

# KACO Szolár Inverterek

Hosszú kihagyás után folytatom a „Szétszedtem” sorozatomat – és mivel nyár van, mi is lehetne aktuálisabb téma, mint a szolár inverterek? Mivel az elektromos autózás szerves része, fontosnak tartom, hogy sokak bosszúságára ebbe is beleköttyogjak. Jelenleg ugyanis öldöklő harc zajlik itthon a szolár inverter piacon: az egymás verbális tőkön rúgása kb. a belépő szint. Hosszasan vívódtam, érdemes-e ebbe az öv alatti csatába beleszállnom, de néhány versenyző annyira fegyvertelen, hogy nem kívánok velük szellemi csatát vívni! Így a három nagy hazait gondosan kihagyva nem írok (egyelőre) a *Growatt*-ról, *SolarEdge*-ről és a *Fronius*-ról, hacsak valamelyikük forgalmazója nem lesz olyan tökös legény, hogy bevállalja a kritikus írásaimat. Jöjjön hát elsőnek egy „külföldi” versenyző, a *KACO*. Azért írom idézőjelesen külföldinek, mert bár van hazai képviselőjük, de alapvetően Németországban levedlett hibás példányokkal tiszteltek meg, melyek különböző napelem-parkokból származnak; teljesítményük is nagyobb a szokásosnál. Itthon nem igazán ismert a típus, holott a *Fronius* mellett a *KACO* az egyik új kedvenc nálam. A két bemutatandó példány közül az első egy kifejezetten napelem-parkhoz kifejlesztett, ijesztően egyszerű szerkezet, a *Powador 8000xi*.



Az „ijesztően egyszerű” kifejezés természetesen csak a külsőnek szól: egy napelem-parkban külön szekrényt szoktak kapni az inverterek, amiben az energia-elosztás tartozékai is vannak, így nem szükséges magát az invertert IP68-as védelemmel ellátni; ez jelentősen csökkenti az árat. A *Powador 8000xi* család pl. szó szerint csak extrudált alumínium elemekből van összerakva: hátán végigfut egy alu hűtőborda, az oldalán van 1-1 extrudált alu oldallemez, az ajtaja is egy sima extrudált profil. Minimális számú megmunkálás van rajtuk: pár furat, néhány önmetsző csavar, és csókolom, kész is a háza! Felül egy fröccsöntött műanyag lap zárja le az egészet, hogy darázs és pók azért ne költözzön bele. Az inverter igen keskeny, hogy sok férjen el belőle egymás mellett – cserébe olyan hosszúságú, hogy a szöveg mellé kellett tennem a képét, hogy elférjen. Nem tudom, szándékos-e vagy véletlen, de az összes okosság (beállítások, üzemi paraméterek) az ajtón lévő panelen van, így ha az erősáramú rész meghal, csak le kell kapni az ajtót, rátenni a másikkra, és máris minden beállítás maradt változatlan.



Róla van szó amúgy:

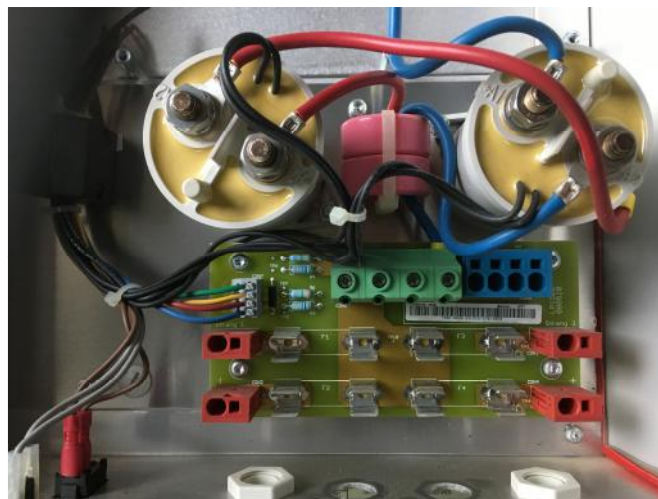


Az RS485 csatlakozója duplán dupla; kettő-kettő párhuzamosan van kötve, hogy a vezeték egyikből a másikba mehessen kötés nélkül. De van egy *Logger* kimenete, meg egy *SYM-Bus*. Ez utóbbi szinkronizálja a három fázis inverterét. Ez ugyanis csak egy egyfázisú inverter, egy 24 kW-os inverter-csoport 1/3 része. Rém praktikus dolog, hiszen ha egy 3 fázisú inverter egyik fázisa meghal, kiesik a másik két fázis is, amíg meg nem javítják. Ennél lecseréled azt a fázist, amelyik rossz, és már mehet is tovább a termelés. (Ezért is fontos, hogy az ajtót egy kis csavar tartja, az összes beállítással együtt.) A 3 fázis között ez a *Sym-Bus* kommunikál, hogy a fázisokra azonos teljesítmény legyen visszatáplálva.

De nem csak ezt figyeli: bár egyfázisú az inverter, a bemenő kapcsain ott virít az L1, L2 és L3. És trükkös: nem lehet átverni azzal, hogy ugyanazt a 230VAC-t kötöd mindháromra, mert bár semmit sem csinál az L2 és L3-al, de azért a fázisszögét leméri. És a *SYM-Bus*-on egymással is összekötött inverterek szépen be is mutatkoznak egymásnak: „Szia, én az R fázison vagyok. Jobb oldali kis barátom, hát Te ki vagy? Én az S fázis vagyok. És Te bal oldali kis barátom? Én is az R fázison vagyok. Húúú, ez így nem jó! Nincs a T fázison senki, R-en meg ketten is vagyunk? Dobjunk mindannyian egy szép piros hibajelzést, hogy jól elcsepszük a béna villanyszerelőnk napját!”



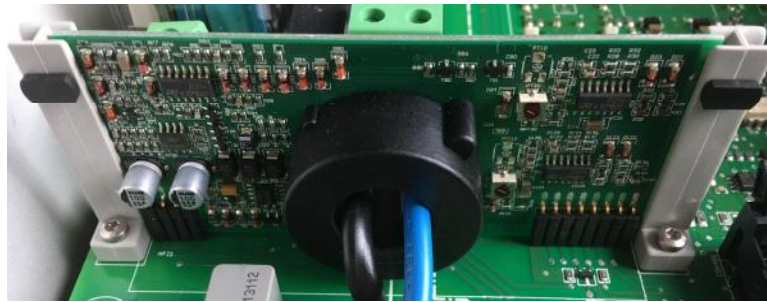
Hogy a másik bemenetet is bemutassam, az így néz ki:



Négy sztringet kezelne külön-külön lebiztosítva a visszáramok ellen, plusz kontaktorokkal kapcsolható távolról a DC nagyfeszültség. Mert oké, van benne a túlfesz-védelem, de a villám ellen az a legjobb, ha ilyenkor áramtalanítják: az AC oldalt egyben, a szekrényben; a DC oldalt meg így, távolról, kontaktorral, egyesével. A kontaktorok helyi kapcsolója a bal alsó sarokban látszik, a piros csúszósaruk mennek az alul lévő DC főkapcsolóra.

Az elektronikájáról nagyon nem akarok mit mondani: a szokásos „színes kis bizbaszok egy nagy zöld lapon” – ahogy az egyik ismerősöm röviden lefordította a több oldalas korábbi írásaim lényegét. Ebben a stílusban felhívnám a figyelmet a jobb felső sarokban csoportosuló 16 db fekete, kerek bizbaszra: azok a pufferkondenzátorok, amelyeket előszeretettel spórolnak ki az olcsóbb készülékekből. Ebben, egy fázisú inverter léte van 8x2 db. Máshol van összesen kettő...

