

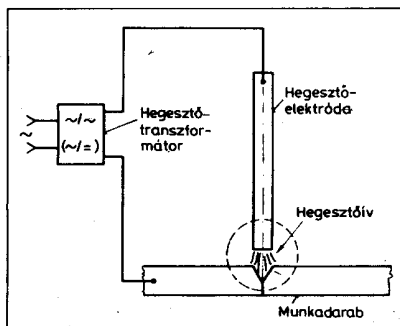
A hegesztőtranszformátor titkai

Mednyánszky László HA7VC

Az utóbbi időben egyre több olvasó érdeklődik a villamos ívhegesztő berendezések működése, esetleg építése iránt. Cikkemben, amely a Radioamator című ukrán folyóirat 1998. januári számában hasonló cím alatt megjelent íráson alapul, elsősorban elméleti ismereteket szeretnék nyújtani az érdeklődők számára. A terjedelem természetesen nem teszi lehetővé az elvek részletesebb fejtegetését, a konkrét gyakorlati útmutatást. Mégis úgy gondolom, hogy a legfontosabb tervezési szempontok ismertetésével a cikk a kísérletező kedvű amatőrök segítségére lehet. Írásomban nem foglalkozom az ívhegesztés gyakorlati kérdéseivel, a különböző hegesztőelektródák alkalmazhatóságával és a munka közben betartandó biztonsági rendszabályokkal sem. Ezért, ha valaki kedvet kap egy transzformátor elkészítéséhez, a próbahegesztés előtt mindenképpen konzultáljon jól képzett szakemberekkel, de legjobb, ha elvégzi a megfelelő tanfolyamot.

Elméleti alapok

A hegesztő ív a feszültség alatt lévő elektróda és munkadarab között a különböző anyagok ionizált gázaiban létrejött hosszán tartó elektromos kisülés (1. ábra). Az ív az anódból, a katódból és a köztük lévő tűzoszlopból áll. Az ívben uralkodó 5...7000 °C-os hőmérséklet minden fémét és ötvözetet



1. ábra

megolvaszt. Munka közben az elektródák felületén az ív hőmérséklete 3500...4000 °C-ra csökken. A villamos ív az elektródák pillanatnyi rövidzár utáni gyors eltávolításakor jön létre a hegesztőpálca és a munkadarab között; hossza gyakorlatilag megegyezik a pálca átmérőjével.

Az ív feszültségének a hegesztőáramtól való függését statikus volt-áramper karakterisztikával jellemezhetjük (2. ábra). Az ív 40...50 V-os feszültség mellett gyullad be, amely az áram növekedésének függvényében 22...25 V-ig csökken. Ez a feszültségcsökkenés – pl. egy 1700 VA körüli teljesítményű trafónál – 80 A terhelésnél megszűnik. Az áram további növekedésekor a feszültség stabilizálódik. Az ívhegesztő berendezések alkalmazása ebben a stabil feszültségű tartományban a leggazdaságosabb. A terhelést növelve kb. 800 A-nál a feszültség növekedni kezd.

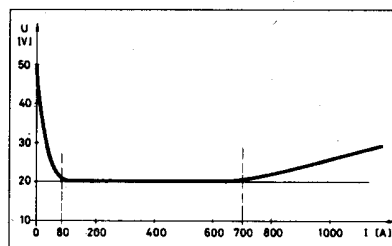
Ha villamos ívhegesztéskor változó áramot alkalmazunk, akkor a villamos ív a hálózati feszültség minden félperiódusában kialszik, majd – másodpercenként százszor – újra begyullad. Az ív áramának és feszültségének időbeni lefolyását a 3. ábrán láthatjuk. Az elektródák közvetlenül a változó áramú transzformátorhoz vannak kapcsolva. Ha a feszültség eléri az U_{gy} értéket, (A pont), akkor a szaggatott vonallal jelzett ív begyullad, majd feszültsége csökken és a B pontban kialszik. Hasonló jelenség játszódik le a negatív félperiódusban is. Látható, hogy az ív csak a köztes t_2 időkbén ég. Hegesztőáram csak ez idő alatt folyik. A t_1 és a t_3 időtartamban nincs elektromos kisülés.

