

38. ábra. A 45 W-os erősítő kapcsolási rajza

SM85/a, vagy a hagyományos lemezelt magra: EI106/45. A hiperszil alapú kimenőtranszformátor adatai a **10. táblázatban**, míg az EI formátumúé a **11. táblázatban** található. Az elkészített transzformátort beépítés előtt célszerű ellenőrizni. A szekunder tekercs 8 Ω-os kivezetésére kapcsoljunk 6,3 V-ot (fűtőfeszültség). A primer oldalon a pozitív és az anód kivezetések között 40 V-ot kell mérnünk. A két anódkivezetés között ennek a dupláját, tehát 80 V-ot mérünk, amennyiben jól kötöttük össze az egyes tekercsvégeket.

A végerősítő fóliarajza a **31. ábrán**, míg alkatrész beültetési rajza a **32. ábrán** található. A végerősítő kondenzátorainak feszültségét a kapcsolási rajzon feltüntettem. A beépített ellenál-

lások fémréteg típusúak (R510, R512, RM4), a terhelhetőségük 0,5...0,6 W. A nagyobb teljesítményű ellenállásokat a kapcsolási rajzon külön jelöltem. A csőfoglatok szereléséhez a 6 W-os erősítőnél leírtakat vegyük figyelembe.

#### Tápegység a 25 W-oshoz

A tápegység kapcsolási rajza a **33. ábrán** látható. A Tr<sub>2</sub> hálózati transzformátor sztereó üzemhez készült. A hálózati transzformátort elkészíthetjük hiperszil anyagú szalagmagra, a típusa SM102/a, vagy a 4% szilícium ötvözött hagyományos EI magra. Az AB-osztályú munkapontra jellemző a változó áramfelvétel, ezért a feladat: kis belsőellenállású tápegységet készíteni, ahol a terheléstől alig változik a feszültség.

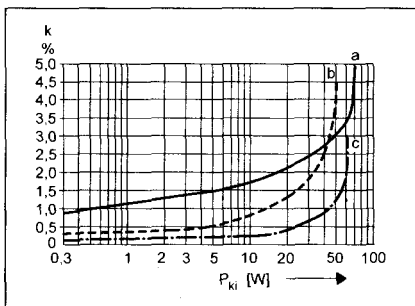
Ezt túlméretezett hálózati transzformátorral, kis belsőellenállású egyenirányító diódákkal, valamint nagy szűrőkapacitásokkal érjük el.

A Tr<sub>2</sub> hálózati transzformátor adatait hiperszil szalagmagra a **12. táblázat**, hagyományos lemezelt magra a **13. táblázat** tartalmazza.

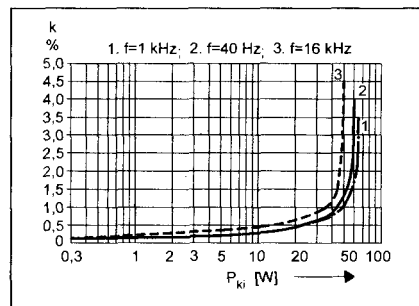
A tápegység-nyak fóliarajza a **34. ábrán**, alkatrészeinek beültetési rajza a **35. ábrán** található.

Az egyes panelek, transzformátorok javasolt elhelyezése a **36. ábrán** látható. A huzalozási rajzot a **37. ábra** szemlélteti.

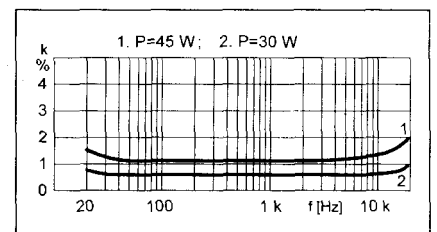
Az elektromos élesztést a tápegységgel kezdjük. Zárjuk a K kapcsolót. A D<sub>21</sub> LED világít. A késleltetési időt kb. 30 másodpercre állítjuk be a P<sub>5</sub> potenciométerrel. A jelfogó meghúzásával egyidejűleg begyűjt a D<sub>19</sub> LED, megjelenik az anódfeszültség a kime-



39. ábra. A végerősítő torzítása különböző negatív visszacsatolásoknál



40. ábra. A végerősítő torzítása különböző frekvenciákon, a teljesítmény függvényében



41. ábra. A végerősítő torzítása 30 W és 45 W teljesítménynél, a frekvencia függvényében

neti kapcsolatokon. Ezek a feszültségek terheletlenek, így értékük nagyobb. A  $P_6$  és a  $P_7$  potenciométerrel  $-135$  V-ot állítunk be. A sztereoerősítőt csatornánként mérjük be. Összekötjük az egyik végerősítőt a tápegységgel. A hangszóró helyére  $8 \Omega$ ,  $30$  W-os műterhelést kapcsolunk. Ezt több huzalellenállás párhuzamos kapcsolásával hozhatjuk létre: pl.  $22 \Omega$   $10$  W,  $22 \Omega$   $10$  W, valamint  $33 \Omega$   $10$  W párhuzamos kapcsolásának eredője  $8,25 \Omega$ . Zárjuk a K kapcsolót. Amennyiben a kimenőtranszformátorból sípoló vagy kattogó hang jönne, cseréljük meg az anódvézetékeket.

