

BMW I3 REx agybaj, avagy a bosszúság tripla csavarja

Előszó:

Távol álljon tőlem, hogy bárkitől is lopjak, különös tekintettel **Beká-ra**, a „*Szétszedtem*” sorozat szerzőjére, és annak legzseniálisabb alkotására, az „*Építsünk videót!*” című írására, amit elolvashattok a <http://oldradio.tesla.hu/szetszedtem/019videoepites/video.htm> címen. Nem az a célom, hogy a nyomába érjek; pusztán úgy adódott, hogy a szétszedést éjjel kellett megejtenem S.O.S. jelleggel, és az akkor készült fotók mind pocsékok lettek. Így reggel újra kellett fotóznom mindent a fordított irányban – így adta magát a gondolat, hogy klónozzam az ötletét, amiért ezúton is elnézését kérem!

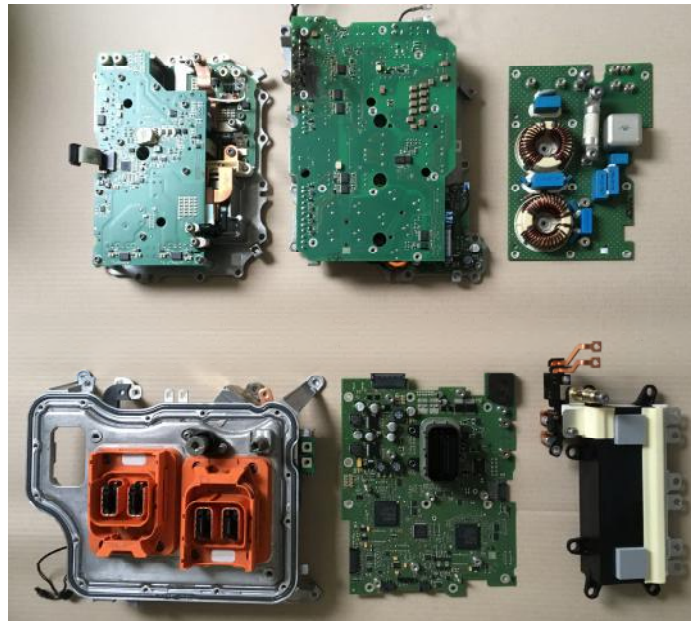
Korábban már olvashattátok az írásomat a *BMW I3 REx* töltő szétszedéséről; a történet kb. annyi, hogy az autó töltéskor 32A-es kismegszakítókat vágott le, így a BMW márkaszerviz – logikusan – a töltő cseréje mellett szavazott. Mivel épp akkor jelent meg a Tesla töltős írásom, a tulajdonos – a szerviz rosszalló fejcsóválása mellett – elhozta hozzám a töltőt, hátha olcsóbb a javítása, mint egy új. Én azonban nem találtam a töltőben semmiféle hibát, ellenben láttam, hogy a bejövő 230VAC továbbmegy valamerre. Így azt üzentem a szerviznek, hogy kövessék le a vezetékét, és szedjék ki nekem a másik töltőegységet, amely tippjeim szerint a 12VDC töltője lett volna. A szervizben – érthető okból – nem fogadták kitörő örömmel, hogy egy vén bolond utasításait kövessék, aki *BMW I3 REx*-et eddig csak parkolóban látott, azt is csak 10 méterről. Pláne, hogy az a bizonyos vezeték egyenesen a motorvezérlőbe futott be, amihez kb. csavarokig szét kellett szedni az autót, leszedni a teljes motort, a motorról lebontani a súlyos Invertert. Morogva bár, de belementek a dologba. Csakhogy mivel már a hiba jelentkezésekor teljesen lemerült volt a nagy akkumulátor, ami a javítás hetei alatt már kritikus szintet öltött, így S.O.S. meg kellett néznem, hogy a igazam volt-e a sejtéseimet illetően. Nos igen; a hiba tényleg az Inverterben volt, és per pillanat nem is tűnik általam javíthatónak. Így míg a csere intéződik, nálam megint elgurult a győgszer...

Építsünk BMW Invertert! © *Beka*®

Első lépésként a sufniból szedjük össze egy csomó alumíniumot, mert különben csak a levegőben lógnak a panelek, és az úgy sehogy sem áll meg; :



Aztán keressünk elektronikákat is, jó bonyolultakat; olyan 5-6 db elég is lesz. Ha picit meg van égve az egyik sarkán, nem probléma, legalább lesz majd miről sokat írnom...