Az üzemi idő növelése érdekében a hegesztőtranszformátorral sorba kötünk egy induktív ellenállást, egy fojtótekercset. A fojtó méretezési szempontjai közül a legfontosabb, hogy induktivitása megegyezik a szekunder tekercs induktivitásával és természete-

sen a teljes szekunder áram átfolyik rajta. Ezért a gyakorlatban fojtóként a szekunder tekercssel megegyező újabb tekercset alkalmaznak. Ebben az esetben a feszültség és az áramerősség között ϕ fáziseltérés jön létre. Amikor az ív árama eléri a nullát, a transzformátor feszültsége már az U_{gy} ($-U_{gy}$) értéken van, így az ív gyakorlatilag soha nem alszik ki (4. ábra).

Fontosabb követelmények

A hegesztő berendezéssel szemben igen magas követelményeket támasztunk: biztosítani kell az ív gyors és biztonságos létrejöttét, ezért az üresjáratú szekunder feszültségének 1,8...2,5-szeresnek, azaz 60...80 V-osnak kell lennie. Munka közben az ív hossza változhat, az áramerősség azonban csak lassan, fokozatosan követheti azt. A transzformátor biztosítja a hegesztőáram folyamatos szabályozását, és beállítását a különböző hegesztési módokban. A hegesztés egy gyors rövidzárral kezdődik, ilyenkor természetesen rövidzárlati áram folyik. A transzformátor azonban ekkor sem mehet tönkre, ezért úgy méretezzük, hogy az üzeminél 40...50%-kal magasabb rövidzárlati áramot is el tudjon viselni. Fontos követelmény, hogy a készülék semmilyen körülmények között se melegedhet túl, hűtését ventilátorral kell biztosítani.