DC millivoltmérővel felváltva mérünk az  $R_{25}$  és az  $R_{27}$  ellenállás sarkain. A  $P_1$  potenciométerrel azonos feszültséget állítunk be. Ezután a  $P_6$  potenciométerrel addig változtatjuk a rácselőfeszültséget, míg a  $V_{4ab}$  katódeellenállásain ( $R_{25}$  és  $R_{27}$ )  $25$  mV-ot mérünk. Ellenőrizzük újból a szimmetriát, ha szükséges állítsunk utána a  $P_1$  potenciométerrel. A másik végcső, a  $V_5$  esetén a fent leírtakat kell megismételni. Bekapcsolás után tíz, húsz perc elteltével ellenőrizzük a kapcsolási rajzon megadott feszültségeket. Lényeges, 20% feletti eltérés esetén ellenőrizzük a beépített ellenállások értékét, cseréljük elektroncsövet. A zajminimumot (brumm) csatornánként (jobb és bal) állíthatjuk be a  $P_3$  és a  $P_4$  potenciométerrel. A potenciométerek csúszkáját (közepét) vagy földre, vagy az  $R_{37}$  és az  $R_{38}$  ellenállás osztáspontjára kössük, attól függően, hol kisebb a zaj! A zajminimum beállítását rövidre zárt beemenetnél végezzük.

### 45 W-os ellenütemű erősítő

Kimenőteljesítménye alkalmassá teszi nagyobb terem, kerthelyiség hangosítására. Sztereó rendszerben a kétszer  $45$  W (szinuszos) teljesítménye jó hangdobozokkal tekintélyes hangerőt biztosít. Az erősítő érdekessége, hogy hosszú élettartamú (10 ezer óras) ipari csövekből épült fel. Ez azt jelenti, hogy napi három órányi üzemeléssel szá-

molva az erősítő elvileg kilenc évig üzemel, csőcsere nélkül!

Az ipari csövek speciális, szigorított technológiával készültek. A legyártott elektroncsöveket „égették”, majd több ponton mérték jellemző paramétereiket. Természetesen az áruk többszöröse volt a hagyományos technológiával gyártott kommersz társaikhoz képest. Az erősítő az E88CC ketőstriódára, valamint az E130L végpentódára épül. Ezek a csövek is kaphatók a HAM-bazárban.

A  $45$  W-os erősítő kapcsolási rajza a **38. ábrán** látható. Négy darab elektroncsövet tartalmaz csatornánként. Az erősítő műszaki adatai a következők:

Bemeneti érzékenységek	290 mV ( $P_{ki} = 45$ W)
Bemeneti impedancia	kb. 330 k $\Omega$
Kimenőteljesítmény	45 W ( $f = 1$ kHz, $k = 1\%$ )
Névleges kimenőimpedancia	4 vagy 8 $\Omega$

Az erősítő meghajtó és fázisfordító fokozata egyezik a  $25$  W-os erősítő kapcsolásával. Az anódköri munkaelenállások, valamint a katódeellenállások értékei változnak, ennek oka, hogy az E88CC paramétereit eltérnek a 6N8Sz-étől. Akit érdekel a működés elve, az olvassa át a  $25$  W-os erősítő ezen részét, természetesen figyelembe véve az eltérő alkatrészpozíció-számozást.

A  $V_{2a,b}$  elektroncső anódjairól az egyforma nagyságú ellenfázisú jelek a  $C_9$ , ill. a  $C_{10}$  kondenzátoron át a  $V_3$ , ill. a  $V_4$  végpentóda vezérlőrácsára kerülnek. A rácsköri soros  $R_{20}$ , ill.  $R_{21}$  az ultranagyfrekvenciás gerjedést akadályozza meg.

A két végcső anódamának kiegyenlítését a  $P_1$  potenciométerrel végezzük el. A végpentódák típusa E130L, a foglalatuk ún. oktál (nyolccsapos). E csőtípust hajdanán a Tungstram is gyártotta, s pl. az EMG impulzusgenerátorának kimenőfokozatában alkalmazták. Műszaki adatai:

Fűtőfeszültség	6,3 V
Fűtőáram	1,7 A
Javasolt anódfesz.	250 V
Javasolt segédrácsfesz.	150 V
Meredekség	27,5 mA/V
Anóddisszipáció	max. 27,5 W

A végerősítő viszonylag alacsony anód- és segédrács-feszültséggel, nagy anódamással üzemel. Az illesztőimpedancia ebből adódóan igen alacsony, mindössze  $1,6$  k $\Omega$ . A kapcsolásra jellemző a változó áramfelvétel: jelen esetben a nyugalmi áramfelvétel  $75$  mA, amely a teljes kivezérlésnél ( $45$  W)  $180$  mA-ra megy fel csövenként. A tápegységet ennek figyelembevételével kell méretezni.

A csövek anódamát befolyásolja a segédrácsfeszültség. Néhányszor tíz voltnyi változás jelentős anódamváltozást eredményez. Ezért a segédrácsfeszültséget stabilizálni kell. Ennek műszaki megoldását a tápegységnél ismertetjük.

A két végcső „D” osztályú (fix előfeszültségű) üzemben működik. A nyugalmi anódam gyakorlatilag egyezik az 1973-ban kiadott Tungstram katalógus adataival. Az eltérés abban van, hogy az általam közölt kapcsolás nem a hagyományos push-pull (amelyre a katalógusadatok vonatkoznak), hanem a Quad kapcsolás. Ennek az áramköri megoldásnak a lényegét leírtam a 2001-es *Rádiótechnika Évkönyve* 169. oldalán lévő „Elektroncsöves,  $35$  W-os hangvégerősítő” című cikkemben. A lényeg az, hogy a kimenőtranszformátor katódköri tekerésén ellencsatolás jön létre, amelyet az anód- és a segédrácsáram hoz létre. Az ultralinear kapcsoláshoz hasonlóan csökken a pentóda belsőellenállása. Minél nagyobb a visszacsatolás, annál jobban közelít a végpentóda a végtriódához. Ebből kifolyólag csökken a kimenőteljesítmény, a csillapítási tényező növekszik.