A másik érdekessége az űrtechnikás GFCI áramkör, amit az előző fotón a szalagkábel pont eltakart. Mázli, hogy nem ez volt a hibás, mert leizzasztott volna, ha ezt kellene visszarájzolni:



Ezeknek a nagy invertereknek az IGBT híd az alfája és omegája. Ha az ép, vagy kapható, a javítás szinte biztos. De ha rossz és nem kapható, akkor fájdalom, de feleslegesen dolgoztam vele. A *Vinco* ugyanis rengeteg félét gyárt egyedi megrendelésre, amit beszerezni még eBay-ról is necces:

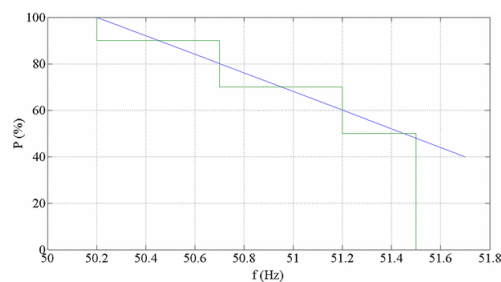


Ennek a *Powador* típusnak amúgy az a specialitása, hogy nincs közbenső puffer fokozat: a bejövő DC-t nem konvertálja fel csúcsfeszültségre, hogy majd onnan PWM-el könnyedén szinuszos 230VAC-t csináljon belőle, hanem a bejövő DC pillanatnyi értéke alapján kimenő áramra szabályozza a PWM kitöltését. És közben ugye még az MPP (*Maximum Power Point*) algoritmusát is futtatja. Előny, hogy így elég két ilyen IGBT hibrid az egész inverterbe; azaz két félhíd. Ez megint csak jelentősen csökkenti az árat. Hátrány, hogy a szoftverét akkor sem tudnám megírni, ha szöges korbáccsal ösztökélnék! Ezúton gratula a fejlesztőknek, hogy a nem mindennapi feladatot ráadásul mindenféle extra FPGA meg BGA tokozású chip nélkül is meg tudták oldani. (Na, ez is biztos valami olyan dolog most, amiből majd csak annyi jön le másnak, hogy ez a lökött – mármint én – ráizgult valami totál érthetetlenre...)

Minden írásomban igyekszem valami „hasznos” infót is belerakni. Mai írásom lényege a cetli lesz; ez itt, mellettem: Azt akarja a kívül, ékes német nyelven szóló felirat jelezni, hogy ezt az invertert már átalakították 50.2 Hz-esre – egész pontosan a firmware-t átprogramozták benne. Merthogy ez az inverter már nem lenne használható jelenleg sehol, ha nem lenne ez a címke rajta. De mit is akar ezzel kinyögni?



Sokan nem értik, miért van az, hogy régen engedélyeztek bizonyos inverter típusokat, ma meg már nem engedélyezettek; nem lehet visszarakni őket, használtan nem lehet eladni. Páran a szolár bizniszből ugyanis azt játsszák, hogy felvásárolják a kint javíthatatlannak minősülő invertereket, behozzák, megjavíttatják egy örülttel (a fene egye meg, ez én vagyok), majd jó áron eladják. Nos, nem az inverterek szavatossága jár le, hanem az igazán régi inverterek még nem kezelték a szolgáltatói teljesítmény-csökkentést. Ahogy a szolár inverterek elterjedtek, új probléma jelentkezett: időnként túl sok teljesítményt tápláltak vissza a hálózatba, a feszültség megnőtt, a hálózati frekvencia meg ezt követve szintén túllépett az 50.2 Hz-es határon. Hogy a szolár inverterek ne tudják „felborítani” az áramtermelés- és fogyasztás egyensúlyát, ezért találták ki, hogy 50.2 Hz felett el kell kezdeni csökkenteni az inverter termelését, egészen a 40%-os szintig leszabályozva azt; azon túl ki is kell kapcsolódnia az inverternek. Az alábbi grafikon bemutatja, hogy vagy folyamatos leszabályzással, vagy lépcsős módon, de vissza kell venni a kimenő teljesítményt, ahogy a frekvencia 50.2 Hz-ről 51.5 Hz-re nő, majd e felett teljesen ki kell kapcsolnia az inverternek.



