy trapéz alakú fémlemezt, tíz eres szalagkábel jön ki alóla, így tudnom kell, mi van alatta; ráadásul az egyik 63A-es vezeték éles kanyarral eltűnik a fémlemez közepén. Itt már minden egybe van gyógyítva, se csavar, se forrasztási pont, csak rásajtolt fémgyűrű ónnal kiöntve, aztán zselés zsugorcsovel leszigetelve, hogy még leszedni sem lehet. *Alejandro*-énem folyamatosan anyázik: az elsőként szétkapott ZOE töltőben eredetileg a kék, 3*100 μ F-os kondenzátor robbant fel, amit megpróbáltak ugyan kiváltani más megoldással, de nem lett túl sikeres; ennek lett letépve az übergagyai csatlakozója is. Ráadásul ez szivárgó-áram hibát jelez, amihez tudnom **KELL**, hogy néz ki belülről. És itt már nem tudom tovább szépen szétszedni, ezt már csak a dinamit bontja, vagy az erővágó. Gyors telefon a tulajnak, áldását adja a bontáshoz. Mit tagadjam, ennyi szívás után olyan élvezettel vágtam át a narancssárga drótokat, mintha csak a torkát vágtam volna el annak, aki ilyen konstrukciót kitalált...

Egyesével bontom ki a részegységeket. Elsőnek egy kisujj méretű panelen találok egy kék kondenzátort, két „vámpr” csatlakozóval megpatkolt dróttal. Ordít róla, hogy ezt kifejejtették a tervezésből, de kell oda; hogy a francba ne kellene az oda, amikor két egy eres jelvezeték a 4*63A-es betáp mellett fut árnyékolás nélkül? Persze, hogy zajos volt! Semmi szigetelés rajta, „ezt úgysem fogják látni” mentalitás. Bravó! Aztán megtalálom a primer áramváltót is; rém egyszerű és olcsó konstrukció: 3 ferritgyűrűn átfűzik a 3 fázis vezetékét, tekernek rá vékony vezetékéből pár tíz menetet, és máris kész az áramváltó. Ez még kap egy kis kék műgyantát, és íme a filléres szenzor. Aztán ki tudom végre termelni a torroid fojtókat is; sima EMI/EMC filter, minden készülékben ugyanilyen van, csak ez egy kicsit (sokkal) nagyobb. És erre megy az elsőként kiszedett EMI/EMC panel rengeteg kék kondenzátora.



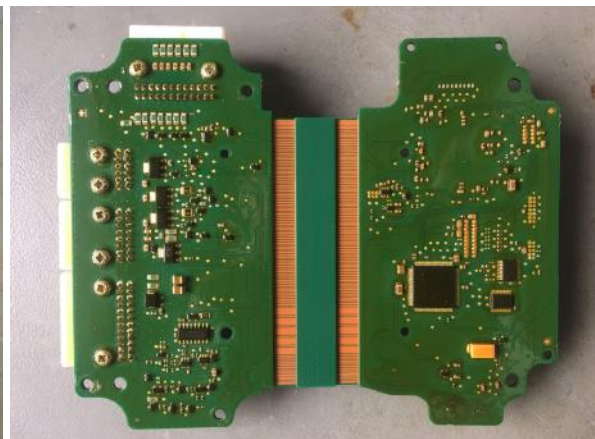
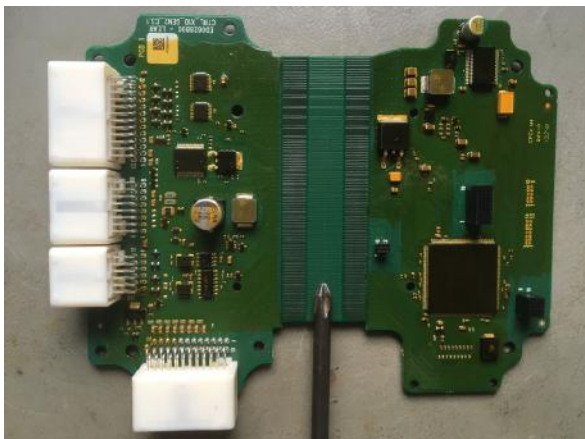
Már csak a trapéz lemezkém van hátra; semmi sem volt a dobozban, ami érdekes lenne...