A kimenőparaméterek javulása nincs ingyen. A meghajtófeszültséget lényegesen nagyobbra kell méretezni.

**beyma**  
PROFESSIONAL LOUDSPEAKERS

MINDEN AMI HANG:

**REFLEX**  
SOUND SYSTEM

**CELESTION ECLEREO**

Hangrendszerek tervezése kivitelezése | Hangszórók, hangsugárzók

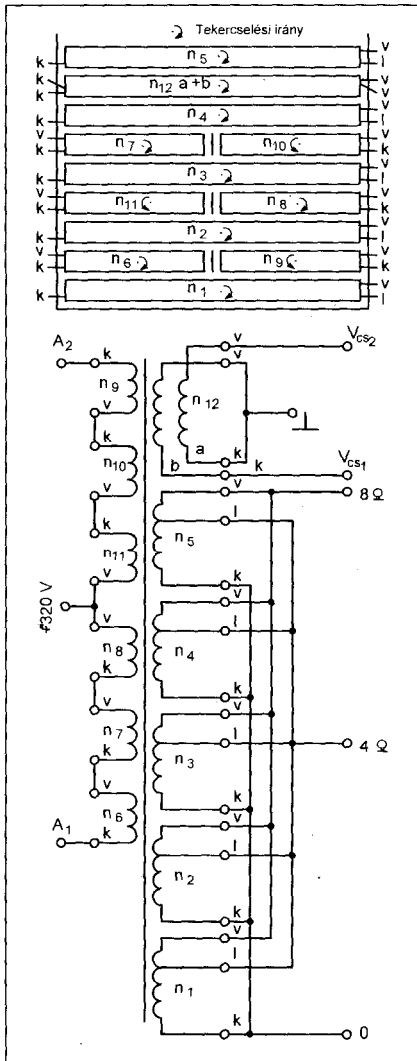
Erősítők, processzorok | 100 V-os rendszerek

Kültéri hangsugárzók | Hangosítás (komoly referenciákkal)

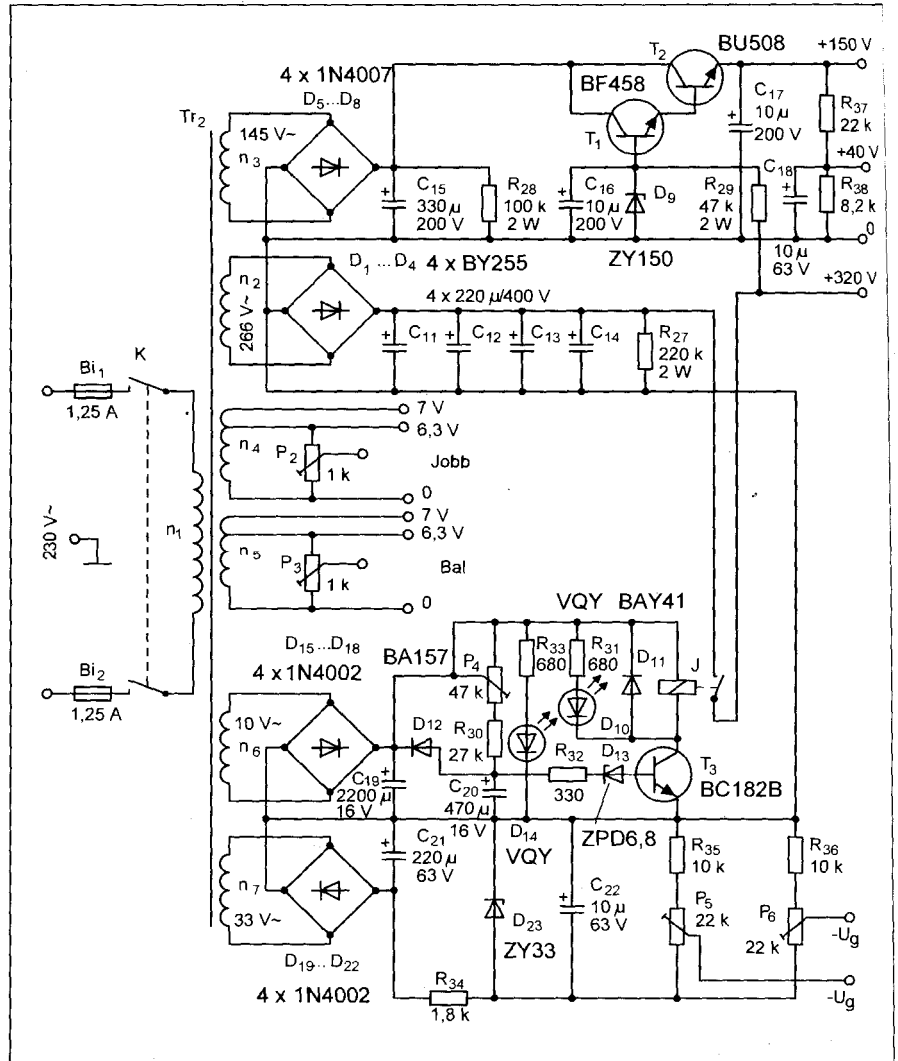
Elektroakusztikai eszközök javítása



2225 Üllő, Pesti út 69. Tel.: 29 - 320-071, 320-688 Fax: 29 - 322-225 Nyitva: H-P 7-17 [www.reflexsound.hu](http://www.reflexsound.hu)



