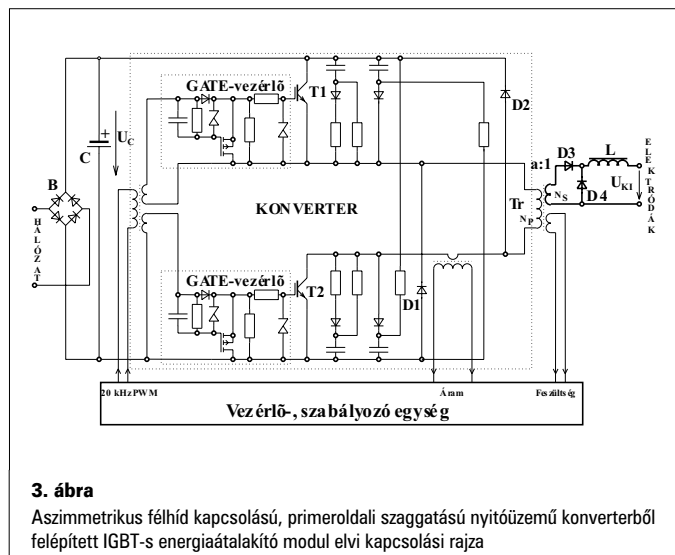


# Integrált hegesztő és plazmavágó berendezés 2.rész

HORVÁTH MIKLÓS okl. villamosmérnök,

DR. BORKA JÓZSEF okl. villamosmérnök, az MTA-SZTAI munkatársai

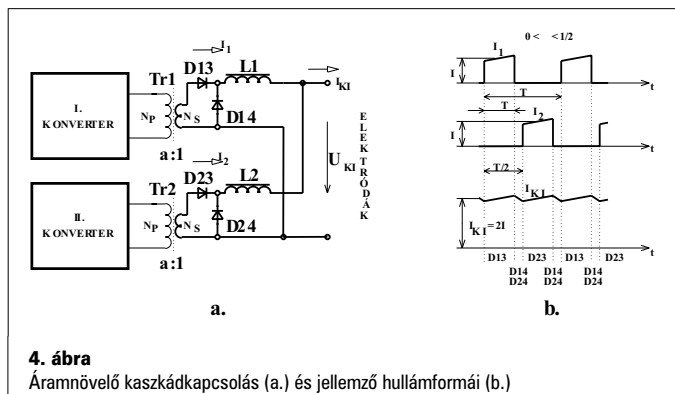
## 5. Teljesítménynövelés az alapmodulok kaskád kapcsolásával



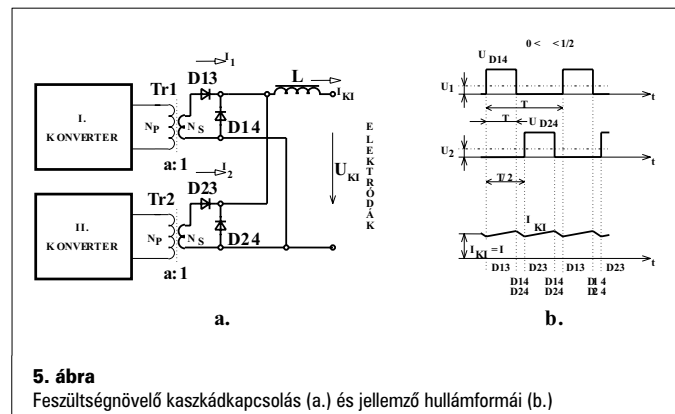
A kimenőteljesítmény növelését a 3. ábra szerinti kapcsolásban a félvezető elemek - elsősorban az IGBT-k - megengedett határértékei ( $I_{C\max}$ ,  $U_{CE\max}$ ) korlátozzák, amelyeket a félvezető-technika pillanatnyi állása határoz meg. Amennyiben ezen korlátok miatt már nem lehetséges nagyobb teljesítményt elérni, két aszimmetrikus félhíd kapcsolású egység alkalmazásával a kimenőteljesítmény megduplázható. A működés szempontjából közömbös, hogy a két félhíd kapcsolású egységet külön-külön, vagy egy közös egyenirányító-pufferkondenzátor együttes táplálja, természetesen az utóbbi a gazdaságosabb megoldás. Ez azt jelenti, hogy a 3. ábra szerinti alapmodulból a vezérlő-, szabályozó-egység, a B egyenirányító és a C energiátároló kondenzátor kivételével minden részegységből két készlet szükséges. Amennyiben a két aszimmetrikus félhíd kapcsolás IGBT-ít a közös vezérlő-, szabályozó egység félperiódussal eltoltan, egymáshoz képest ellenütemben, azonos  $\delta$  kivezérlési tényezőjű PWM jellel vezérli, akkor az egyes egységek azonos terhelésmegosztása érdekében semmiféle különösebb intézkedés nem szükséges.