Végezetül a fémépítő készletünkől szedjük ki úgy egy kiló különféle méretű csavart is:

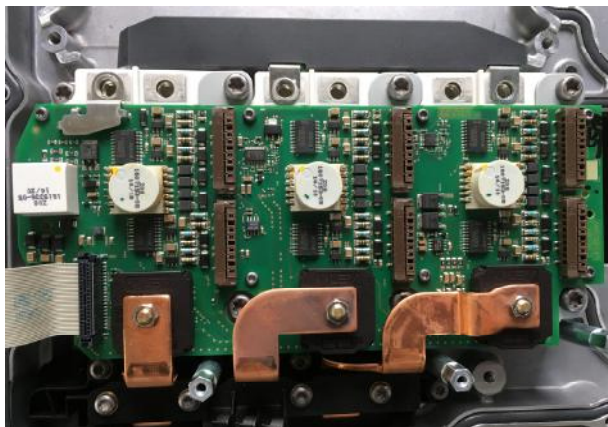


Első lépésként a legnehezebb alu-öntvény keretbe csavarozzunk be 3 db vastag réz sínt, ez megy majd a 125 kW-os hajtómotorra. Mellé még kell 2x6 pici tűske is, amin a hőérzékelők és talán a tachó-jeladó jelei mennek. Nagyon praktikus, ha ez 7+ centire kiáll az öntvényből, mert akkor véletlen sem lehet letenni az asztalra a sérülésveszély miatt, így „ál-lábakat” kell az öntvényre szerelni, hogy egyáltalán megálljon valahogy a később ~35 kilósra hízó kutyud.



Következő lépésként fordítsuk meg az öntvényt és kezdjük belepakolni a végfokot, hiszen azt kell legalulra ásni, hogy jól lehessen hűteni. Erre a célra 3 db *Infineon FS800R07A2E3* egy jó választás, 650V-os, 800A-es áramkapcsolási képességével és 1500W-os disszipációjával.

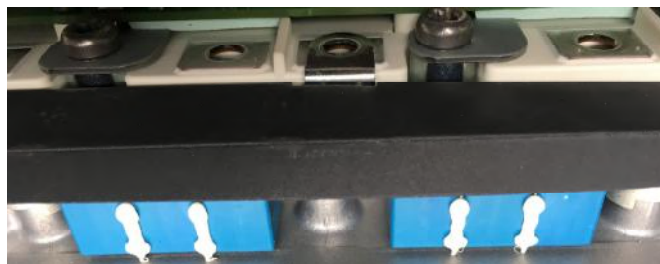
Egy ilyen *HybridPACK*™ tokban 3 db félhíd van, áganként 2-2 IGBT-vel és 2-2 diódával és egy-egy hőérzékelővel. Erre pakoljunk rá egy klasszikus meghajtó áramkört; külön dicséret illeti a BMW-t, hogy a jelek szerint a modulok csatlakozásai nem forrasztottak, hanem csatis kivitel (barna csíkok), így a modulok külön is cserélhetők. Alul a sínek csavarjaira egy-egy 700A-es áramszenzor van rakva. Nevezzük el ezt a panelt *LE125_INV*-nek; tehát ez valóban egy INVERTER!



Fentre egy szép kis kondenzátort kellene berakni, amit biztos, hogy nem kapunk boltban: 475 μ F és 450V, és a kivezetései brutálisak: két hosszú, széles lemez. Mutatom:



Persze ez még még mindig kevés, szóval pakoljunk mellé még a kékekből is úgy hatot:

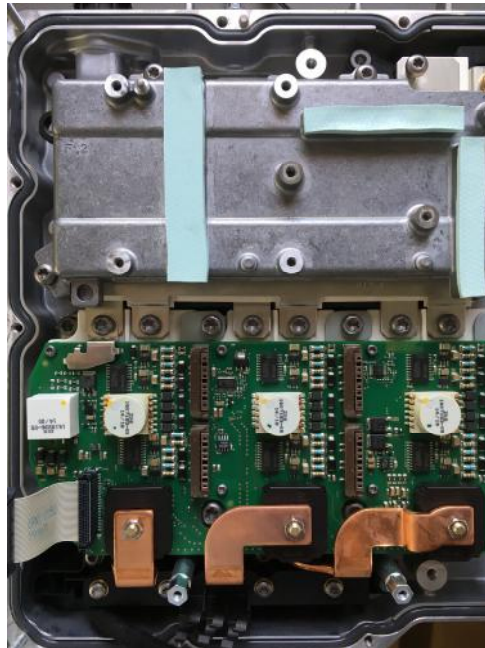


Most már nyugodtan összeszerelhetjük őket, így már garantáltan elég egy lézerágyúhoz is; az mindenestre biztos, hogy a BMW „feeling” bőségesen meglesz! Nem tudom, hiba volt-e vagy feature, de a kondi csavarjai éppen csak nem lötyögtek, olyan lazán voltak meghúzva...