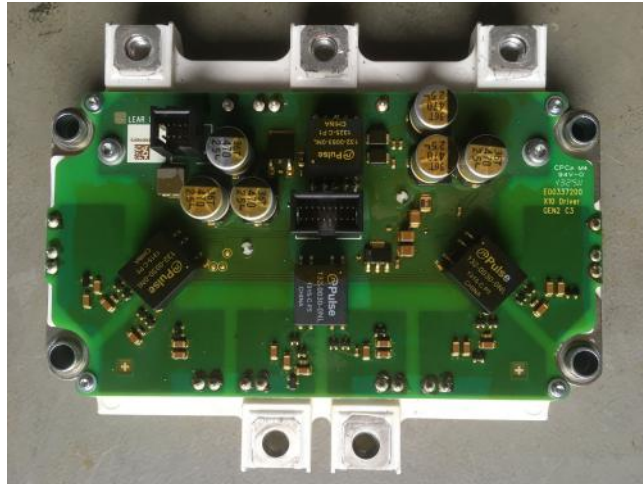
Akárhogy is nézem, ez egy 3 mΩ-os sönt, ami a negyedik 63A-es vezeték áramát méri. És háromszor is megnézem, hogy jól látok-e, de a vezeték áramát egyenesen a töltő fém házára vezeti! Még most sem tudom eldönteni, hogy ez a földelés vezetéke-e, és akkor ez egy fi-relé akar lenni; vagy a nullavezető áramát méri? Ahhoz látnom kellene a pontos bekötését a csatlakozónak, de felirat semmi, az összes vezeték narancssárga, szóval semmi fogózom nincs ez ügyben. Ráadásul ha fi-relé is, mire megy vele? A dobozban hiába van 10 db relé is, abból 8 db 5A-es jel-relé; a 2 db 48A-es relé pedig pici is (63A-es kellene), és 3 db kellene, hogy ha hiba van, áramtalanítani tudja az egységet. Hosszú percekig bután nézek ki a fejből, nem értem a dolgot. Egy órája szedem szét csak ezt az egy egységet, és ez bizony semmi más, mint egy EMI/EMC filter, megspékelve egy feszültség- és árammérő panellel. Semmi okosság, se félvezető, se kapcsolóelem, se megszakító kontaktor. Nagyon leegyszerűsítve ez 4 db drót, pont annyi, amennyi kijön belőle; ezért nem kellett rá vízűtés sem. Nem értem ezt a töltőt, és ez egy nagyon megalázó érzés nekem...

Te szent ég; 7 oldalnál tartok, és végig vakvágányon mentem, magammal rántva a kedves mazochista olvasóimat... Nincs mese, ma dupla napot tartunk, dupla oldalszámmal. Aki akar egy kis szünetet, most főzzön le egy kávét, vagy tegye el holnapra a másik felét a szövegnek.

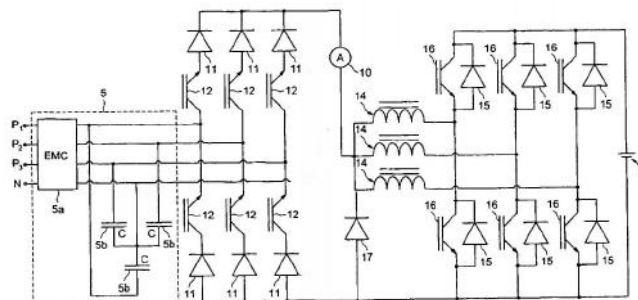
Míg lefőtt egy kávé, én is kibányásztam a fekete kockát a nagy fém tepsiből, és atomjaira döntöttem. Két részből áll: a fenekén van egy IGBT modul a paneljével, ami dugaszolós rendszerű, és pár mozdulattal leszedhető a fekete kocka aljáról. A kockában pedig egy NYÁK lemez van – kettéhajtva! Ilyet sem láttam még piaci készülékben, csak a NYÁK gyártóknál a vitrinben.



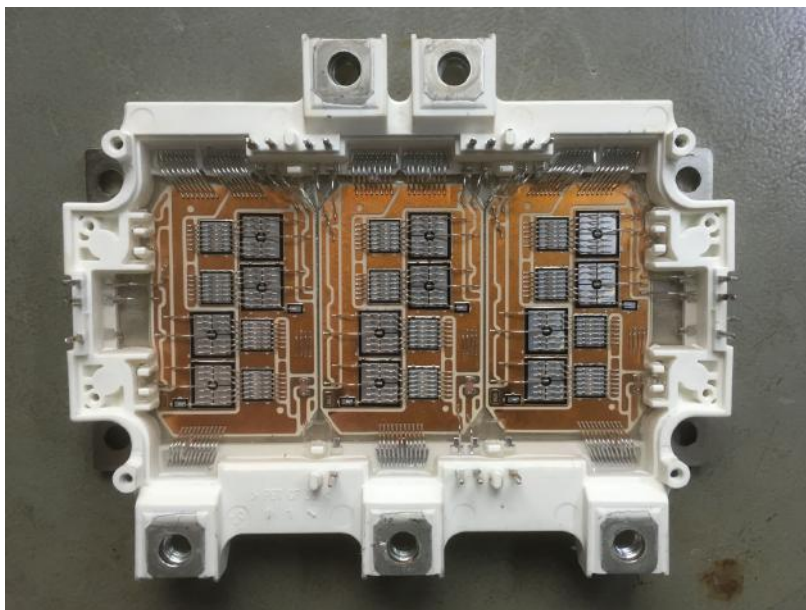
Na, mindjárt megvan a lényeg: egy hatalmas *Infineon TriCore* hárommagos processzor van a panel egyik oldalán, míg a másikon egy *ACTEL ProASIC 3 (A3P125-VQ100)* FPGA pihen 125.000 kapuval; ez a két félvezető kb. egy őrálomás vezérlésére is elég lenne. Az FPGA nem lep meg, elvégre a másik modulban, a *dsPIC* melletti LVDS meghajtókból kb. sejteni lehetett, hogy FPGA fogja fogadni. Alatta az IGBT panelje a szokásos, „semmi extra”, de egy képet azért beteszek róla:



Na, most már csak egy dolgot kellene tudnom: hogy működik ez az egész? Mint mondtam, nem nulla előképzettséggel vártam ezt a ZOE töltőt, mert akkor tuti beletörött volna a fogam! Így megúsztam egy nap masszív fejfájással, ami a sok gondolkodás közben kapott el. Mivel a tervezett oldalszám-limitemet már rég túlléptem, kihagyom a logikai okfejtésemet; végülis az alábbihoz hasonló kapcsolása van ennek a töltőnek; ez egy USA szabadalomból származik, amit a *Renault S.A.S.* adott be, én pedig átszerkeszttem, letöröltem róla zavaró részleteket és rátettem hiányzó alkatrészeket; bár egy még így is hiányzik, de arról majd később, szóban.



A kapcsolat működése a következő: középen van az „A” betűs, 10-es számú alkatrész, a bal szélétől odáig tart ez a töltő, amiről eddig beszéltem. Bejön a 3*230/400V a P₁-P₃ és N kapcsokon, belemegy abba az eszetlen alakú fémdobozba, amit feleslegesen szedtem szét (ill. nem volt felesleges, abban is van egy-s-más, ami tönkre mehet.) Ez csak egy EMI/EMC szűrő az elektromos zajok ellen; a rajzon ez az „5a” alkatrész. Utána jön a kék kondenzátor pakk, a benne lévő 3 db 100 µF kondenzátorral, ezek az „5b” alkatrészek a rajzon. Utána jön az IGBT híd, ami az előző képen van. Valójában ez nem egy klasszikus IGBT híd, mert aki jobban ért az elektronikához, az kiszúrhatja, hogy az ún. „flywheel” szabadonfutó diódák nem az IGBT-vel párhuzamosan, hanem SOROSAN vannak kötve. Tehát ez nem más, mint egy sima, 6 utas háromfázisú egyenirányító, ami nagy sebességgel ki-be kapcsolható. Bevallom, én sem láttam még ilyen fura állatot, a *Google* sem talál rá semmit az *Infineon FS200T12A1T4* típusszám alapján, de az IGBT bondolását és huzalozását megnézve nincs kétségem, hogy jól gondolom.



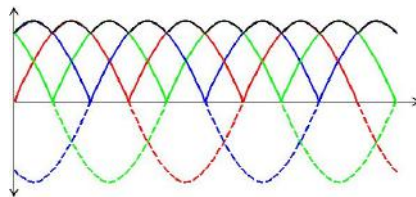
Ha ez a vezérelhető egyenirányító lenne csak, ami a kapcsolási rajzon is szerepel, akkor ez így egy szabványoknak nem megfelelő, magas felharmonikus-tartalommal dolgozó készülék lenne. Ezért van benne még egy nagy trükk! Eddig egy szót sem szóltam arról a $93 \mu\text{H}$ -s, 165 Amperes hatalmas induktivitásról, amely diszkréten megbújik a teknőben, a kék kondi és a fekete IGBT mellett. Nos, az „A” betűvel jelölt helyen ő van egy árammérő után kötve, és az FPGA elektronika úgy dolgozik, hogy PWM-el kapcsolgatja a háromfázisú egyenirányító 3 ágát, és az előttük, a kék kockában lévő 3 db kondenzátorból felváltva „kiszívja” a töltést, így érve el, hogy a három fázis árama is közel szinuszos legyen. Mondhatnám majdnem sikerült; az Interneten találtam egy fórumot, ahol ennek hatékonyságán vitatkoztak, és valaki feltett egy oszcilloszkóp-ábrát, amin nem éppen szép szinusz az áramjel. (Vastag piros a feszültség, vékony piros az áram; a fázistolás meg mérési hiba, nem valós.)