A két alapmodul kimenete ilyen esetben kétféle módon "kaskádolható", ami mindenképpen a kimenőteljesítmény megduplázását eredményezi.

**Áramnövelő kaskádkapcsolás** esetében a két alapmodul párhuzamos kapcsolása az L1, L2 simítófójtók után, a tényleges



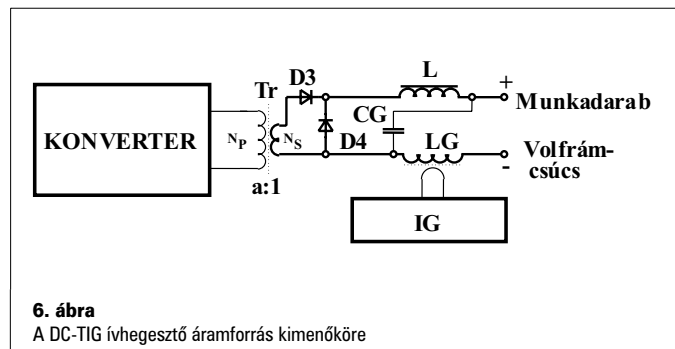
kimenőkapcsoknál történik. Ekkor változatlan nagyságú feszültségeközéptérték mellett az áramterhelhetőség megduplázódik. A 4. ábra szemlélteti ezt az esetet a működésére jellemző idődiagramokkal együtt. Az idődiagramokból kitűnik, hogy az  $I_{K1}$  kimenőáram minden félperiódusban váltakozva, az egyik vagy a másik egység kimenőáramából ( $I_1$ ,  $I_2$ ), átlapolás nélkül adódik össze, emiatt a két alapmodul között többletvesztéseget okozó káros köráram nem alakulhat ki.



**Feszültségnövelő kaskádkapcsolás** az 5. ábra szerint hozható létre, ekkor a párhuzamos kapcsolás az alapmodulok null-dióda kapcsainál történik. Ez esetben az L1, L2 simítófójtó összevonható. Az idődiagramok megmutatják, hogy ekkor az egyes alapmodulok által szolgáltatott feszültségimpulzusok épülnek egymásba váltakozva ( $U_{D14}$ ,  $U_{D24}$ ), ezáltal a kimenőfeszültség megkétszereződik, az áramterhelhetőség azonban változatlan marad.

## 6. DC-TIG hegesztő áramforrás kialakítása az alapmodulból

Az alapmodulként választott kapcsolási elrendezésből - kaskádkapcsolásban, vagy anélkül - a DC-TIG ívhegesztő áramforrás rendkívül egyszerűen kialakítható, ha azt kiegészítjük a TIG technológiához szükséges segédberendezésekkel (gázcsatlakozás, gázszelep stb.), azok vezérlését ellátó elektronikával (2-4 ütemű vezérlő), valamint az ívgyújtóval. Az alapmodul 3. ábra szerinti erősáramú kapcsolásában a Tr transzfórtortól balra

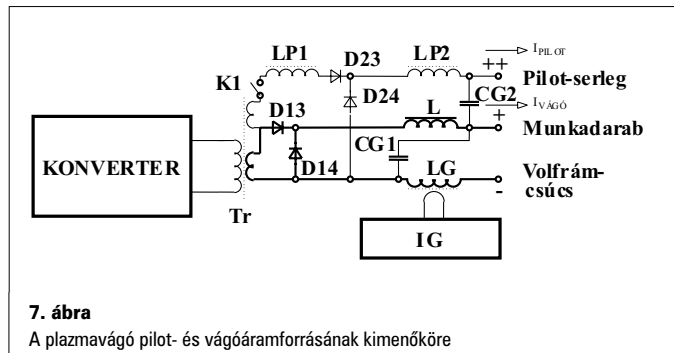


első áramköri részletek változatlanul maradnak, csupán a Tr transzfórtor és a kimenet közötti részt érinti a változás, mert a kimenőkörbe a 6. ábra szerinti módon beépül az ívgyújtó. A segédberendezések és a 2-4 ütemű vezérlő áramkör részleteit nem tartalmazza a 6. ábra.