Mivel ez a kondenzátor rendkívül robbanás-veszélyes, egy vastag alumínium pajzs nem árt rá:



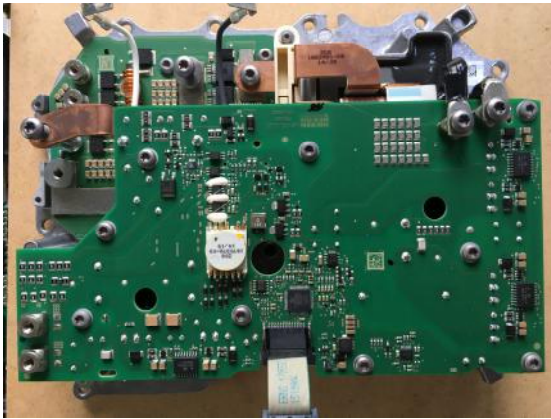
Az inverter rész ezennel kész is; ugye, nem is volt olyan bonyolult?



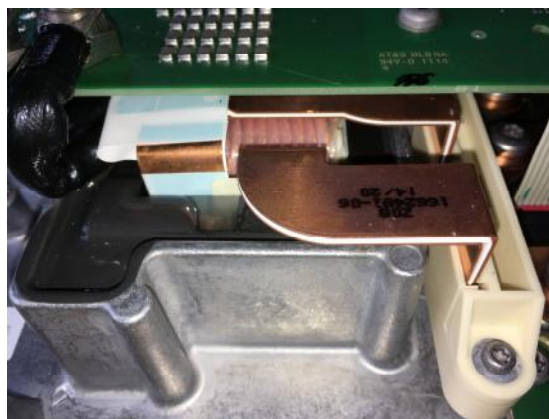
És most jött el a pillanat, hogy megmutassam a bosszúság első csavarját: az a lyuk ott a réz rúd alatt... Nem úri passzióból szedtem ugyanis le még a kondenzátort is a helyéről, hanem itt volt egy édes kis csavar, ami átnyúlik a túloldalra is, és meg sem moccant az ottani modul. Így nem volt mit tenni: órákon keresztül bontogattam le ezt az oldalt is, amihez amúgy hozzá se kellett volna nyúlnom. Amúgy az a vastag réz rúd egy vezeték, nem távtartó! ☺



Az inverter mellett még van egy fél doboznyi hely az alu öntvényben, keressünk ide is valamit. Pl. a *LE125_DCDC* jól hangzik. Olyan szép pofás mindkét oldala; az jobb oldalin pl. a hűtővizet terelő kis bordákat látjuk a fenekén:



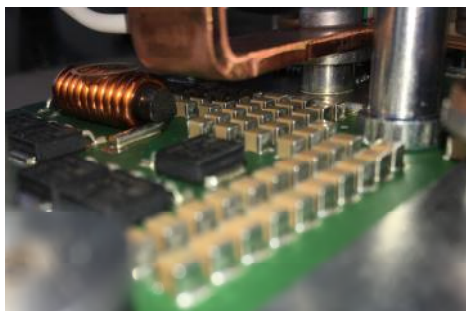
Hogy mit konvertál, elég egyszerű rájönni, ha megnézzük a trafóját, hogy van megtekerve:



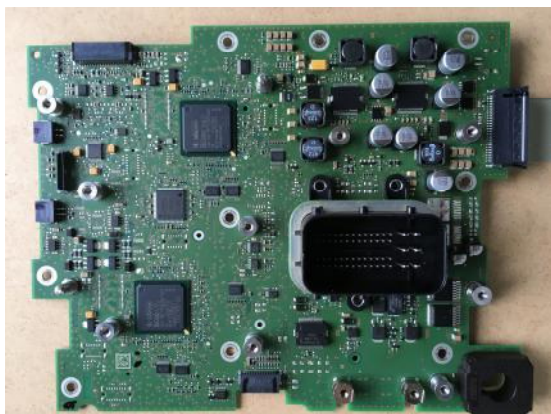
A primer oldal sok menet „vékony” vezetékből áll – persze mint minden, ez is relatív: itt a vékony is olyan vastag, mint a házamban az elektromos sütő hálózati vezetékének erei –, míg a szekunder oldal 3 db rézlemez-csíkból áll; a középső fehérrel le van szigetelve. Erre azért van szükség, mert a nagyfrekvenciás áram jobb szeret sok vékony vezetékben menni a *skin-hatás* miatt, mint egy vastagban. Szóval ez a DC/DC a 350V-os nagy akkufeszültségből 12V-os feszültséget állít elő. Nem csak az akkumulátort tölti vele, hanem ellát olyan nagy étvágyú fogyasztókat is, mint a klíma/fűtés kompresszora, ami önmagában akár 80A-t is megkajálhat a biztosítóka alapján. A 350V-ot a bal kép jobb felső sarkában lévő tönkökről kapja, és a jobb kép bal oldalán van a dupla a Step-Up fokozat, jobb oldalt pedig a kimeneti hídkapcsolás, és a „vékony” vezeték is innen megy a trafóba. Középen látható egy kék kondenzátor is, sajnos 80%-ig műgyantába süllyesztve: a bal képen látunk két kisebb furatot a zöld NYÁK-on, ott töltik fel a két alu kamrába süllyesztett alkatrészeket műgyantával – így ez nem szétszedhető!