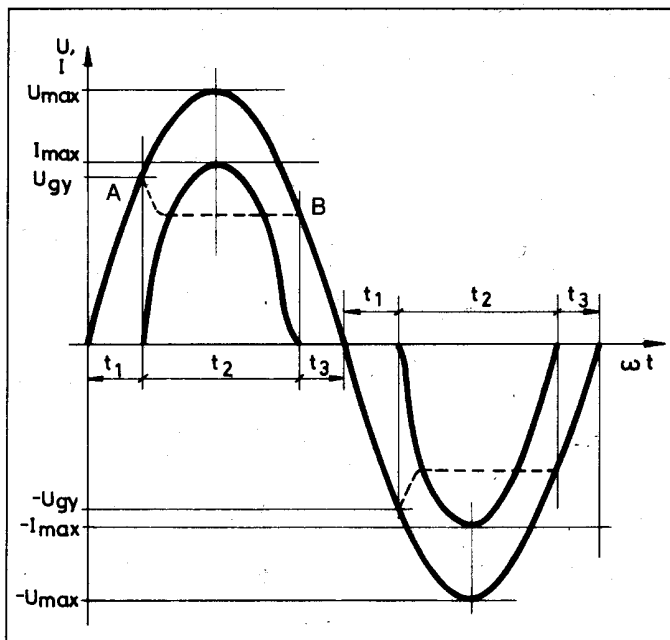


2. ábra

Gyakorlati szempontok

A gyakorlatban különböző hegesztőáram-feszültség karakterisztikájú transzformátorokat ismerünk. Az 5. ábrán négy különböző karakterisztikát láthatunk: 1. meredeken csökkenő, 2. enyhén csökkenő, 3. egyenes, 4. növekvő. Kézi ívhegesztéshez a meredeken csökkenő karakterisztikájú transzformátor alkalmazása a legcélszerűbb. A 6. ábrán az I_1 , I_2 ívhosszakhoz tartozó hegesztőáram-feszültség karakterisztikákat láthatjuk. Ha meredeken csökkenő görbével van dolgunk, akkor a ΔI üzemiáram-változás nem jelentős (6. a ábra). A 6. b ábra szerinti enyhén csökkenő görbénél ΔI értéke jóval nagyobb. Ezért a meredeken csökkenő karakterisztikájú transzformátorral sokkal megbízhatóbban dolgozhatunk, kisebb a valószínűsége annak, hogy a hegesztési varratban az áramváltozásból adódó folytonossági anomáliák, egyéb hibák legyenek. A többi görbétípust az automata és félautomata hegesztőkészülékek transzformátorainál alkalmazzák.

Hogyan érhetjük el a meredeken csökkenő karakterisztikát? A legegyszerűbb módszer az, amikor a szekunder tekercssel egy ellenállást kötünk sorba. Ez lehet egy induktív terhelés is, amely egyben javítja az ív égésidőjét is (4. ábra). A korábban szériában gyártott hegesztőtranszformátorokat az ilyen szabályozóelemek legkülönbözőbb változataival látták el.

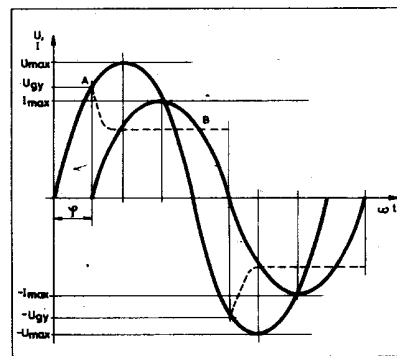


3. ábra

A transzformátorokat két csoportra oszthatjuk: vannak a gyengeáramú elektronikából átvett, hagyományos módszerekkel készült trafók, amelyeket önálló fojtótekercsekkel látnak el, és vannak megnövelt mágneses terű transzformátorok. A 7. a ábra szerinti L induktív ellenállást (fojtót) önálló, változtatható légrésű vasmagra tekercseljük és sorba kapcsoljuk a hegesztőáramkörrel. A meredeken csökkenő karakterisztikát a fojtó önindukciójából adódó elektromos erő hozza létre. A hegesztőáram folyamatosan szabályozható a légrés állításával. A legkisebb légrés mellett kapjuk a legkisebb hegesztőáramot. A vasmag mágneses mezeje és az önindukciós tényező ilyenkor a legnagyobb. A korábban gyártott 350...500 A-es hegesztőtranszformátor-típusok közül néhánynál ezt az elvet fedezhetjük fel.

A 7. b ábrán a hagyományosan felépített transzformátorok egy másik megvalósítását láthatjuk. Az L induktív ellenállás – fojtó – a transzformátorral azonos vasmagra van tekercselve úgy, hogy az általa létrejövő elektromágneses erőtér iránya ellentétes a transzformátor fő erőtérének irányával. A hegesztőáram itt is a légrés állításával változtatható. Ezt az elvet követi néhány szintén korábban gyártott 500...2000 A-es típus.

A második elv szerint a szórt mágneses teret úgy növeljük meg, hogy két primer és két szekunder tekercset készítsünk, és az UI-jellegű magtransz-



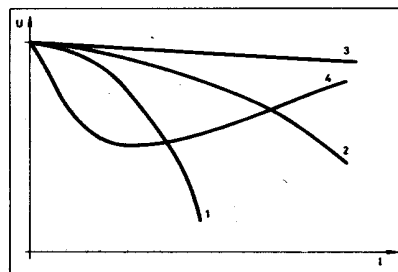
4. ábra

formátor szemben levő oszlopaira helyezjük, majd azonos fázisban tápláljuk azokat. A mágneses mező (gyakorlatilag a hegesztőáram) növelése vagy csökkentése a primer és a szekunder tekercs egymáshoz viszonyított helyzetének megváltoztatásával érhető el (7. c ábra).