Az ívgyújtó az IG nagyfrekvenciás impulzus generátorból és az LG induktivitás és CG kondenzátor alkotta szűrőtagból áll. Az impulzusgenerátor pár száz Hz-es, rendkívül keskeny, 0,5-1 ms-os, 500-600 V amplitúdójú impulzussorozatot szolgáltat az LG induktivitás egyenletes tekercsére, amelyet az induktivitás főáramkörben lévő tekercse 6-7 kV-ra feltranszformál. A CG szűrőkondenzátor az LG induktivitás kapcsain megjelenő nagyfeszültségű impulzussor számára rövidzárat jelent, ezáltal az ívgyújtáshoz szükséges nagyfeszültség csak a hegesztőelektrodákra juthat el, a nagyfeszültséggel szemben a hegesztő áramforrás egyenirányító diódái és egyéb részei védelem alatt állnak.

**7. Plazmavágó áramforrás kialakítása az alapmodulból**

Látszólag különleges igénynek tűnik a plazmavágóhoz szükséges kétféle áramforrás (pilot- és vágóáramforrás). A 3. ábra szerinti alapmodul üzemmódjának ismeretében azonban ez csak annyit



**7. ábra**  
A plazmavágó pilot- és vágóáramforrásának kimenőköre

jelent, hogy a Tr nagyfrekvenciás energiaátvivő transzformátort nem egy, hanem két szekunder tekercsel kell ellátni, az egyik szekunder tekercs egyenirányított feszültségét a pilot-elektroda, a másikat a vágóelektroda táplálására kell alkalmassá tenni. Természetesen a pilot-áramforrás kialakításakor az eső jelleggörbét megfelelő eszközökkel biztosítani kell a plazmavágó technológia által megkövetelt módon.

Az alapmodul kiegészítéseit a plazmavágó áramforrás teljesítménykörében a 7. ábra kapcsolási vázlatja szemlélteti. A kimenőkör két, galvanikusan összekötött áramforrást alkot. A vágóáramot ( $I_{VÁGÓ}$ ) a transzformátor kisebb feszültségű tekercsének D13, D14 diódák által egyenirányított és induktivitással simított árama szolgáltatja, míg a pilot-áramot ( $I_{PILOT}$ ) a transzformátor nagyobb feszültségű tekercséhez csatlakozó D23, D24 diódák képezik. A K1 kapcsoló csak addig az ideig zárt, ameddig a pilot-ívet fenn kell tartani.

A pilot-áram eső jelleggörbe-seregét a D23 diódával sorba kapcsolt LP1 induktivitás eredményezi azáltal, hogy folytonos vezetés esetében elnyújtja a D23 és D24 dióda kommutációs folyamatát. Ekkor mindkét dióda vezet, ezt nevezzük fedési (együttvezetési) jelenségnek. A kommutáció időtartama alatt a transzformátor nagyobb feszültségű tekercse a D23 diódával sorba kapcsolt induktivitáson át tulajdonképpen "zárlatban" van, ezért a D24 diódára jutó feszültségéből hiányozni fog a fedési idő alatti feszültségterület. A fedés időtartama arányos az  $I_{PILOT}$  áram nagyságával, tehát azzal arányos a kieső feszültségterület nagysága is, emiatt a kimeneti jelleggörbe eső természetű. A jelleggörbe sereg esésének mértéke a D23 diódával sorba kapcsolt LP1 induktivitás nagyságával is arányos, tehát az esés mértéke az induktivitás megfelelő megválasztásával a kívánt mértékűre beállítható. Az LP2 induktivitás a pilot-áram simítására szolgál.

