

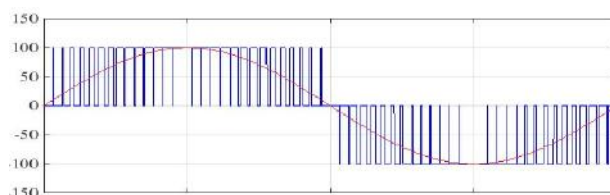
Fronius IG Plus szolár inverter

Hibrid inverterek – 2. rész

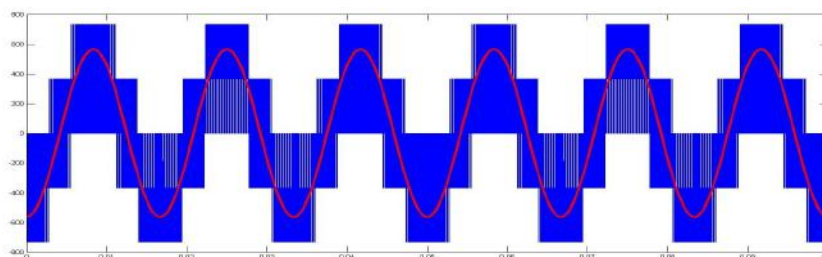
Gondolom sokak számára meglepő az írásom alcíme, hogy „Hibrid inverterek” – a *Fronius IG Plus* ugyanis elvileg egy régebbi, kutya közönséges szolár inverter, amelyhez nem lehet akkumulátoros egységet csatlakoztatni. Ők tudják jól – de én mindig fordítva vagyok bekötve a normális emberekhez képest.

Az UPS-ek és a szolár inverterek folyamatosan fejlődnek; a legkorábbi típusok még 50 Hz-es hálózati transzformátort használtak, lemezelt vastesttel, esetleg ferro-rezonáns kivitelben; a korszak egyik legszebb példánya a *Best Ferrups* típus volt: egy kis hűtőszekrény méretben volt egy hatalmas transzformátor, mellette egy nagyobb méretű termoszal vetélkedő hatalmas kondenzátor, és ezek kettőse egy 50 Hz-re hangolt rezgőkört képzett. Ez elmondva nem tűnik nagy durranásnak, de ha valaki kiszámolja, mekkora kapacitású kondenzátor és mekkora nagy induktivitás kell ahhoz, hogy ez rezgőkör 50 Hz-en rezegjen, akkor le fog esni az álla. Ennek a megoldásnak az volt az előnye, hogy tökéletes szinuszt tudott csinálni jó 25 évvel ezelőtt. A drága és nehéz transzformátor azonban mindig is korlátozta ezen készülékek elterjedését. Ezt kiküszöbölendő próbálkoztak a négyszögjeles meg trapézjeles inverterekkel, amelyek kisebb transzformátorral, kondenzátor nélkül előállítottak valamit, amiről jó pár sör után azt lehetett mondani, hogy „hálózati feszültséget” állít elő, de ezt még részegen sem gondoltuk komolyan.