42. ábra. A Tr<sub>1</sub> kimenőtranszformátor tekercseinek felépítése



43. ábra. A tápegység kapcsolási rajza

13. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	830	Ø0,80 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A n1 és n2 tekercsek között három réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. A többi tekercs között két réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
Szekunder	n2	380	Ø0,30 mm Mz	
	n3	670	Ø0,60 mm Mz	
	n4	25	Ø1,80 mm Mz	
	n5			
	n6	35	Ø0,30 mm Mz	
	n7	470	Ø0,20 mm Mz	

Vasmag: EI 130/35

14. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n6	150	Ø0,45 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között két sor 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
	n7			
	n8			
	n9			
	n10			
Szekunder	n11	48*, 67	Ø0,60 mm Mz	* leágazás
	n1			Az n12 tekercs dupla szállal tekercselve.
	n2			
	n3			
	n4			
Katódköri visszacsatoló	n12	90	Ø0,50 mm Mz	

Vasmag: hiperszil szalagmag SM 102/b

Gyakorlatilag arról van szó, hogy a katódköri visszacsatoló-feszültség kivonódik a vezérlőrács feszültségéből. Ez a fázisfordítóval és a meghajtóval szemben támaszt követelményt. Szerencsére az E130L a nagy meredeksége révén viszonylag kis rácsváltófeszültséget igényel.

A végcsövek nyugalmi áramának szimmetrizálását a P<sub>1</sub> potenciométerrel végezzük. A nyugalmi (vezérlés nélküli) anódáramot a tápegységben lévő P<sub>5</sub> és P<sub>6</sub> potenciométerrel állíthatjuk be csatornánként. A nyugalmi anódáram 75 mA csövenként. Az R<sub>22</sub> és az R<sub>23</sub> (1 Ω-os) ellenálláson az anódáramon kívül a segédáram is átfolyik; ez (a 150 V-os feszültségnél) 2,5 mA. Hozzáadva az anódáramhoz, kerekítve 78 mA-es áramot mérünk a katódkörben, amely 78 mV feszültségesést hoz létre az R<sub>22</sub> és az R<sub>23</sub> sarkain. Ennél a munkaponti beállításnál a disszipációs hiperbola által határolt területen belül vagyunk, kellő biztonsággal.

A végerősítő két negatív visszacsatolást tartalmaz. A kimenőtranszformátor n<sub>12</sub> jelű tekercséről a végcsövek katódjába csatolunk vissza, ez a Quad kapcsolás lényege. Az ellenszatolás mértéke a tekercs menetszámától függ, jelen esetben 13,1 dB. A másik visszacsatolás a kimenőtranszformátor szekunder tekercséről történik, az R<sub>10</sub> és C<sub>5</sub> RC-tagon keresztül a V<sub>1a</sub> elektroncső katódjába. Nagysága 10,8 dB. **A 39. ábrán** látható az erősítő torzítása 1 kHz-es frekvencián:

- negatív visszacsatolás nélkül,
- Quad kapcsolásban,
- Quad kapcsolásban + a szekunder tekercsről ellensatolással.

Az „a” görbe szerinti torzítás a legnagyobb. A kimenőteljesítménnyel együtt növekszik a torzítás. A meghajtófokozatnak köszönhetően 65 W kimenőteljesítménynél 4,2% a jelalaktorzítás, ez jó érték. (A ma már legendás gitárerősítőkből, pl. Marshall, Selmer, Fender, nem alkalmaztak negatív visszacsatolást a kimenőtranszformátorról. Véleményem szerint azért, mert a transzformátorok primitív felépítésűek voltak, csapnivaló frekvenciame-nettel. Ilyen esetben a negatív visszacsatolás csak ront a helyzeten – az erősítő gerjedékeny lesz.)

A „b” görbe a Quad kapcsolással kiegészített áramkör. A torzítás jelentősen csökken, majd meredeken emelkedik. Ez abból adódik, hogy a pentóda üzemmódból a trióda üzembe közelí-

tünk. Ennél az üzemmódnál a lényeg az, hogy a belsőellenállás csökken, tehát a csillapítási tényező (d) jelentősen növekszik,

A „c” görbe a Quad és a kimenőtranszformátor szekunder tekercséről létrehozott negatív visszacsatolás együttes hatását szemlélteti.

Megmértem az erősítő torzítását különböző frekvenciákon a kimenőteljesítmény függvényében. A mért eredmények a **40. ábrán** láthatók. Megmértem az erősítő frekvenciame-nétét 30 W kimenőteljesítménynél. Alacsony frekvencián, 20 Hz-en a szintesés 0,5 dB. Szaporább frekvenciáknál a -1 dB-es pont 50 kHz. A 3 dB-es esés 90 kHz-nél következik be. Ennél a frekvenciánál a műterhelés sarkain szabályos zsinusz hullámformájú jelet láthatunk. **A 41. ábrán** a végerősítő torzítása látható a frekvencia függvényében 30 W, majd 45 W kimenőteljesítménynél.

Az E130L végerősítőcső optimális illesztőellenállása ennél a tápfeszültségnél R<sub>aa</sub> = 1,6 kΩ. Ez igen kedvező érték, mert alacsony primer menetszámot eredményez.