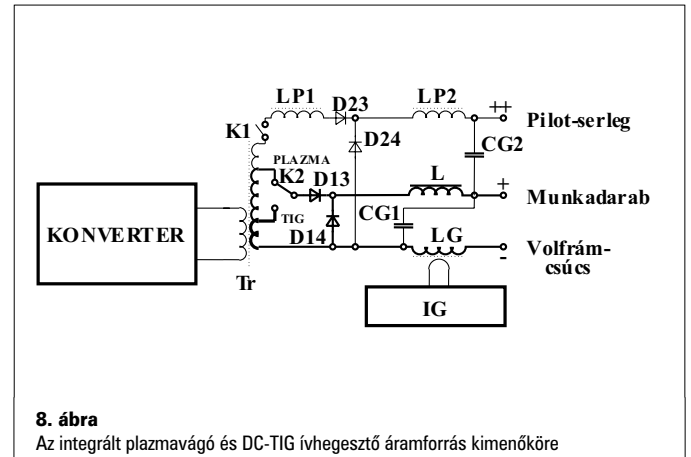
A vágóáram egyenirányító diódáinak fedési időtartamát egy adott áramnál csupán csak a transzformátor szórási induktivitása befolyásolja, amelyet megfelelő tekercselrendezéssel célszerű a lehető legkisebb értékűre lezörítani. Ennek köszönhető az  $I_{VÁGÓ}$  áram viszonylag merev jelleggörbéje. Az L induktivitás feladata a vágóáram simítása.

Megjegyezzük, hogy a pilot-áramforrás eső jelleggörbéjének kialakítása azáltal is lehetséges, hogy a transzformátor pilot-áramforráshoz tartozó szekunder tekercsének szórási induktivitását olyan mértékben megnöveljük, hogy a D23 diódával sorba kapcsolt LP1 induktivitás szerepét a szórási induktivitás vegye át. Ez a megoldás ugyan ár-, külméret- és súlycsökkentést eredményez, azonban kisebb lehetőséget ad a jelleggörbék merekségének módosításához, mert a szórási mértékének megfelelő értékűre történő beállítása nehézkes, miután a szórási induktivitás értéke a transzformátor tekercselésének geometriai méreteitől és a tekercselrendezéstől függ.

**8. Az integrált plazmavágó és ívhegesztő berendezés kivitelezése**

Az integrált plazmavágó és ívhegesztő kivitelezése többféle módon is megvalósítható. Közös készülékben kell elhelyezni a komplett teljesítményelektronikát a szükséges vezérlő-, szabályozó-egységgel, továbbá a plazmavágáshoz, illetőleg a volf-rám-elektrodás, védőgázos ívhegesztéshez szükséges összes segédberendezést (gázcsatlakozás, gázszelap a plazmagáz és védőgáz részére stb.), azok vezérlését ellátó elektronikát (2-4 ütemű vezérlő), valamint az ívgyújtót. A segédberendezések és az alapmodul primer részének mellőzésével a 8. ábrán mutatjuk be az integrált berendezés erősáramú kimenő körének legcélzerűbb kapcsolási elrendezését. Ez az elrendezés tulajdonképpen a 6. és 7. ábra egyesítéséből származik, és teljes mértékben megfelel a 1. és 2. ábrával kapcsolatban ismertetett technológiai követelményeknek.

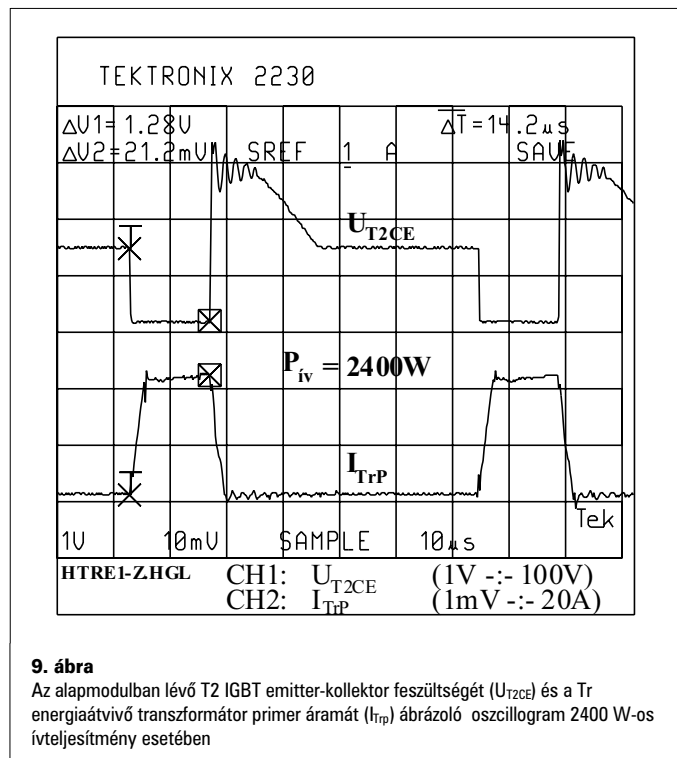
A Tr transzformátor szekunder tekercseinek primer tekercshez viszonyított áttételét a plazmavágáshoz, illetőleg az ívhegesztéshez szükséges feszültségnagyságok alapján kell megválasztani. Mivel galvanikus kapcsolat lehetséges az egyes kimeneti kap-