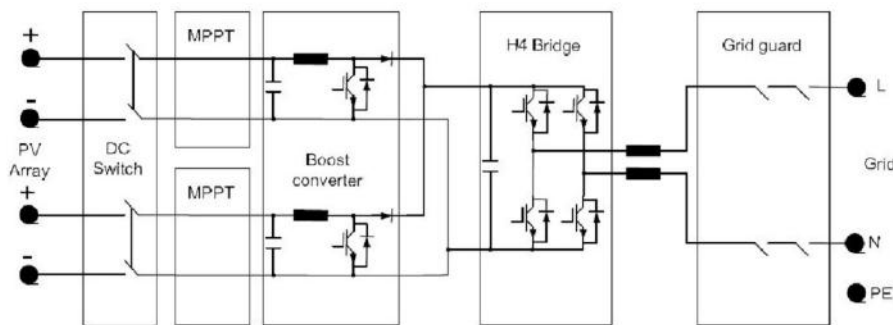
A szolár technikában az áttörést az ún. *TransformerLess*, azaz a „TL” szériás inverterek hozták el, amelyekben elhagyták a nehéz és drága transzformátort – innen a neve. Persze azért van bennük induktivitás, hiszen jelenlegi tudásunk szerint nélküle nem oldható meg a feladat. A működési elv az, hogy PWM módon dolgozó alsó-felső kapcsolók hol 0V-ot, hol meg 350÷420V-ot kapcsolnak egy sorosan kapcsolt induktivitásra, amely a *Lenz törvénye* alapján igyekszik stabilizálni saját áramát – így a kimenetén egy lassan változó áram lesz. Így lesz egy 20-30 kHz-es kapcsolójelből 50 Hz-es szinusz. Az alábbi ábra talán segít megérteni ezt a PWM-es kapcsolást. A kék görbe azt mutatja, ahogy a 0÷100% feszültséget rákapcsoljuk egyre hosszabb, majd egyre rövidebb időre egy induktivitás egyik oldalára, míg a piros görbe mutatja, hogy a *Lenz törvény* miatt ezt az induktivitás „kisimítja”, így az induktivitás másik végén egy majdnem hibátlan szinusz-hullám keletkezik, követe az impulzusok szélességét.



Persze a valóságban ennél kicsit bonyolultabb módon oldják meg, főleg a nagyobb méretű invertereknél. Ott már nem kétszintű a kapcsolás, hanem három; és a feszültség is nagyobb:



Persze mostani írásomban nem a *TransformerLess* inverterekről akarok beszélni, hanem pont a „régiekről”. Ez a gyors bevezető csupán azért íródott, hogy megértsük a „Mit? Miért?” kérdéseket. A *TL* szériás inverterek belső kapcsolása – nagyon leegyszerűsítve – az alábbi:



Ha megnézzük pl. a bal oldalon látható napelem csatlakozás negatív pontját, akkor a fekete vonalat követve eljuthatunk egészen a jobb oldali bejövő nulláig, az N-ig – azaz a napelemek szó szerint teljes galvanikus kapcsolatban vannak a bejövő hálózati feszültséggel. Emiatt a mai, modern „*TL*” szériás inverterekhez nem kapcsolható hozzá akkumulátor direktben. Az az akkumulátor egy igazi villamosszék lenne; a legkisebb hiba esetén is érintése maga lenne a halálos áramütés! Ezért hiába vannak 400V-os akkumulátor-rendszerek, amelyek elvileg pont összeköthetőek lennének a szolár inverter belső részével, érintésvédelmi és biztonsági okból a kettő között egy kétirányú DC/DC konverter van, amely galvanikusan is leválasztja a kettőt. Az előző írásomban, az [LG Resu 10H](#) szolár akkumulátor kapcsán részletesen írtam erről.

És itt kanyarodunk vissza a mai írásom főszereplőjéhez, a *Fronius IG Plus* szolár inverter családhoz, amely azonban nem tévesztendő össze sem a korábbi *Fronius IG* családdal, sem az új *Fronius IG TL* családdal – igen, ebben a „*TL*” pont a *TransformerLess*-t jelentené. Az *IG Plus* azonban egy olyan speciális inverter, ami még a „rég”i” transzformátoros kivittel készült. Persze sokkal okosabban és olcsóbban, mint 25 évvel ezelőtt a *Best Ferrups* UPS.