A Tr<sub>1</sub> kimenőtranszformátor anódtól anódig hat részre van osztva. A szekunder tekercs öt részből áll, ezek párhuzamosan kapcsolódnak. A névleges terhelőimpedancia 4, illetve 8 Ω. Két szekunder tekercs között helyezkedik el a dupla szállal tekercselt katódköri tekercs. A kimenőtranszformátor SM102/b típusú, hiperszil anyagú tekercselt szalagmagra készült. A transz-

formátor adatait a **14. táblázat** tartalmazza. A kimenőtranszformátor tekercselési sorrendjét, a tekercsek összekötését a **42. ábrán** szemléltethetjük meg.

Kiszámítottam a kimenőtranszformátort a hagyományos, 4% szilícium-tartalmú EI130-as vasmagra is. Hangzásban nincs különbség, a lemezelt EI mag nagyobb térfogatú. Az EI magra vonatkozó adatok a **15. táblázatban** található.

Az elkészített kimenőtranszformátort beépítés előtt ellenőrizzük. A szekunder tekercsre (8 Ω) kapcsoljunk 24 V, 50 Hz-es feszültséget (páka-transzformátor). A primer oldalon a középkivezetés (+) és az A<sub>1</sub>, illetve A<sub>2</sub> pontok között 160 V-ot kell mérni (pontos 24 V mellett!). Az A<sub>1</sub> és az A<sub>2</sub> között ennek a dupláját, vagyis 320 V-ot mérünk. A katódköri tekercs középkivezetése és bármely széle között 29 V-ot, a két katódkivezetés között ennek a dupláját, vagyis 58 V-ot kell mérnünk, helyes bekötés esetén.

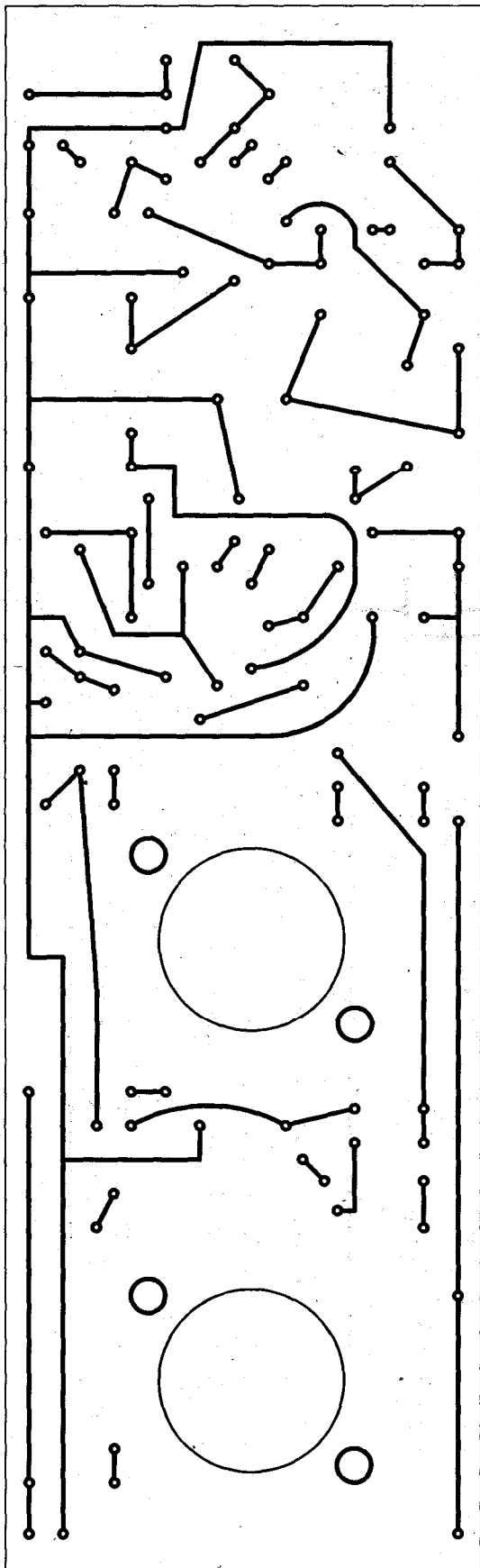
A kimenőtranszformátor 8 Ω-os tekercsével párhuzamosan található az R<sub>26</sub> jelölésű, 100 Ω/2 W-os ellenállás. Ez lényegében egy előterhelés, amely megszakadt hangszórókor esetén megakadályozza a primer oldali nagy – átütésveszélyes – feszültségcsúcsok létrejöttét.