**8. ábra**  
Az integrált plazmavágó és DC-TIG ívhegesztő áramforrás kimenőköre

cok között, egyszerűen a Tr transzformátor szekunder tekercsének megcsapolásai szolgáltatják az ívhegesztő-, vágó- és pilot-áramforráshoz szükséges feszültségeket, emelkedő sorrendben. A feszültségnagyságok sorrendjével fordított az áramigény, mert a legnagyobb feszültséget igénylő pilot-áramforrás számára szükséges a legkisebb áram, míg az ívhegesztéshez a legnagyobb. A 8. ábrában a szekunder tekercs különböző vonalvastagságai erre az összefüggésre utalnak.

A 8. ábra szerint a D13, D14 dióda plazmavágásnál a vágó-áramforrás, ívhegesztésnél a hegesztő áramforrás számára tölti be a kimeneti egyenirányító szerepét. A technológiai követelményeknek megfelelően a K2 kapcsoló PLAZMA állásban a munkadarab és a vágó elektroda közé nagyobb - 100 V nagyságrendű -, míg a kapcsoló TIG állásban a munkadarab és a volf-rám-csúcs közé kisebb - 25 V nagyságrendű - feszültség jut ki. A K1 kontaktus csak PLAZMA állásban záródik addig az ideig, ameddig a pilot-ívet fenn kell tartani. A pilot-áramforrás kimeneti egyenirányítója a D23, D24 dióda.



## 9. Mérési eredmények

A 3. ábrán látható alapmodul felhasználásával kivitelezett integrált plazmavágó és ívhegesztő berendezés mérési eredményeiből a 9. ábrán bemutatott oszcillogram hullámformái a 8. ábra szerint felépített kimenőkör Tr transzformátorának primer áramát ( $I_{Tp}$ ) és az alapmodulban lévő T2 jelű IGBT emitter-kollektor feszültségét ( $U_{T2CE}$ ) ábrázolja  $P_{iv} = 2400$  W-os ívteljesítmény esetén. A hullámalakok azonos ívteljesítmény esetén a technológiától - DC-TIG ívhegesztés, vagy plazmavágás - függetlenül csaknem azonosak.

## 10. Összefoglalás

A plazmavágó és a volfrám-elektrodás, védőgázos DC-TIG ívhegesztő áramforrás összevonását, egyetlen berendezésként történő kivitelezését elsősorban a technológiai hasonlóságok vetették fel, de a hasonlóságok az energiaátalakító kapcsolat felépítésében is megmutatkoznak. Energiaátalakító alapmodulként aszimmetrikus félhíd kapcsolású, primeroldali szaggatású, nyitóüzemű konvertert alkalmazva, a plazmavágó és az ívhegesztő áramforrás nagyfrekvenciás energiaátvivő transzformátorának primer áramköre teljesen azonos elemeket tartalmazhat és teljesítménye "kaszádolással" megduplázható. Az energiaátvivő transzformátor szekunder tekercsének megcsapolásával a plazmavágó áramforrás és az ívhegesztő áramforrás kimeneti egyenirányítója összevonható. A plazmavágó erősen eső jelleggörbéjű pilot-áramforrása az egyenirányító technikában általában kedvezőtlennek tekintett fedési jelenség révén minden különösebb szabályozás nélkül, veszteségmentesen valósul meg. A kis fedéssel rendelkező vágó- és hegesztő-áramforrás merev jelleggörbéje megfelelő szabályozó alkalmazásával a technológia által megkívánt módon rugalmasan alakítható. A plazmavágó és az ívhegesztő ívgyújtó berendezése ugyancsak közös lehet. Mindezek eredményeként a plazmavágó és a volfrám-elektrodás, védőgázos DC-TIG ívhegesztő berendezés integrálásával egy nagyon gazdaságos, sokoldalú, kisméretű anyagmegmunkáló állomás létesíthető.