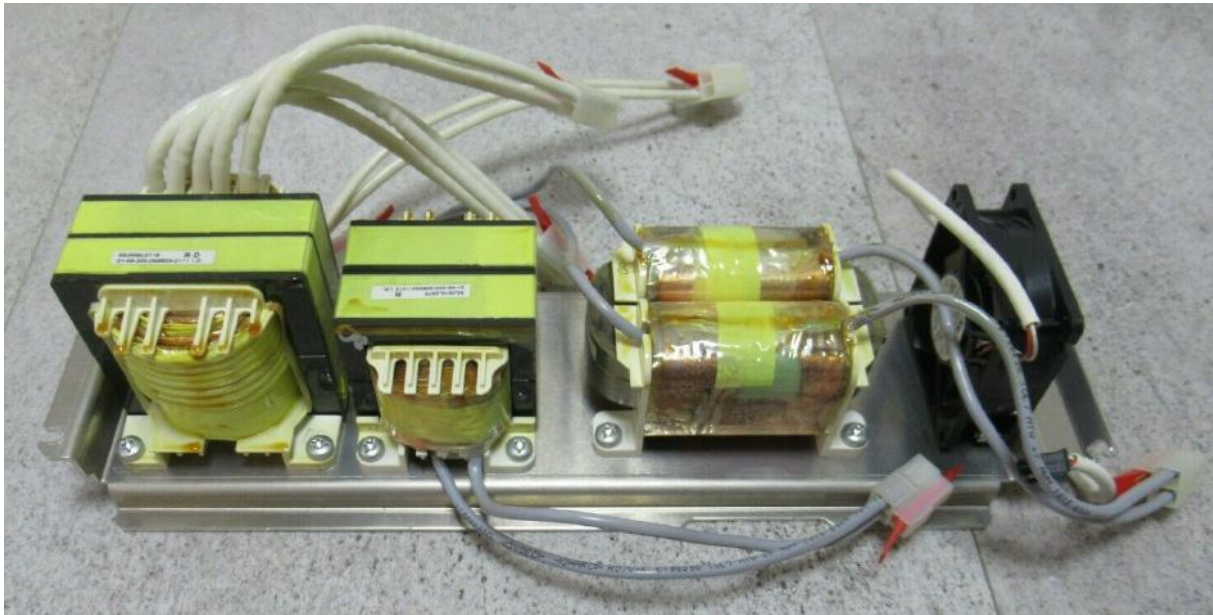
A család 14 tagból áll, ha jól számoltam, és léteznek belőle egy-, kettő- és három-fázisú kivitelek. Gondolom ez most megint fura, hogy kétfázisú inverter? Ritka, de nem lehetetlen! Annyi a trükk, hogy az összes inverterük azonos, egy fázisú teljesítmény-modulokból épül fel, amiket *PINCI* modulnak hívnak. És ahogy a fotón is sejthető, a legrövidebb házban egy van, a közepesben kettő (ez lesz a kétfázisú), a legnagyobb házban meg 3 modulal lesz háromfázisú. A továbbiakban egy háromfázisút fogok bemutatni, de az alapján nem lesz nehéz elképzelni a többit sem. Ahogy a fotón is látszik, a készülék alja leszedhető, és ez a biztosíték-szekrénye a készüléknek, a főkapcsolóval, az EMI/EMC szűrőkkel, és persze itt van a kijelző panel is, meg az agy, a „*Brain*”-nak hazudott vezérlőkártya – de ne szaladjunk ennyire előre!

A készülék legfontosabb panelje a *PINCI* modul, azaz a teljesítmény konverter, ebből van belőle 1, 2 vagy 3 db. De fél óra guglizás után sem jöttem rá, minek a rövidítése a *PINCI* szó:

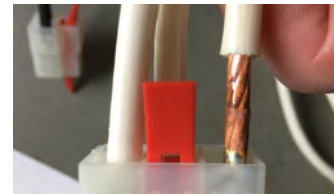


A panel bal alsó sarkán látjuk a DC+ és DC- pontokat, innen megy a feszültség a 4 fekete puffer-kondenzátorból álló primer tárolóba. A hűtőborda bal felén, a fentről nem látható 4 db félvezető ezt megszaggatja, majd ez a szaggatott feszültség kibukkan a bal felső sarkon lévő 3+3 db *FastOn* tüskén, a *Transformer PRIM* feliratnál. A transzformátor szekunder oldala pedig a jobb felső sarokban, a *Transformer SEK* feliratnál lévő két *FastOn* tüskén jön vissza, ahol a hűtőborda jobb felén lévő, fentről szintén nem látható 4 db dióda egyenirányítja. Mivel az egyenirányítás mindig rángat (ennek oka hosszú lenne), egy újabb induktivitás következik a rángatás kisimítására; ennek csatlakozója a szekunder oldali 5 db fekete puffer-kondenzátor jobb alsó sarkában van eldugva. Persze itt még mindig egyenáram van, márpedig ebből még hálózati 50 Hz-es frekvenciát kell csinálni. Így csigavonalban haladva az áram visszafordul és a hűtőborda közepén lévő, fentről szintén nem látható újabb 4 félvezető ezt újra megszaggatja, és ez a szaggatott energia kibukkan fent középen az *Inductor* feliratú *FastOn* kapcsokon. Ez aztán már a panel jobb oldalán, a fekete *Honeywell* áramszenzor melletti két *FastOn* kapocsra megy ki, hogy onnan az árammérés és a két biztonsági leválasztó relén keresztül kijusson az L1-L2-L3 sínre, ill. a három N-N-N pontra. Na, most ezen a ponton kb. 5 dologról kellene egy szuszra beszélnem, mert ennyi fele ágazik szét a történet. Nem is tudom, melyiket mondjam tovább?

Talán maradjunk az induktivitásoknál egyelőre. Ahogy már kb. sejthető, 3 db induktivitás kell a működéshez. Az első egy elvileg klasszikus transzformátor, azonban hogy csökkenteni tudják a súlyát, nem 50 Hz-en dolgozik, hanem több tíz kHz-en. Ezért pl. nem vasmagja van, hanem ferrit magja, és a vezetőke sem tömör vezeték, hanem ún. litze-huzal; erről majd írok...



Ez a transzformátor a bal oldalon látható, és 2x3 nagyon vastag drótja van a transzformátor oldalán is látható dudorok méretéből. A magyarázat az, hogy a nagyfrekvenciás áram a saját mágneses tere miatt kiszorul a vezeték közepéből, és csak annak felületén tud haladni. Így aztán a vezeték nem egyetlen tömör réz szálból áll, hanem hajszálvékony rézszálak vannak összefonva kisebb köteggé, majd ilyen kötegekből van összesodorva egy vastag vezeték. A kép nem adja pontosan vissza, de itt kb. 300-500 hajszálvékony réz szál van összesodorva; nem számolom meg pontosan.



A transzformálás és egyenirányítás után az áram még mindig lüktet, de már nem AC-ként, hanem DC-ként. Így a középső induktivitás, amely már az áram kisimítására szolgál, szintén ferrit magos, ami a nagyfrekvenciával változó mágneses térben nem melegszik, viszont ennek a tekercsnek már kutya közönséges tömör réz vezetéke van. Itt a DC áram esetén már nincsen skin hatás, a rézdrót teljes keresztmetszetében folyik az áram.

Végezetül a harmadik, jobb oldali induktivitás végzi az 50 Hz-es konverziót. Ennek valódi „vas” magja van, ún. *hiperszil* technikával: egy nagyon vékonyra hengerelt fém szalagot egy magra feltekercselnek, összeragasztják, majd kettévágják, és két U alakú magként funkcionál. A tekercselés anyaga itt már nem litze huzal, nem tömör kör keresztmetszetű rézdrót, hanem egy réz szalag, amely olyan széles, mint a teljes tekercs. Szóval van 3 induktivitás, mind más, hogy tökéletesen megfeleljen az igényeknek. Ezek a tekercsek a *PINCI* modul hűtőbordája felett futnak, az AC oldali transzformátor még egy hűtőventillátort is kapott, ami nem csoda, hiszen egyetlen ilyen egység akár 3,6 kW-ot is tud.