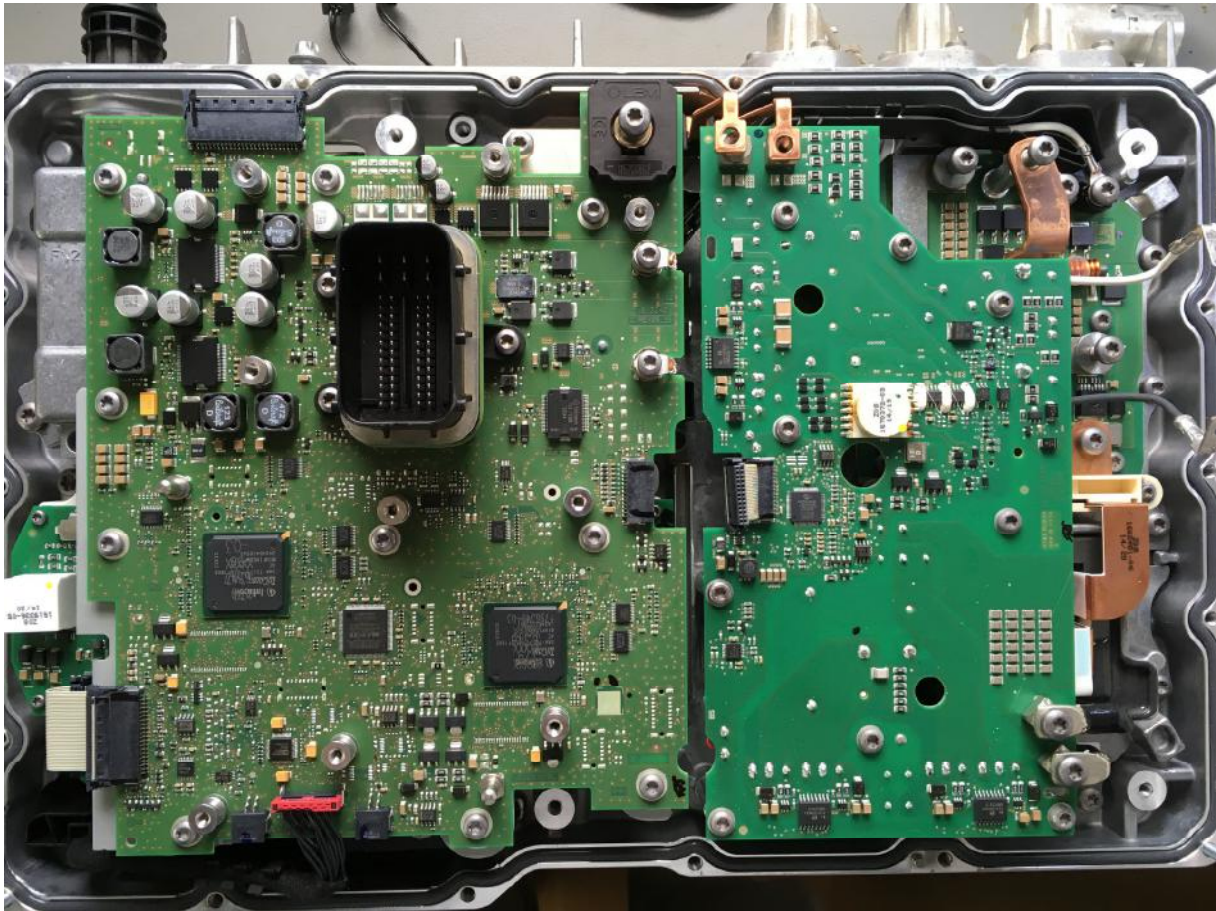
A kimeneti egyenirányítás az alsó panelre került, brutális mennyiségű kerámia kondival:



Miután a helyére csavaroztuk az akkutöltő modult, folytassuk megint a másik oldallal, mert az most alacsonyabban van, és féloldalas lesz az építkezésünk. Tegyük rá előbb egy réteg árnyékoló lemezt, aztán rögtön jöhet rá a legnagyobb darab, az egész autó agya: az *ECU* vagy ahogy magát nevezi, a LE125_CTRL:



Erről aztán van mit mesélnem: először is van rajta két *Infineon SAK-TC1757-512F180E* proci: egy 32 bites, superskalár, három magos brutális állat – és nem, most nem mondom azt, hogy ez ide felesleges! Egy sima akkutöltőhöz tényleg nem kell 32 bites processzor, de az inverter (ami tulajdonképpen egy frekvenciaváltó) az egy nagyon brutális jószág. Ráadásul nem csak az invertert kell vezérelni, hanem az egész autó gyorsulását, lassulását, dinamikáját ez a kettő processzor számolja ki. Köztük van az *Altera* (most *Intel*) *EPM570T100A5N* típusú 440 makrocellás, 76 IO-s MAX II CPLD. Nem vagyok zseni, de az elhelyezkedéséből én arra tippelek (pont félúton a két 32 bites brutális processzor között), hogy a két processzor együtt és egyszerre dolgozik, a CPLD pedig dönt, hogy most melyiknek higgyen. És ha valamelyik csuklana egyet, akkor átkapcsol a másikra. Ezt redundanciának hívják, és megmagyarázná a teljesen szimmetrikus kinézetet. A többi áramkör annyira nem lényeges; I/O meghajtók, egyes áramkörök ki-be kapcsolása, kommunikáció a többi modullal, ill. egy újabb árammérő, ami a már mutatott réz rúdon a teljes motorvezérlő áramfelvételt mér, így azonnal kiderül, ha az egyik IGBT modul meghibásodik. Beszerelve a helyére, már egész pofásan néz ki a küttyünk:



Mielőtt tovább lépnénk, ne feledkezzünk el a bosszúság tripla csavarjairól sem. Újabb két csavart fogunk elásni teljesen, hogy a hajamat tépjem szétszedéskor, mi nem engedi már el azt a kib***t túloldali modult. A panelen lévő félkör alakú bemarások árulkodtak csak róla, hogy ott van valami... Persze így kinagyítva, megvilágítva már a hülye is megtalálja, de éjjel 1-kor, mikor már majd széthasad a fejem, hogy melyik csavart melyik furatból is szedtem ki, akkor már nem olyan egyszerű még ezt is észrevenni:



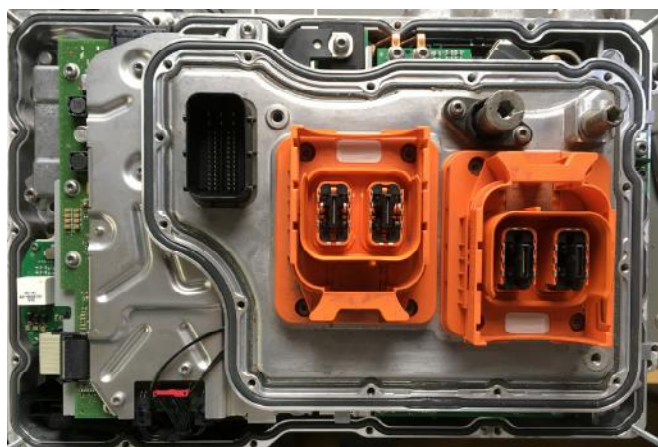
Újabb árnyékoló lemez, egész szépen haladunk... Csavarjaink meg hipp-hopp, el is tűntek!



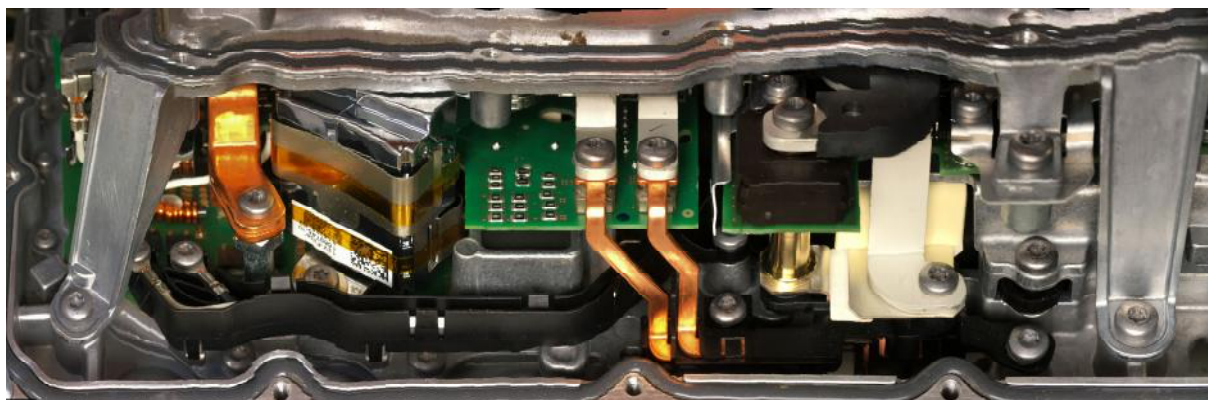
Utolsó lépésként már csak a csatlakozók vannak hátra. Brutálisan néz ki a fényes, fémezett műanyag árnyékoló elemekkel a tető, véletlenül Csókolom!-mal köszönök neki ijedtemben:



A bal felső sarok táján a tiszta réz sín a $-12V$, mellette a $+12V$ -on egy hatalmas nagy ferrit, ekkorát sem láttam még soha. De még harmad ekkorát sem... A kéteres vezetékek az Interlock drótjai. A modult a helyére rakva majdnem kész is ez az oldal. A jobb felső imbusz-csavar a testelt $-12V$, mellette a szigetelt, fekete aljú a $+12V$. A többi kb. $350V$ -os nagyfesz...



Hogy micsoda brutális áramok rohanguk erre, elég e beszédes fotó a felső oldalról:



Az öntvény ház természetesen nem ilyen recés, csak a panoráma fotózásnál engem már a rángógörccs kerülgetett a fáradságtól... De megérte, íme a végeredmény:



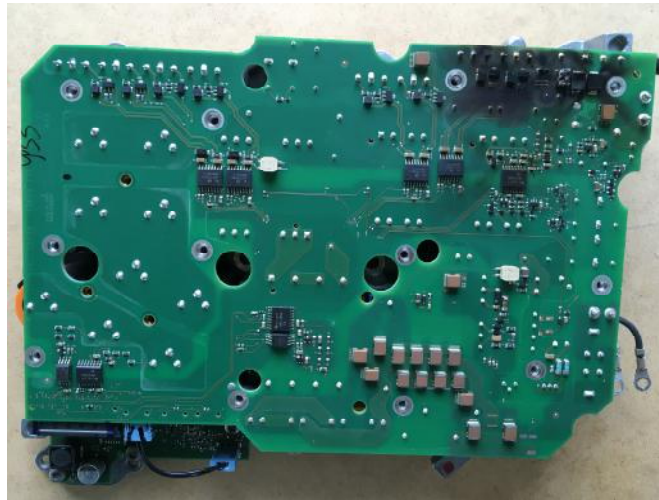
Fordítsuk meg óvatosan a jó 25-30 kilósra hízott könnyű alu keretet, és kezdjük el a másik oldalt is szerelni. Valami ilyesmit fogtok látni, max. nálatok nem lesz egy korom-folt az egyik sarokban:



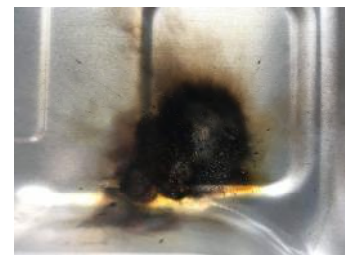
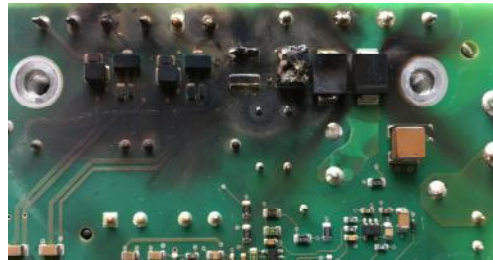
A maradék két modul közül az egyik ránézésre pont ide passzol a jobb oldalra:



A tüskés rész az IGBT-k alatti hűtőfelület. Tekintettel arra, hogy az IGBT-k **DARABJA** 1500W-ot képes eldisszipálni, nagyon fontos, hogy a víz alaposan áramolja körül a bordát, így a fém tuskók szabályosan bespricceltetik a hűtővizet a tüskék közé. És nem tudom hogyan lehetséges, de elég sok fennakadt zöldes trutyit találtam a gereblyék fogai között. Kár volt azt reflexből kiszednem, le kellett volna előbb fotóznom, csak hát a hülye tisztasági mániám... (A porszívót is sokszor elő kellett szednem, mert a csavarok meg fémport szórtak kicsavaráskor.)



Ejj, a kánya csípje meg, ez pont hibás... *SLE_POWER* a neve; az biztos, hogy egy újabb AC/DC konverter modul, hiszen bemegy 2 db fekete vezeték, és kijön belőle egy fekete-fehér vezetéken az egyenfeszültség – no meg egy jókora füstfelleg...