A 7. d ábra megoldása szerint szintén dupla tekercset készítsünk, de az EI-jellegű köpenytranszformátor középső oszlopára – törzsére – egymentes elektromágneses sönt-tekercset helyezünk. A mágneses mező változtatását a sönt-tekercs helyzetének – söntölő hatásának – változtatásával érjük el. A fenti megoldással korábban 250...2000 A-es transzformátorokat készítették.

Elektronikus szabályozás

A hegesztőáram szabályozásának fent felsorolt mechanikai módszerei ma már elavultnak mondhatók. A tirisztoros szabályozástechnika fejlődése folytán sokkal precízebben szabályozható és megbízhatóbb áramköröket készíthetünk. A 8. ábrán egy triakos vezérlőáramkör kapcsolási rajza látható. A Tc triak sorba kapcsolódik a Tr,

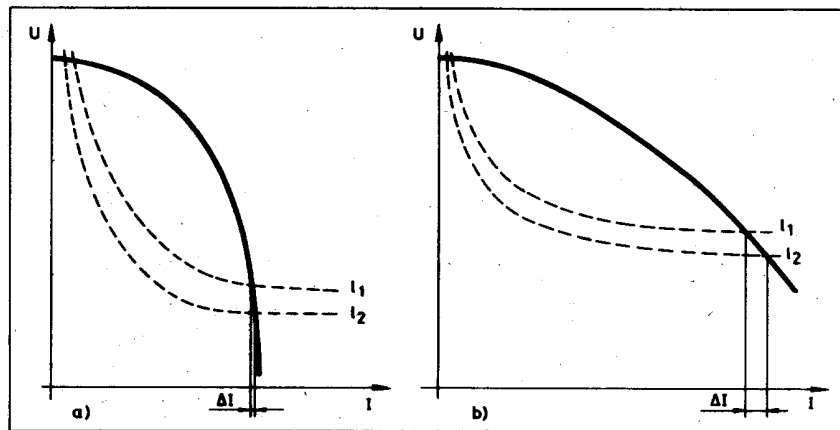


5. ábra

primer tekercsével, és meghatározott időnként hozzákapcsolja a transzformátort a hálózati feszültséghez. A bekapcsolt és kikapcsolt állapot időbeli viszonyát a hegesztőáram átlagértéke határozza meg. A triak vezérlőelektrodja a D_5 diódahídon keresztül kapcsolódik az R_1 -ből és a szembekapcsolt D_1 , D_2 -ből felépített határoló áramkörhöz. A T_1 , T_2 tranzisztorok alkotta darlington a diódahíd átlójában van. Mikor a darlington kinyit, negatív feszültséget kap a triak vezérlőelektrodja és szintén kinyit.

A fenti folyamatot egy komparátoros áramkörrel vezéreljük, amelynek tápfeszültségét a D_3 diódahíd biztosítja, amelynek pozitív ágán az A görbe szerinti jelalakot indikálhatjuk. A T_4 , T_5 és az IC részére a 12 V-os egyenfeszültséget az R_2 , D_4 , C_1 -en keresztül biztosítjuk. A T_3 kollektorfeszültségét az R_3 , D_6 12 V-os stabilizátor az R_5 -ön át biztosítja. A lüktető egyenfeszültség hatására a D_6 -on a B görbén látható 12 V-os négyzögjel jelenik meg. T_3 kollektorfeszültsége a C_2 -n – a C görbe szerint – exponenciálisan növekszik.