#### Tápegység a 45 W-oshoz

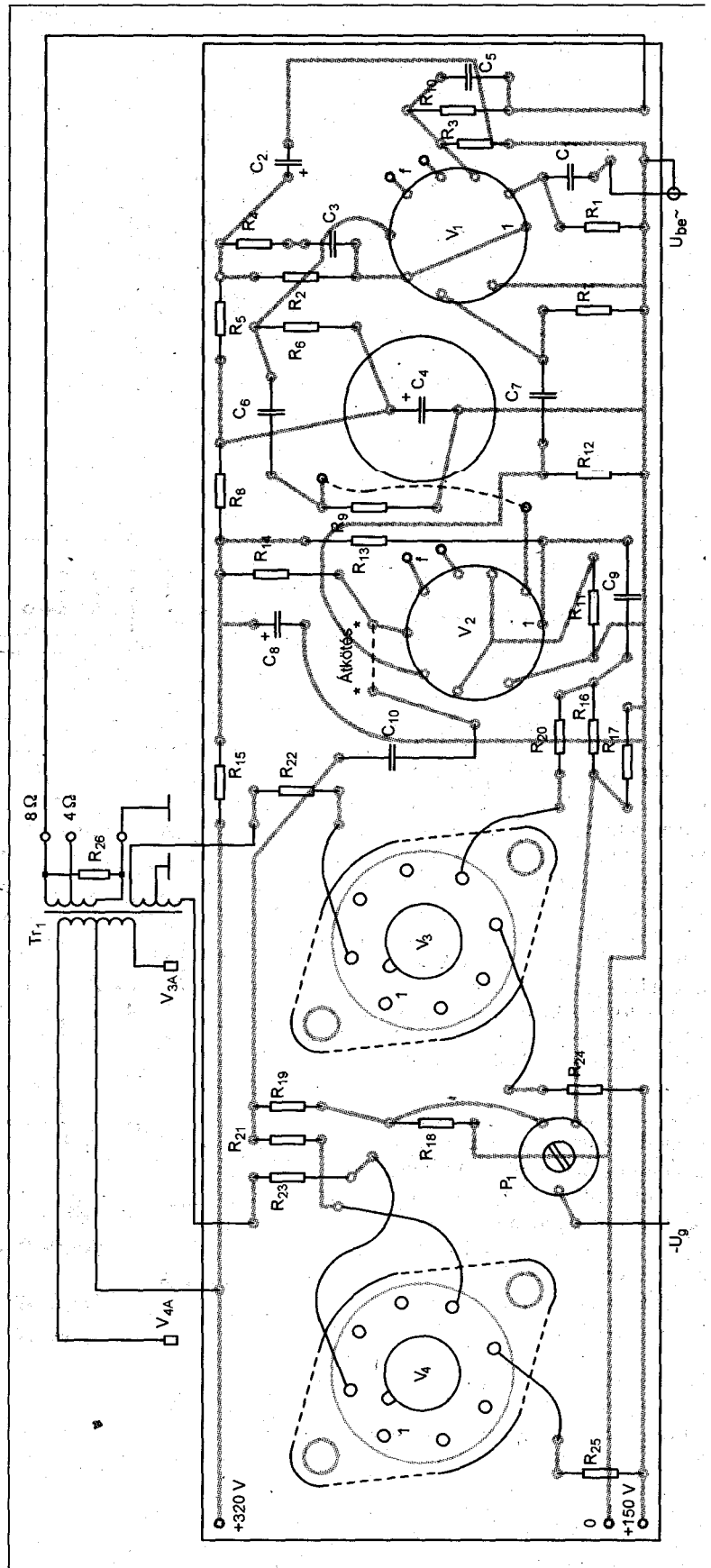
Kapcsolási rajza a **43. ábrán** található. Gyakorlatilag felépítésében egyezik az

15. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n6	180	Ø0,50 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között két sor 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges. * leágazás
	n7			
	n8			
	n9			
	n10			
Szekunder	n1	57*, 80	Ø0,65 mm Mz	Az n12 tekercs dupla szállal tekercselve.
	n2		Ø1 mm Mz	
	n3		Ø0,65 mm Mz	
	n4			
Katódköri visszacsatoló	n11	107	Ø0,50 mm Mz	
	n12			
Vasmag: EI 130, q = 24...25 cm <sup>2</sup>				



44. ábra. A 45 W-os erősítő nyomtatási rajza



45. ábra. A 45 W-os végerősítő alkatrész-beültetési rajza

16. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	390	Ø0,80 mm Mz	Soroként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A n1 és n2 tekercsek között három réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. A többi tekercs között két réteg 0,15 mm-es prespánpapír szigetelés szükséges. * leágazás
Szekunder	n2	475	Ø0,60 mm Mz	
	n3	258	Ø0,22 mm Mz	
	n4	11*, 13	Ø1,20 mm Mz	
	n5			
	n6	18	Ø0,30 mm Mz	
	n7	59	Ø0,20 mm Mz	

Vasmag: hiperszil szalagmag SM 102/a

17. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	640	Ø0,80 mm Mz	Soroként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A n1 és n2 tekercsek között három réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. A többi tekercs között két réteg 0,15 mm-es prespánpapír szigetelés szükséges. * leágazás
Szekunder	n2	776	Ø0,60 mm Mz	
	n3	424	Ø0,22 mm Mz	
	n4	18*, 20	Ø1,20 mm Mz	
	n5			
	n6	29	Ø0,30 mm Mz	
	n7	59	Ø0,20 mm Mz	

Vasmag: EI 130, q = 18 cm<sup>2</sup>

eddig ismertetett elektroncsöves erősítő tápegységével. Az eltérés a segéd-rács feszültségét előállító fokozatban van. Egy viszonylag egyszerű, két tranzistorral, valamint egy Z-dióával felépített, emitterkövetős tápegység adja a végerősítőcsövek segéd-rácsfeszültségét.

A T<sub>1</sub> és a T<sub>2</sub> tranzisztor Darlington-kapcsolásban üzemel. Mindkettő nagyfeszültségű típus. A kimeneti feszültséget a D<sub>9</sub> jelű Z-dióda állítja be közelítőleg 150 V-ra. A tranzisztorok bázis-áramát, valamint a dióda könyökbeállítását az R<sub>29</sub> ellenállás, a J jelfogó által kapcsolt tápfeszültségről végzi. Ennek a következő az előnye. A végpentódák (tetródák) halála, ha a segéd-rácsfeszültség jelen van, az anódfeszültség viszont hiányzik. Ilyenkor a segéd-rács-áram a többszörösére növekszik az üzemi értékhez képest. Hosszabb idő elteltével felizzik, az elektroncső tönkremegy.