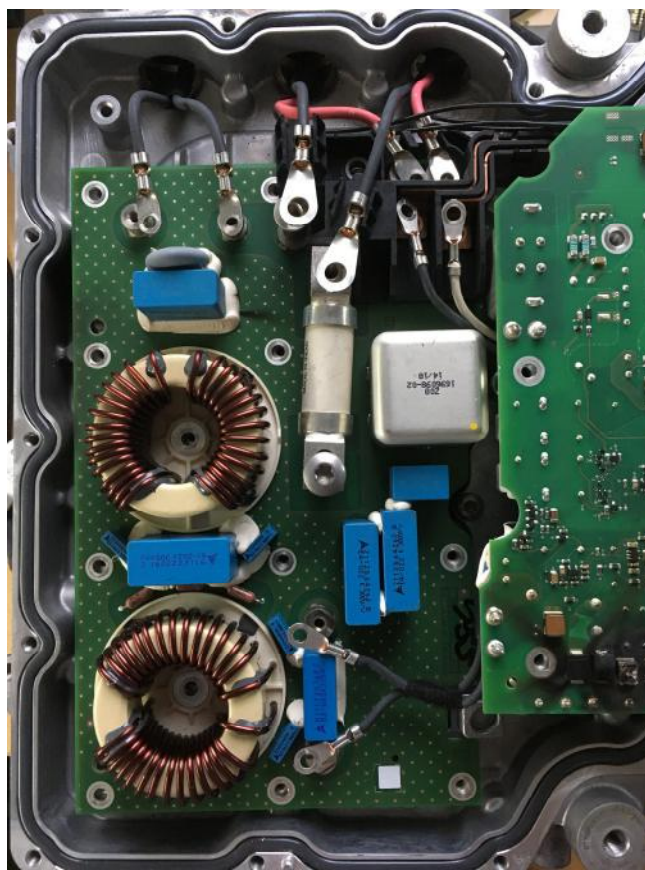


Nem kell hozzá elektronikai doktorátus, hogy lássuk a középső képen, ahogy a bejövő AC feszültség egyenesen menne a graetz középső lábaihoz, hogy aztán DC-ként menjen a Step-Up vagy PFC áramkör két FET-jére. Közben két olyan barna kocka lehetett, amelyik közül az egyik felkenődött a burkolatra, a másik csak simán amorf formát vett fel. Igazából nem ez a baj: ha a bal oldali képen megnézik a FET-ek lábait, azok vissza vannak olvadva. A 10 kicsi lábból 4 is rövidebb és olvadt végű. Ezt úgy hívják, hogy ívzárlat: amikor a kondenzátor kicsit köddé vált, áramot vezető gőzfelhő alakult ki, és gyönyörűsége villámok cikáztak ebben a kis felhőcskében. A fő baj az, hogy ez egy több rétegű panel, tehát az egy dolog, hogy a felső fele kicsit kormos. De belül is mennek vezetékek, amiket max. röntgengéppel tudnék ellenőrizni, hogy nem égtek-e el. (Félelmem nem alap nélküli, de erről majd később.) Csakhogy ahogy az előző modulnál is jeleztem, a zöld panelen van három kisebb lyuk (a három nagyobb, csavarhely mellett). Ezen 3 kis medencébe 3 adag műgyantát öntöttek, így több órás felesleges harc volt, hogy végre kibontsam ezt a modult a helyéről, és rájöjjen, hogy szétszedni sem tudom... Merthogy ezt rögzítette masszívan a bosszúság tripla csavarja, íme hárman a gonoszok:



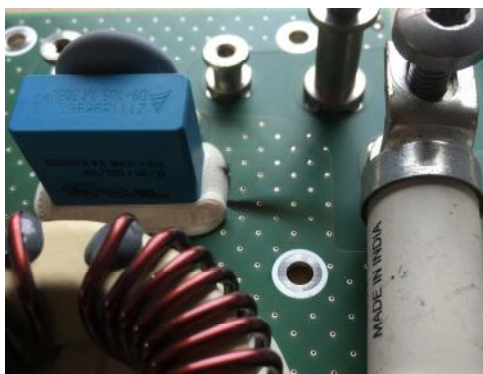
(Az alattuk/mellettük lévő 3 kis izé a „szellőzőnyílás”, hogy a nyomás ki tudjon egyenlítődni.)

Hogy honnan került oda ez a gyilkos nagy feszültség? Hát az előtte lévő EMI/EMC szűrőről:

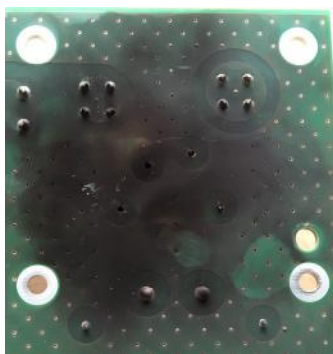


Akik már elolvasták a korábbi írásaimat, na mi van a képen és mi nincs? Szabad a gazda?