## SZERZŐK

A szerzők adatait a cikk első részében tüntettük fel.

## Hírek

### Tapasztalatok a megújuló energiaforrások alkalmazása terén Indonéziában

Kamaruddin professzor a CIGR Villamos és Energia Szekció jelenlegi elnöke, az Indonéz Megújuló Energiák Társasága alelnöke, a Budapesten 2004 májusában tartott CIGR Nemzetközi konferencián beszámolt a megújuló energiaforrások felhasználásának indonéz helyzetéről és perspektíváiról.

Indonéziában igen jelentős a megújuló energia potenciál, de ennek eddig csak részét hasznosították. Az 1. táblázatban látható az eddig létesített megújuló energiát felhasználó berendezések teljesítménye, és a rendelkezésre álló kapacitás.

1. táblázat

Energiaforrás	Beépített kapacitás MW	Potenciál MW	Felhasználás %-okban
Geotermikus energia	589	19 650	3,00
Kis vízerőmű	21	452,75	4,58
Napenergia	5	156 487	0,0033
Szélenergia	0,5	9 286	0,0045
Biomassza	178	49 807	0,36
Biogáz	10	685	1,46
Összesen	803,5	236373,6	0,34

Az eddig létesített projektek részében zavarok vannak az alkatrész utánpótlás és a karbantartás terén. Ezért szükségesnek látszott, hogy a meglévő telepek közül modelleket válasszanak ki, amelyek mintául szolgálhatnak az egész ország számára, és vonzóvá tehetik a magántőke és a területi kormányzóságok részére a megújuló energiák felhasználásán alapuló telepek beruházását.

2002-ben 8 mintaüzemet választott ki. Biztató jelek mutatkoznak az ilyen telepek elterjedésére az egész országban. A kormányzat különböző törvényeket és szabályozásokat hozott, amelyek tovább csökkentik a megújuló energiaforrások felhasználása előtti gazdasági akadályokat.

A megújuló energiaforrások felhasználásának további perspektívái Indonéziában

Egy tanulmány készült a megújuló energiaforrásokból történő energiatermelés beruházásának és üzemeltetésének költségeire. Az eredmények a 2. táblázatban vannak összefoglalva. Ebből látható, hogy számos kis vízi erőmű, biomassza erőmű és napkollektoros rendszer már ma is versenyképes a fosszilis energiaforrásokból nyert energiával. Minden megújuló energiaforrás esetében a két leggyakoribb beépített teljesítményű változatra vonatkozó értékeket adtuk meg.

2. táblázat

Energiaforrás	Beépített teljesítmény kW	Beruházási költség USD/kW	Előállítási ár USD/kWh
Kis vízi erőmű	5	1360	0,0254
	15	900	0,0128
Szélerőmű	4	2350	0,11
	10	3250	0,13
Napenergia a./ napelemek	0,1	8086	0,16
	1,0	4106	0,16
b./ napkollektorok	25	227	0,041
	100	100	0,029
Biomassza	20	600	0,0299
	80	438	0,0157
Geotermikus	15000	2000	0,0218
	30000	1460	0,0118

Ezen intézkedések következtében a közeli jövőben egy racionálisabb és átfogóbb nemzeti energiaprogram és fejlesztési stratégia kialakítása lehetséges. A megújuló energiaforrások alkalmazásával mind tartományi, mind nemzeti alapon, ténylegesen megoldható az energiafejlesztés, az energiahatékonyság, és a fenntartható fejlődéshez szükséges gazdasági növekedés.

**Dr. Sibalszky Zoltán**

Bláthy-, Elektrotechnika-, és Életpálya-díjas MEE tag, a CIGR tiszteleti alelnök