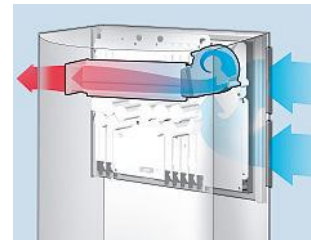
Adós vagyok, hogy miért van a transzformátornak 6+2 vezetéke 2+2 helyett? Nos, ennek a konstrukciónak ez egy zseniális megoldása, és amikor erre rájöttem, tátva maradt a szám! A transzformátor primer oldala ugyanis nem egyetlen tekercs, hanem rögtön három: a fő tekercs 540 μH , mely az egyik oldalán egy 63 μH -s, a másik oldalán meg egy 89 μH -s „oldalkocsit” kapott. Így 4 fokozatban lehet állítani a primer menetszámot, ezzel a transzformátor áttételét: 540, 63+540, 540+89, 63+540+89 μH lehet a transzformátor primer oldalának eredője; mivel a mért induktivitás a menetszám függvénye, a menetszámok is ilyen arányban változnak – de a trafót most nem fogom szétbontani, hogy pontos menetszámokat írjak. Inkább mutatom azt a két relét, amivel átkapcsol a primer oldali kivezetések között. Zseniális a megoldás!



Érdekes, hogy az inverterről szóló tájékoztató anyagok csak három fokozatú átkapcsolásról szólnak, holott az induktivitások értékéből nekem egyértelműen négy fokozat jön ki. Mindegy is; a lényeg az, hogy ez az inverter kiemelkedik a többi közül azzal, hogy a bemenő feszültség tartománya nagyon széles, 230÷500VDC között végig maximális hatásokkal dolgozik. Ez az egyik nagyon hasznos tulajdonsága: pont megegyezik az elektromos autók akkumulátorainak feszültség-tartományával. A legkisebb a 80 cellás *Mitsubishi Outlander PHEV*, mely elméleti alsó feszültsége $80 \cdot 2,65V = 212V$, de ennyire csak az örültek mennek le; 3.00V-os minimális cellafeszültséggel számolva 240VDC teljesen jó induló érték. A legnagyobb akkumulátor meg a *Volvo V60 PHEV* akkuja, amely 100 cellából áll, az elméleti 4,20V-al ez 420VDC. De még a *LFP* cellás kínai elektromos autók akkuja sem ad le 500VDC-nél nagyobb feszültséget, hisz a *CHAdEMO* protokoll is ennyit tud maximum. Talán ennyiből már kezditek sejteni, hogy miért pont ezt a mára már megszűnt gyártású régi invertert kezdtem el ma boncolgatni...



Pár szót szólnék a hűtéséről is, mert az is ötletes. Hátról szívja be egy radiális ventilátor a levegőt, majd a két „E” alakú hűtőborda szembe fordításával kialakított, hermetikusan lezárt légcsatorna a készülék bal oldalára vezeti ki. A beszívást pedig cserélhető fémszűrős (!) lap zárja le.



Ugyancsak érdekes a modulok vezetékvezetése. Ahogy már írtam, a kimenő AC feszültség az L1-L2-L3 ill. N-N-N kapcsokra jut, ami mindjárt érthető lesz, hogy is kell érteni. A készülék házának hátlapján ugyanis 2+4 réz sín halad végig, és csak a megfelelő helyeken van csavar: ahol van csavar, ott van átvezetés a megfelelő réz sínre. A legelső a nulla sínje (kék dróttal a túlsó végén), ennek három csavartuskója is van. Fölötte megy az L3, L2 majd L1 sínje, végül felül a DC- és a DC+, a fekete és piros vezetékkel a sín végén, szintén 3-3 csavartuskóval.