Ahol bejön a két fekete vezeték, rögtön van egy *Epcos* (ma *TDK*) *SNF20 K300* varisztor, ezúttal szürke színben. Viszont nincs egy darab biztosíték sem! Jó, van egy 450V-os, 80A-es hatalmas biztosíték-állat mellette, de az a 350V biztosítékja az AC/DC konverter kimenetén. A varisztornak nincsen semmi védelme, sőt gondosan hozzá van ragacsolva a mellette lévő X2 biztonsági kondihoz (kék kocka legfelül), had melegítse csak szerencsétlen kondenzátort. Apró jel mutat csak valami gyanúsát:



Azt az icipici füst-kifújást kell észrevenni a fehér ragacs egyik kis nyílásán át. A panelt kiszedve döbbenetes a károkozás, amit látok:

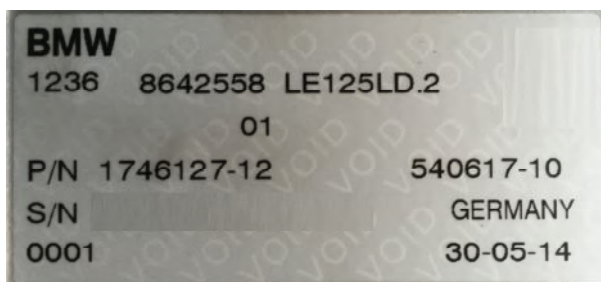


Az X2-es kondenzátor feldobbant volna, ha tudott volna, de a ragasztója nem engedte meg, hogy kalapot emeljen. Így hát a tüzet lefele fújta ki a panel furatain át. A lábai egyszerűen eltűntek, ahogy a varisztor lábai is kiégtek. Nem tudom rendesen lefotózni, de a szűrőláng (vagy ív) még az alumínium öntvényt is megolvasztotta. Ahogy végképp nem látszik a több rétegű panel felhasadása: egyszerűen dudoros a panel, szóval belül szétégett még a réz belső fólia is. Egy *Epcos* (ma *TDK*) *B32923*-as sorozatú 1,5 μ F-os, 305VAC, X2-es **BIZTONSÁGI** kondenzátor az áldozat, ami adatlapja szerint 1 percen át elvisel $4,3 \times 305 \times \sqrt{2} = 1850$ Voltot, és minden egyes darabot 2121V-al tesztelnek le 2 másodperc ideig, mivel ez biztonsági kondi. És ez felrobbant...

A varisztor olyan, mint az esőcsatorna: levezeti a vizet a tetőről, de ha igazán nagy zápor van, nem győzi elnyelni a 10 centis cső se a tetőnyi vizet, így a víz átbukik az esőcsatornán. A túlfeszültségre ugyanígy reagál: hiába 680V a megszólalási feszültsége, ha csak dől be a 32A-es kismegszakítóval védett áram (akár annak tízszerese, 320A is jöhet 10 msec-ig), nem bírja azt elvezetni. És gyors olvadó biztosíték híján a kialakuló 2-2,5 kV megöl mindent: az X2-es kondit épp úgy, mint ívzárlattal az AC/DC fokozat elejét.

Szóval most biztos kellemetlen lesz leírnom a BMW-nek is, meg nekem is (mert tuti belém fognak kötni), de itt ez egy tervezési hiba miatti meghibásodás. Lehet, hogy ha lett volna bent biztosíték, akkor is ez lett volna a végeredmény, de valószínűbb, hogy nem. És hogy lehetett ilyen banális hibát elkövetni? A magyarázat a kábelezésben rejlik...

A bejövő 230VAC töltőfeszültség elsőnek a külön akkumulátor-töltőbe megy, amit szét is szedtem, és megállapítottam, hogy korrekt bemeneti védelme van biztosítókkal és varisztorral. Csakhogy nem ez **UTÁN** megy tovább a villany a motorvezérlőbe, hanem ez **ELŐTT**. Lehet, hogy egy korábbi modellnél vagy verziónál ez még utána volt, így az a fejlesztő csapat, akik az invertert tervezték, abban a hitben voltak, hogy **VÉDETT** feszültség jön be nekik; de nem. Ide a jelek szerint a nyers, védtelen, szűretlen 230VAC jutott el. És elpusztított mindent, ami csak az útjába került. Hát így állunk... Le merjem írni? A BMW **8642558-01** számú invertere meghibásodásra hajlamos külső túlfeszültség esetén egy tervezési-kivitelezési hiba miatt.



Verzió: 1.00, 2018-02-02, Tata

Varsányi Péter E.V.

Tel: +36-20-942-7232

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

Email: info@varsanyipeter.hu