Hogy ne menjen vissza a nagyfrekvenciás jel a hálózat felé, van egy ferrit gyűrű az EMC modulból kijövő 3 vastag vezetéken; rutin dolog az ilyesmi zavarszűrő. De amikor leszedtem, valahogy nehéznek tűnt, így kicsomagoltam a szőrös burkolatából, és meglepve vettem észre, hogy ez is trükkös: nem ferrit van benne, hanem extrém vékonyra hengerelt és feltekercselt hagyományos trafólemezzel, ami gyakorlatilag csak az 50 Hz-es jeleket engedi vissza az EMC modul fele. Cseles...



Amikor szétszedek valamit, mániákusan lemérek mindent, mert nem hiszek a feliratoknak sem. A 3*100 µF-os kondenzátor az egyik ZOE töltőben fel volt robbanva. A másikban nem; de pont ugyanott, amelyik a másikban fel volt robbanva, 3%-al kisebb kapacitású volt. Ennek az az oka, hogy ez a töltő tud egy fázisról is dolgozni, és az meglehetősen szerencsétlen több okból is: részint a 3 kondenzátorból csak egyet használ, a másik kettő üresen pihen. Viszont a háromfázisú áram egyik sajátossága, hogy a 120 fokos feszültségvektorok miatt sohasem lesz nulla feszültség a rendszerben, hanem egy hullámzó burkológörbe lesz a feszültség-minimum. Ezt láthatjuk a fekete görbén, legfelül. Ha azonban valaki egy fázisról tölt, legyen az a piros vonal, akkor látható, hogy az ideális fekete görbéhez képest időnként „V” alakban nulláig megy le és vissza a feszültség. Emiatt annak az egyetlen kondenzátornak jóval nagyobb lesz a terhelése, mint ha három fázisról töltötték volna, és annak egyik fázisát vitte volna csak. Ezért robbanhatott fel az első töltőben a kondenzátor, mert ha jól tippelek, szerintem a tulajdonos sokat töltötte egy fázisról; jóval többször, mint háromról. Szóval aki hasonló cipőben topog, nem ártana átgondolnia, mi olcsóbb: kérni akár 3x20A-t az 1x63A helyett kis költséggel, vagy megvárni a kondi-robbanást?



No, most jutottam el végre oda, hogy mit keres az a bizonyos negyedik vezeték a motoron. Ez az egység, amiről már rekord-hosszan, tíz oldal óta magyarázok, nem más, mint egy három fázisú PFC egység, egy „előtöltő”, amely a hagyományos feszültség-vezérelt PCF fokozatok helyett áram-vezérelt: a hatalmas, 93 µH-s induktivitáson állít elő a konnektor áramleadásától függően max. 130A körüli áramot, ami még közel sem alkalmas az akkumulátor töltésére: sem a feszültség nem megfelelő, sem az áram nem igazán vezérelhető kellően finoman. Ehhez újabb hatalmas induktivitások kellenének, és most jön a képbe a hajtómotor és az inverter: ezt a nagy áramot a hajtómotor három tekercsének egyébként nem is használt csillagpontjába, az ún. Neutral pontba vezetik, akkor az inverter IGBT-fokozatai a motor tekercseit felhasználva könnyedén tudják szabályozni az áramot. A motor eközben nem tud forogni, mert a három tekercsen pontosan azonos áram folyik, talán még kézzel is megforgatható lenne, miközben a 45A-es átfolyó ág-áramok máskor a hegyre is felvinnék az autót, ha csak egy vagy két fázison folya ez az áram. Szimmetrikusan viszont csak melegszik a motor, de nem baj, az a dolga.

Innentől fogva minden klappal: hogy hogyan lehet ennyire olcsó egy 43 kW-os töltő (úgy, hogy ez csak egy áramszabályozó, PFC-szerű elő-töltő, és valójában a motor + inverter páros végzi a meló másik felét); érthető az is, miért robbant fel az egyik, amit utána feláldoztam a kíváncsiságom oltárán. De nem baj; kellenek a pótalkatrészek is, mert az IGBT modul sem kapható, és az EMI/EMC rész kondenzátorai is már rég „obsolete”, azaz megszűnt gyártású alkatrészek. A másodikat elvileg megjavítottam belőle. És aki azt gondolja, hogy ma extra szófosásom volt, azt megnyugtatóan gyorsan, hogy ~160 oldalnyi szabadalmi és tudományos cikkből, ill. 66 fotóból válogattam ki azt a keveset, amivel még pont el tudom magyarázni a lényegét. Szóval ma különösen köszönöm a figyelmet a rém türelmes olvasóimnak!

Verzió: 1.01, 2018-10-28, Tata

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