Szóval ha a jövőben valaki azt látja, hogy érthetetlen módon bezuhan az inverter termelése, ne engem keressen, hanem a frekvencia-diagramban nézze meg, történt-e frekvencia-ugrás az adott időszakban. Ha igen, akkor a csúnya áramszolgáltató távolról leszabályozta az invertert!

És nehogy a *KACO*-ról most valami olyan kép alakuljon ki, hogy elavult és öreg, itt van egy új inverterük, amely még ma is megvehető: a *Powador 10.0 / 12.0 / 14.0 TL3*



Ez már minden létező szempontból más, mint az elődje. Masszív, öntvény alumínium ház, IP65-ös védettséggel. Valódi 3 fázisú kivitel. Grafikus kijelző. Ethernet, USB, RS485, relé kimenet. Nincs oka szégyenkeznie a belseje miatt sem:

Konstrukcióját tekintve a ma „szokásos” megoldásokat követi: legalul egy műgyantával kiöntött részben vannak az induktivitások, vagy 15 kiló a drágaságom – kondizni is jó:

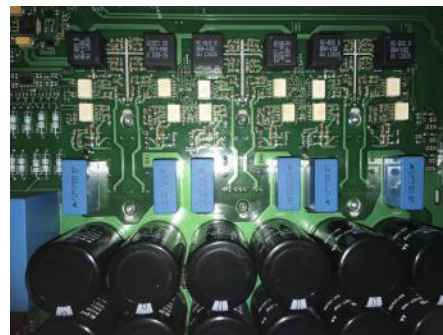
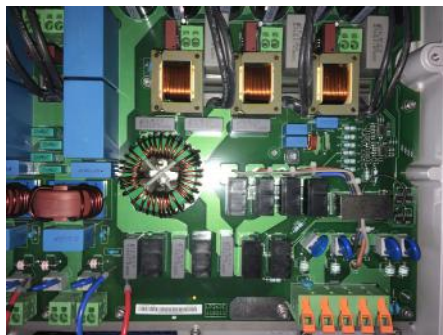


Mondjuk a *KACO*-nak igazán szólhatna valaki, hogy sodrott vezetéket érvéghüvely nélkül nem kötünk be rugós sorkapocsba. Ezen most lehet vitatkozni, hogy szabad vagy nem szabad, de hogy így néz ki kihúzás után, az szerintem sokat mondó:

Megjegyzem, az elődjénél is ugyanilyenek voltak a vezetékek. Én ilyenkor szépen, precízen kisímtam az erek végét, érvéghüvelyeztem, és utána megy vissza. Ilyen kontár-munkát én nem hagyok így!



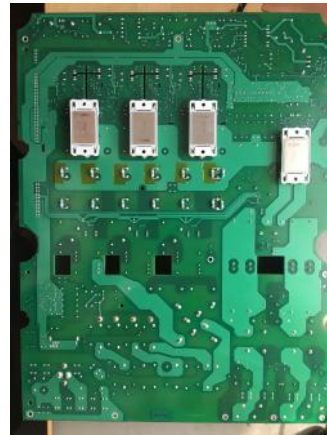
A konstrukció szerintem gyönyörű: az érvéghüvelyek nekem fájó hiányát leszámítva nincs más elnagyolt részlet, elsumákolt, nem beültetett alkatrész, elbiccelt EMI/EMC szűrő. A képek magukért beszélnek:



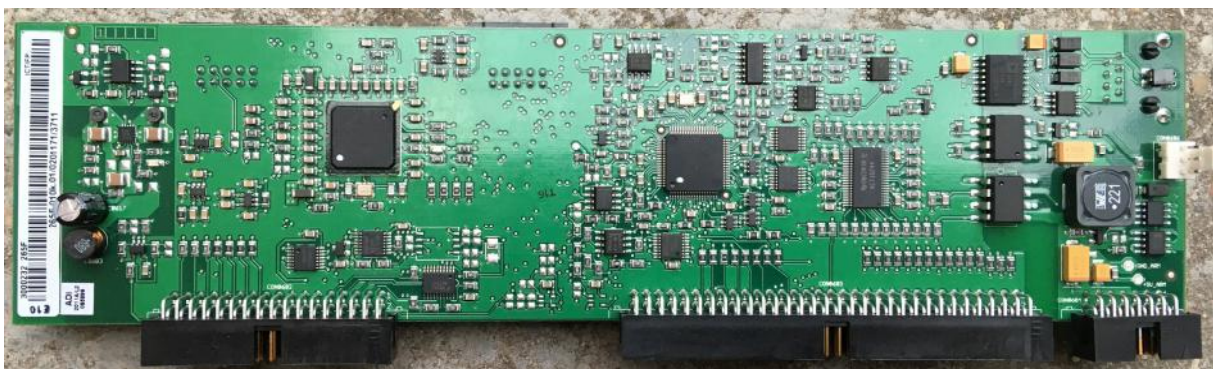
A bal oldali képen a bejövő 3 fázis, a cserélhető túlfesz-védő varisztorok és a szikraközök után vezetékként átbújva a GFCI szenzorán, „S” alakban tovább kanyarogva a villany előbb a dupla relé-soron küzdi át magát lefelé irányba, aztán újra fölfelé az EMI/EMC szűrőkön, hogy végül a zöld sorkapcsokban az induktivitásig jusson. A jobb oldali képen pedig látszik a 3 IGBT hibrid 12 kis meghajtó áramköre. Apró érdekesség, hogy egy ilyen tápfüggetlen hibrid rengeteg tápfeszültséget használ: a 6 fekete kocka felül (plusz még egy oldalt) 12+2 váltakozó feszültséget állít elő, amiből + és – tápfeszültség is lesz, összesen eddig már 28 db független táppal. És még van a DSP és az ARM külön-külön 1.8V-ja, 3.3V-ja, 5V-ja és 12V-ja, az IGBT kis tápok fő tápja, ami előbb 24V, aztán 21.5V, plusz a leválasztott RS485 saját tápja. Nem, nem hülyültem meg, nem gerjedtem be, jól olvastátok: ez eddig 39 db független tápfesz egyetlen dobozban! Ha fizettek egy energiáitalt, biza megkeresem a 40.-et is, hogy szép kerek szám legyen. És javításkor én isten bizony, hogy ezt mind végig lemérem, leellenőrzöm! Nem is egyszer sajnos; a fenti inverter ugyanis szégyen - nem szégyen, jó 3 hónapig szívatott. De a kitartásom több, mint az eszem, és végül csak megcsináltam működőre! Egy *KACO*-t? Naná!

Folytatván a belsősegék kitergetését, a nagy képen a panel hátlapját láthatjátok a 3+1 IGBT hibriddel. A fázisok hibridjeit szerencsére be lehet szerezni, de a sztringeket kezelő negyedik sajnos speciális, egyedi rendelésre készült típus, ha az sérül, nem tudom az invertert megjavítani.

A jobb oldali képen a DC bemenet látható; szintén cserélhető túlfesz-védő varisztorokkal, fix szikraközökkel, és tekintélyes méretű, kocka alakú impulzus kondenzátorokkal, amik részint pufferként és EMI/EMC szűrőként viselkednek.



És ami majdnem lemaradt: a fő processzor-panel, igazán minimális egyszerűséggel:



Hogy miért tart hónapokig egy ilyet megjavítani? Mert először visszafejtem a középső 64 pólusú csatlakozó bekötését. Utána elkezdem kimérni. Kiderül, hogy rossz egy alkatrész. Meg kell rendelnem az USA-ból, egy hét, mire ideér. Beépítem, még mindig rossz. Megkeresem a következő hibát. Újra megrendelem az újabb alkatrészt, újra USA, újra egy hét minimum. És gondolom totál meglepő, hogy újra nem jó, mert még valami kinyiffant. Újabb rendelés... A végére összeáll a kép: kinyiffant egy IGBT meghajtó, ami beterhelt a 28 db táp egyikének. Ez kinyírta a „tápok tápját”, elment az összes táp. Eljutott az inverter egy szerelőhöz, aki kimérte, hogy rossz a „tápok tápjá”. Kicserélte, bekapcsolta. Az egyik IGBT robbant egy nagyot, így a javítást részéről befejezettnek tekintette. Eladták a roncsot. Emberünk megvette, elhozta hozzám. Én is észrevettem, hogy rossz a „tápok tápjá”, és hogy azt már javították. Újat tettem be, meg is öltem, de csak azt; az IGBT-eket már nem, mert nem 230/400VAC-val tesztelek. Jó, szedjük szét a 28 tápot, melyik a rossz? Igen, szétszedtem 28 külön tápra! Mind jónak néz ki. Oké, egyesével kapcsoljuk vissza. Hoppá, megvan a hibás IGBT meghajtó! Oké, csere. Már nem hal meg a „tápok tápjá”, de a felrobbant IGBT halálával magával rántotta az egyik IGBT meghajtó védelmét is, így véletlenszerűen bekapcsolgat. Na, most már minden pöpec, megvan a 200. feszültség-mérés, a 100. oszcilloszkópos mérés, ennek most már mennie kell. Teljesen összerakom, megkapja a 400VAC-t, az 1000 VDC-t, hátralépek kettőt, bekapcsolom. És az ezt követő pillanatokért nagyon szeretek három hónapig is dolgozni... Ezt nem lehet máshogy csinálni, mint hogy elmeroggyant megszállott vagy, aki szereted az ilyen lehetetlen feladatot. Megérte? Nem, anyagilag vastagon bukás az egész! De a kisujjamban van a működése, és már álmomból felriasztva is ki tudom mérni, mi a jó benne, és mi nem. És legközelebb két héten belül javítom. Mert egy ilyen szép konstrukciót kár lenne veszni hagyni...

Ó, bocs a lelkizésért, maradok a Földön: jöjjön az utolsó panel, a kijelző és tartozékai:



Ezen sajnos nincs mit javítani; ha ez tönkrement, akkor így jártam! Ez ugyanis egy *Linux*-os számítógép, ami egy *ARM* processzoron fut 16 Mbyte SDRAM-ban; 128 Mbyte FLASH memóriában van a fájlrendszere, van rajta egy külön Ethernet vezérlő chip, meg pár apróság. Az ilyenhez vagy megvan a gyártói fájlrendszer és Boot-instrukció, vagy ott ette meg a fene, ha nem működik... Fejből nem fogom kitalálni, hogy milyen fájlokat kell rátölteni, hogy jól működjön. Személy szerint ezért nem szeretem azokat az invertereket, amikbe feleslegesen egy egész asztali PC-t begyömöszölnék, hogy szépen grafikusán kiírhasson mindent, és vissza lehessen nézni, hogy Krisztus születésekor épp mennyit sütött a nap. Ez nem az inverter dolga lenne, hanem egy felhő alapú WEB-es rendszeré. Főleg ez a bajom a *SolarEdge* rendszerrel, és a hasonló, felhasználó-generálta idiótasággal. Ez a számítógép folyamatosan megy és a nap energiájából lecsíp egy szép darabot, csak azért, hogy a felhasználó egy szép grafikus kijelzőt nézegethessen. Aztán jön a meglepetés, hogy miért van ezeknek a csilivili invertereknek csak 92÷95% -os hatásfokuk. Ja, az adatlap 98%-ot ír, mert a család legnagyobb tagjára adják meg cselesen a hatásfokot. 18 kW mellett elhanyagolható egy *Linux*-os számítógép fogyasztása, de a család legkisebb, 8 kW-os tagjánál már nem annyira észrevehető... Arra meg sem adják!

Na, kimorogtam magam. Köszönettel a türelmes olvasóimnak:

**Varsányi Péter E.V.**

Tel: +36-20-942-7232

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

Email: [info@varsanyipeter.hu](mailto:info@varsanyipeter.hu)

Verzió: 1.00, 2019-08-25, Tata