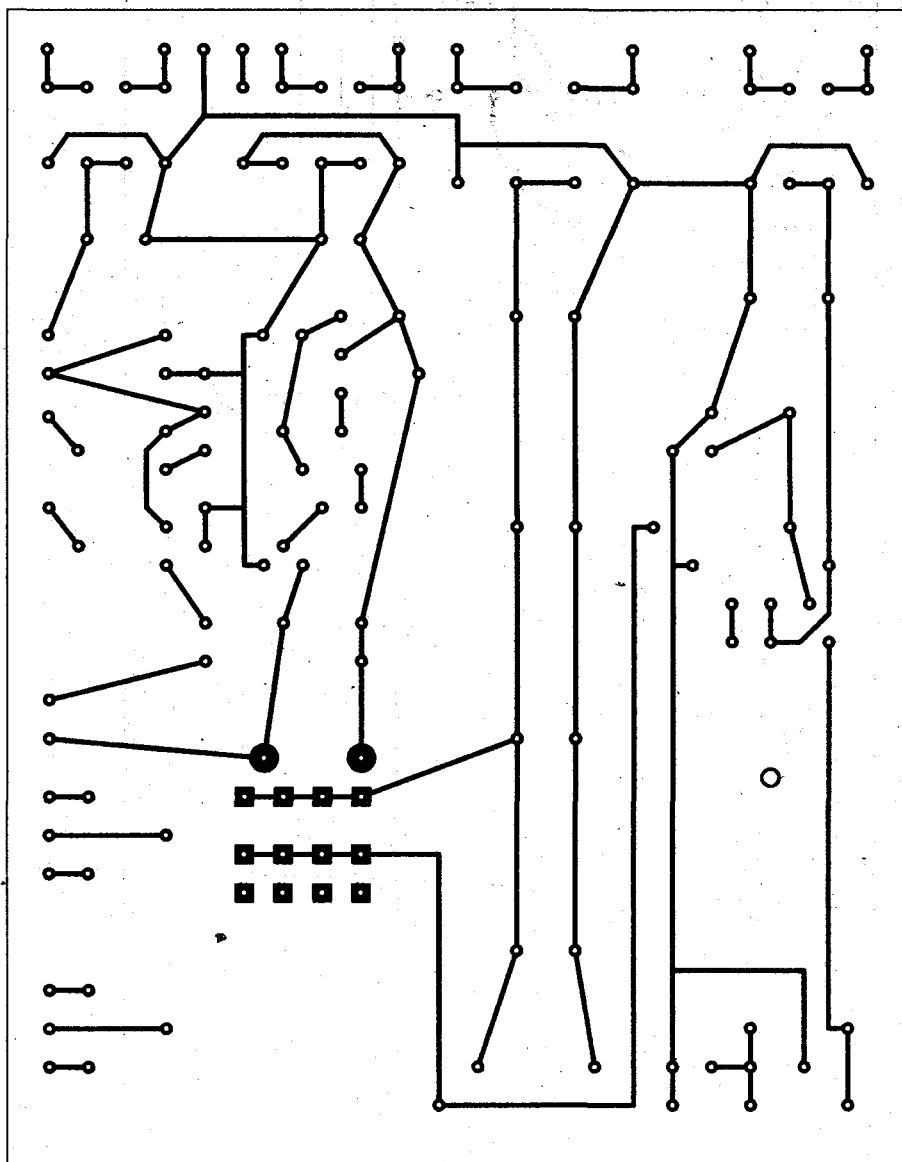
Az általam készített tápegységnél az anódfeszültség adja a T<sub>1</sub> és a T<sub>2</sub> tranzisztor bázisáramát. Amennyiben nincs valamilyen okból anódfeszültség, nem lesz segéd-rácsfeszültség sem. Ezzel megvédtük a pusztulástól a drága végcsöveket.

A jobb és a bal csatornát külön fűtőtekercsről üzemeltetjük, így a minimális brumm könnyebben beállítható a P<sub>2</sub> és a P<sub>3</sub> potencióméterrel.