Ez a feszültség vezérli a kompará-

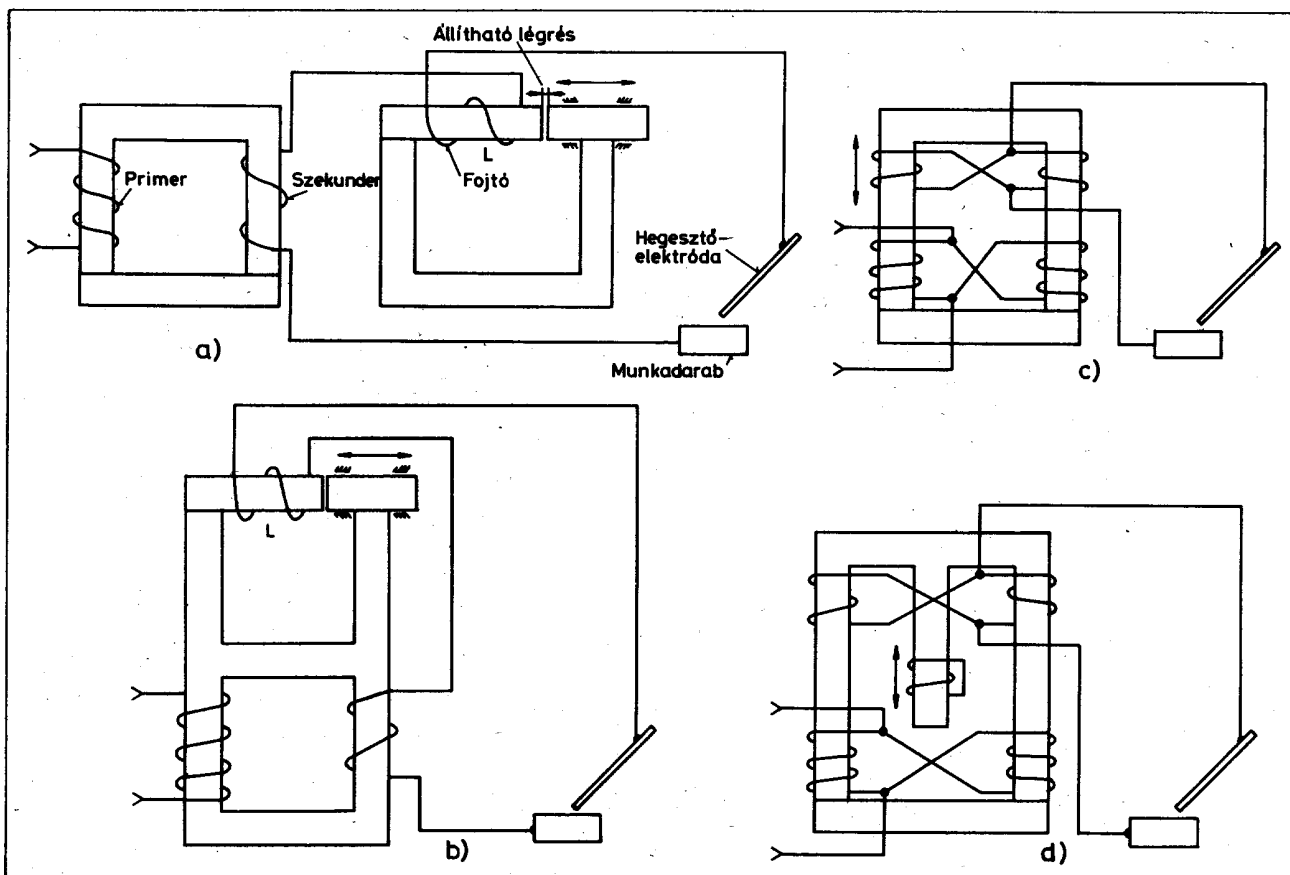


6. ábra

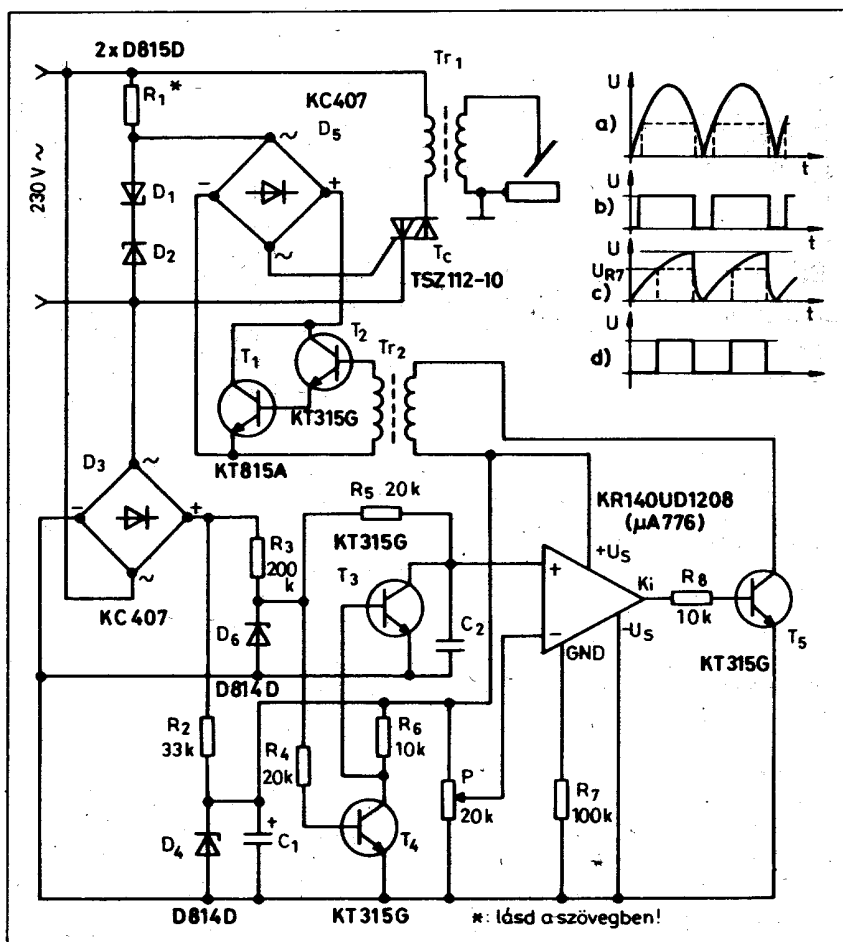
tor IC neminvertáló bemenetét. Az IC másik bemenetére a P potenciométerről az általunk beállított egyenfeszültség érkezik. Amikor a C_2 feszültsége meghaladja a P-n beállított értéket, a komparátor kimenetén 12 V jelenik meg (D görbe). A pozitív feszültség R_8 -on keresztül kinyitja a T_5 -öt és a Tr_2 -n keresztül érkező pozitív impulzus bekapcsolja a darlingtont, tehát a triakot is. Amíg D_6 -on 12 V-os feszült-

ség van, addig T_4 nyitva van, kollektorán a feszültség nullához közeli, ezért a T_3 zárva van. Ahogy a D_6 feszültsége a nullához közelít, a T_4 lezár, a T_3 kinyit és rövidre zárja a C_2 -t, a komparátor kimenetén nulla feszültség jelenik meg. Ez idő alatt a hálózati feszültség görbéje eléri a nullát és a triak kikapcsol.

A P-vel szabályozva a komparátor invertáló bemenetének szintjét, a hálózati



7. ábra



8. ábra