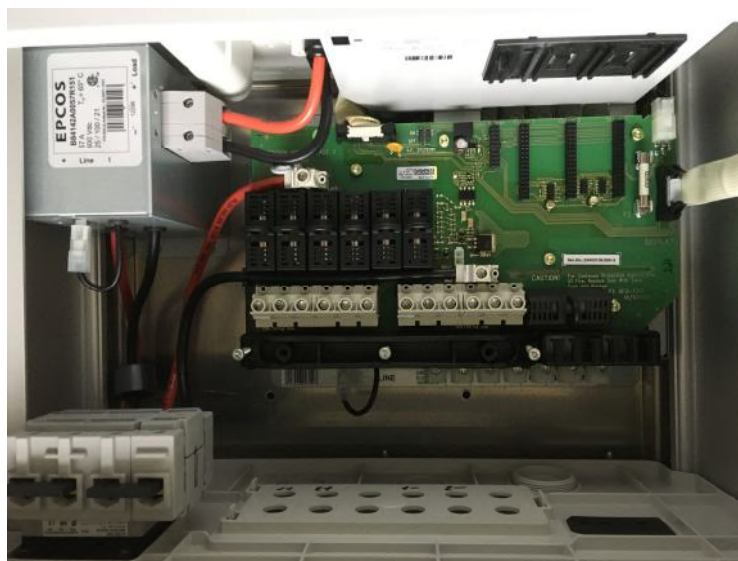


Az igazán dörzsölt, *Sherlock Holmes* vérvonalú nyomozóknak azért valami mégis feltűnhet: miért van 3 db N csavarozási pont, ha csak egy N sín van? Bingó! Nekem is szemet szúrt. Így kis guglítás után kiderült, hogy az *IG Plus* családnak van egy nagytestvére, a *CL* család, ahol már nem 1-2-3 db *PINCI* modul van, hanem kapásból 15 db. Nagyon nehezen találok róla jó fotókat, ami van, azok meg kis felbontásúak. Azért meg tudtam állapítani a fotókról, hogy 100%-ig azonos *PINCI* modulokból áll, csak éppen dugaszolható kivitelben, azaz üzem közben cserélhető kivitelű!



És mi más bizonyítaná ezt jobban, mint a panel alján látható 4 kapcsolós DIP kapcsoló? Ezzel lehet a *PINCI* modul számát beállítani. Gondolom a 15-ös szám a vezérlő panelé, így a 0-14-ig beállított kódok lehetnek a *CL*-es *PINCI* modulok számai, 0-2 meg az *IG Plus*-é.

Rengeteget tudnék még regélni az *IG Plus*-ról, de már a 6. oldalon járok, pedig másról is kéne beszélnem. Így csak futólag említem meg a 3 db extrudált profilból álló ötletes házát, és a különálló teljesítmény és vezérlő modult. Na jó, erről írok kicsit: a *Fronius* tudtommal az egyetlen olyan szolár cég, akik kimaxolták a javítást: a ma népszerű *Primo/Symo/Eco* sorozat pl. egy olyan fali tartóra épül, amelybe a tényleges inverter modult csak bele kell pottyantani; a fali tartóba futnak be az AC és DC vezetékek, és egy csatlakozóval mennek át az inverterre. Így javítás esetén nem kell áramtalanítani, vezetékeket kikötni, hanem csak lekapcsoljuk az invertert, kiemeljük a tartóból a rosszat, beletesszük az újat, és visszakapcsoljuk. Az *IG Plus* esetén ez úgy néz ki, hogy alul a vezérlő modulba futnak be a vezetékek, melynek a tetején szintén ott találjuk a csatlakozót. Így a meghibásodott *PINCI* modul(ok)at tartalmazó tornyot csak leemeljük a tetejéről, és rátesszük az újat. Mutatom is, hogy néz ki az alsó rész belülről:



Ahogy látható, 6 sztringet tudunk bekötni, de vigyázat! Csak egy MPP köre van, így a hat sztring simán párhuzamosan kapcsolódik. Hogy az egyes sztringek ne dolgozzanak egymásra hiba esetén, a pozitív ágakba be lehet tenni az ott lévő rézrudak helyére sztring biztosítékokat. Ahogy a *CAUTION* felirat alatti biztosíték-tartóba pedig egy 100 k Ω -os földelő ellenállást, hogy a DC oldal ne lebegjen. Mivel a fenékrésznek igen egyszerű volt a kapcsolása, hirtelen ötletből visszarajzoltam az egészet, és a biztosítékok kiolvadásának van egy roppant ötletes mérő-figyelő áramköre: amíg a biztosítékok épek, az alsó és a felső pontjuk közel azonos potenciálon van. Ha azonban egy is kimegy, alacsonyabb vagy magasabb lesz a feszültség rajta, így a panel közepén található áramkört árammal látja el, így az jelezni fog a *Brain*-nak.

Eddig csak áradoztam az inverterről, és komolyan mondom, igazi szakmai kaland volt ezt tanulmányozni. Ilyen felspanolt állapotban vettem elő a *Brain* nevű fő vezérlő paneljét, amiről a vastag lakk miatt kb. csak annyit láttam, hogy valami két processzoros okosság lehet rajta. Miután elküldtem fürödni egy kis oldószerbe, döbbsen jöttem rá, mi is ez valójában:



Nos kérem, ez egy igazi őskövelet! Amilyen modern és ötletes a *PINCI* modul, mai *Texas Instruments* procival, hibátlan tervezéssel, olyan elavult, idejétmúlt, ősi, elb@szott a *Brain* modulja. A felső körbelábas *NXP* chip egy 80C51-es klón, amit 1980-ban (!) fejlesztettek ki. Ez egy végtelenül elavult, öreg konstrukció, mely klónja is egyetlen UART csatlakozást tud, meg két TWI-t, 32 kB kód mellett mindössze 1 kB RAM-ja van. Így hogy rendelkezzen még egy UART csatlakozással, alatta ott egy *TL16C550C* típusú UART chip, amelyet valamikor 1994-ben fejlesztettek ki. És én még ezt néztem duál processzorosnak? Ezt negyed procinak is nehéz lenne nevezni! Az őskori 8 bites processzor mellett van még egy 128 kByte *Flash* a termelési adatok tárolására, és egy 512 kByte-os *SRAM*, mely nem tudom, mit csinálhat, mert háttérelmem nincs mellette, tehát kikapcsoláskor törlődik a teljes tartalma. A panel többi részén 74F14, 74HCT08, 74ACT32 és hasonló ősi TTL áramkörök vannak csupán, amik a RAM és a Flash számára a címdekódolást végzik. Nem túlzok: ezt az egész nagy panelt meg lehetett volna csinálni egy körömnyi felületen! Ma egy jobb egychipes processzor lazán tartalmazza ezt a mennyiségű memóriát, ráadásul nem felejtő kivitelben. Nekem ez a panel akkora sokk volt, mintha egy *Tesla* központi egységében egy kicsi elektroncsöves processzor ketyegne!

Lucifer szavai csengenek fülemben: „*Keserves lesz még egykor e tudásod, S tudatlanságért fogsz epedni vissza*” – igen, ezt nem kellett volna visszafejteni... Ezt valami nyugdíj előtt álló vén szakember tervezte bele, akinek ez lehetett az utolsó munkája a nyugdíjazása előtt. Néztem a netet, hogy most én fogtam ki valami korai verziót, és az újabbakban már modernebb *Brain* ketyeg, de nem leltem nyomát másik verzióknak. Mindegy! A lényeg, hogy a *PINCI* modulok sima RS485-ön kommunikálnak egymással, a kijelző panel meg I^2C/TWI -n, merthogy a plusz UART a bővítő modulok számára van fenntartva. Ha már kijelző; dobok ide arról is egy fotót, bár nincs benne semmi érdekes:



Ami viszont megint érdekes, az a bővítő modulok világa. Na, ebbe teljesen belezavarodtam sajnos... Ami biztos, hogy az alsó részben 3 db bővítő modulnak van hely. Csakhogy ilyesmi modul van a régi *IG* sorozatban is, meg az újabb *IG TL* sorozatban is, sőt a *Primo/Symo/Eco* sorozatba is rakható bővítő modul. Márpedig ezekből létezik „*Retrofit*” kivitel, amit a régebbi típusokba is berakható; de 2.0-ás új verzió is, amikről nem tudom, hogy belemennek-e az *IG Plus*-ba. Ráadásul létezik RS422-es buszt tudó *Com Card*, RS232-es buszt tudó *Modem/PC Card*, teljesítmény-leszabályzást tudó *PowerControl Card*, utcai nagyméretű kijelzőt kezelő *Public Display Card*, beltéri/asztali másod-kijelzőt tartalmazó *Personal Display Card*, ami valami őskori rádiós kommunikációt használ, így nevezik *Wireless Transceiver Card*-nak is. De létezik adatrögzítő képességgel rendelkező *DataLog Card*, *COM-Card*, míg *Data Logger Card*-ból meg létezik *Easy* meg *Profi* is. És ezen eligazodni rohadtul nem segített, hogy egy kedves német eladó az *eBay*-on küldött nekem egy *Modem/PC Card* kinézetű panelt, melynek a dobozában egy nyomtatott *DatCom Compact* kézikönyv volt (természetesen más kinézetű pannellel rajzolva); a doboz oldalán meg egyszerre szerepelt a *Datalog Card Profi Retrofit IG* felirat, mellette meg a 4,070,764-es cikkszám, márpedig a *Datalog Card* cikkszám a *Fronius* szerint a 4,240,002. Na, itt abbahagytam az okosodást, elegendem lett belőle...

Az inverter fő hibáját is megértettem végre. Páran már megkerestek ilyen típusú inverter javításával, amivel szégyen-nem szégyen, de eddig nem igazán jártam sikerrel. A hibajelenség ugyanis az, hogy 516-os hibakódot dob, mely szerint az egyik *PINCI* modul a nap folyamán több, mint 50-szer dob hibakódot. Persze gyere rá, melyik *PINCI* modul rosszkodik, ha a hiba nem permanens! Hiába címzed át a modulokat sorban, valahogy nem akar a hiba állandó jelleggel jelentkezni, márpedig 3 modulban hogy találjam meg a hibát, ha látszólag minden 100%-ig egyezik? Vélhetően valami öregedési jelenség áll a probléma mögött, mert alacsony teljesítménynél nem jön elő a hiba, nekem meg momentán nincs 12 kW-nyi teljesítményem a teljes terheléses teszthez. És most, hogy tudom, hogy a *Brain* modul helyes neve inkább *IQ-Light* lenne, érthető, miért nem tudtam kicsiholni a készülékből teljes hibakód-listát, egy teljes napra visszamenőleg: 1 kByte RAM-ba nehezen férne bele, kommunikációs kártya híján meg nem tudtam kiolvasni az 512 KByte-os kiegészítő SRAM-ot. (Ezért is próbálkoztam *eBay*-ról kommunikációs kártyát rendelni hozzá.) Szóval ha egy *Fronius* telepítő esetleg megsúgná, hogy mi a trükkje a dolognak, esetleg egy *Service Manual* is előkerülne erről a már megszűnt típusról, akkor nagyon hálás tudnék lenni – pl. párat megjavítanék neki ingyen...

Ha összegezni kellene a leírtakat, a *Fronius IG Plus* inverter különleges szerepet játszik az én világképemben. Nem árulok el vele nagy titkot, ha azt mondom, hogy még elő fog ez az inverter kerülni a környezetemben. Esetleg pont az elektromos autókkal kapcsolatban...

Verzió: 1.00, 2021-01-12, Tata

Varsányi Péter E.V.

Tel: +36-20-942-7232

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

Email: info@varsanyipeter.hu