zati feszültség félperiódus-idején belül be lehet állítani a triak kikapcsolásának pillanatát, azaz gyakorlatilag nulla és maximum között folyamatosan szabályozhatjuk a hegesztőáramot.

Néhány méretezési szempont

Az R_1 ellenállást a triak nyitóáramának figyelembevételével kell meghatározni: pl. a 100 mA-es TSZ112-10 típushoz:

$$R_1 = 220 \text{ V} : 100 \text{ mA} = 2,2 \text{ k}\Omega, \text{ a teljesítménye pedig:}$$

$$P_{R1} = 220^2 : 2200 = 22 \text{ W.}$$

A triak maradékfeszültségének ismerete feltétlenül szükséges a disszipált teljesítmény és a szükséges hűtőborda kiszámításához. Az eszköz maximális áramát, amely általában a típuszám után látható amperben, megszorozzuk az üresjáratú feszültség és a hálózati feszültség hányadosával és a nyitott állapotú maradékfeszültséggel: pl. a TSZ142-80 típus esetén az üresjáratú

feszültség 60 V, a maradékfeszültség pedig 1,8 V,

$$P_d = 80 \cdot (60 : 220) \cdot 1,8 \approx 40 \text{ W.}$$

Az R_1 , T_c és a T_2 alkatrészek nagy hőtermelnek, meghibásodásuk elkerülése érdekében hűtőbordára szerelik ezeket.

A villamos ívhegesztést egyenárammal is végezhetjük. Ez a módszer – jellegéből adódóan – kevésbé veszélyes, mint a váltóárammal való munkavégzés, ezen kívül bázikus bevonatú elektródákhoz csak ez ajánlott! A hegesztőtranszformátor szekunder feszültségét egyenirányítón vezetjük át (9. ábra). A diódákat a maximális hegesztőáramra méretezzük. A triak helyett – ebben a kapcsolatban – tirisztort alkalmazunk. Ez a megoldás viszonylag kényelmes, mert a gyakorlatban több nagyáramú tirisztorból válogathatunk, mint triakból. A T_1 , T_2 tranzistor a 8. ábrán bemutatotthoz hasonlóan működik. Vezérlését azzal az áramkörrel is megoldhatjuk. Hátrány-

ként említhetjük meg, hogy a kapcsolatban nagyáramú diódákra van szükség, amelyeket szintén hűtőbordára kell szerelni.

Az ipari alkalmazásokban háromfázisú hálózatról történik az üzemeltetés, a diódás egyenirányítók is ennek megfelelően vannak felépítve.

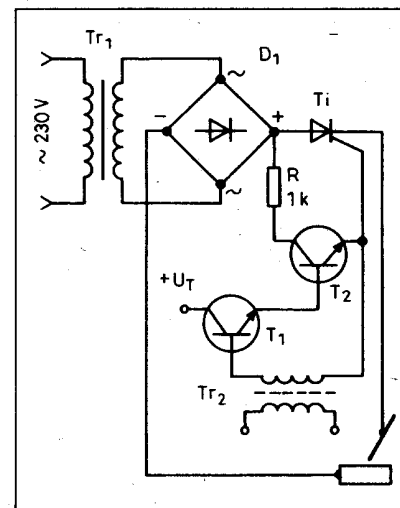
Hegesztőtranszformátor tervezésekor figyelembe kell venni, hogy a hegesztés sebessége a hegesztőáram nagyságától, tehát a transzformátor teljesítményétől függ; az időegység alatt megmunkálható munkadarab tömege:

$$m = k \cdot I \cdot t.$$

A képletben a k a pálcákra jellemző adat, értéke – jó minőségű bevonat esetében – 7...10 g/Ah; I a névleges áramerősség A-ben; t az idő órában. Pl. 10 A-es árammal 1 óra alatt 100 g anyagot tudunk megmunkálni, 100 A-ra 1 kg-ot. Ebből következik, hogy a kényelmes munkavégzéshez elegendő nagy áramra és néhány kW-os transzformátorra van szükség. Ezért a hegesztési munka otthoni körülmények között nem veszélytelen vállalkozás. Nagy terhelhetőségű hálózatra, jó minőségű falkábelekre van szükség.

A hegesztőtranszformátor méretezéséhez tudnunk kell a hegesztőáram értékét, amely alapján meghatározhatjuk a szükséges teljesítményt. Ennek ismeretében bármelyik ismert módszer szerint számolhatunk. Pl. 100 A-es hegesztőáramhoz 3 kVA-es transzformátor szükséges, 200 A-hez 6 kVA-es stb.

A kisebb házkörüli munkák elvégzéséhez jó eredménnyel alkalmazhatjuk a 80...100 A-es hegesztőtranszformátorokat, amelyekkel $\varnothing 1,5...2$ mm-es – megfelelő bevonatú – elektródával és egy kis gyakorlattal elfogadható minőségű varratokat készíthetünk.



9. ábra