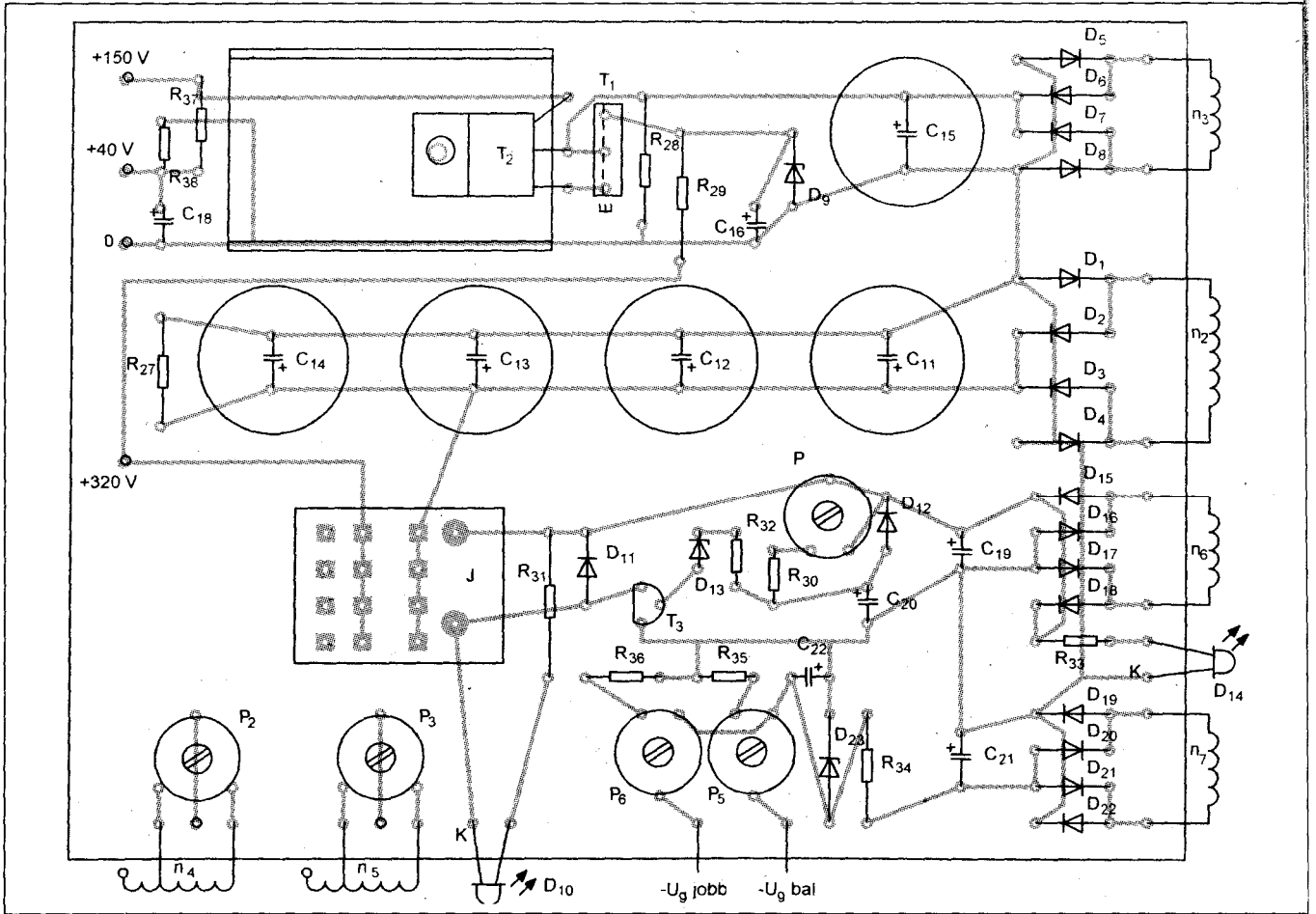
Az anódfeszültséget a fűtéshez képest késleltetve kapcsoljuk. A javasolt idő 30...40 s, amelyet a P<sub>4</sub> potencióméterrel állítunk be.

A negatív rácselőfeszültséget csatornánként állíthatjuk be a P<sub>5</sub> és a P<sub>6</sub> potencióméterrel.

A Tr<sub>2</sub> hálózati transzformátort elkészíthetjük hiperszil anyagú tekercselt



46. ábra. A tápegység nyomtatási rajza



47. ábra. A tápegység alkatrész-beültetési rajza

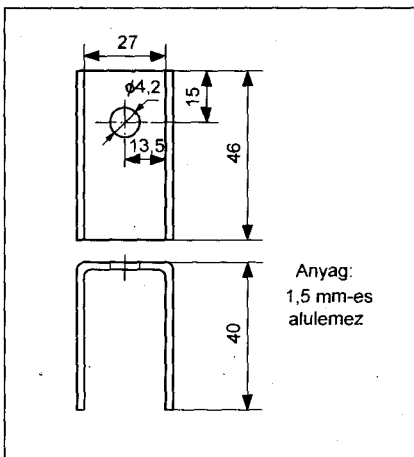
szalagmagra vagy a hagyományos EI formátumú lemezelt magra is.

A hiperszil vasmagra készült transzformátor adatai a **16. táblázatban**, míg az EI vasra épített transzformátor adatai a **17. táblázatban** található.

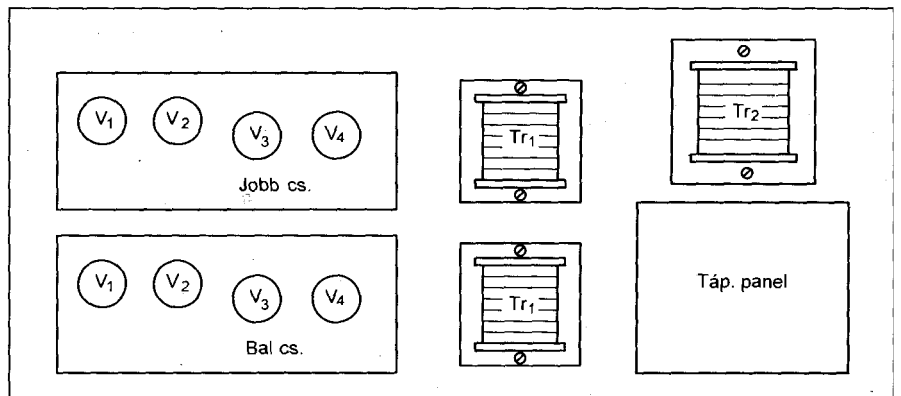
### Megépítés, bemérés

A végerősítő nyomtatási rajza a **44. ábrán**, míg alkatrész-beültetése a **45. ábrán** látható. A kondenzátorok üzemi feszültségét a kapcsolási rajzon feltüntettem. Az erősítőbe fémréteg-ellenlásokot építsünk be, pl. RM4 0,6 W-os típusúakat.

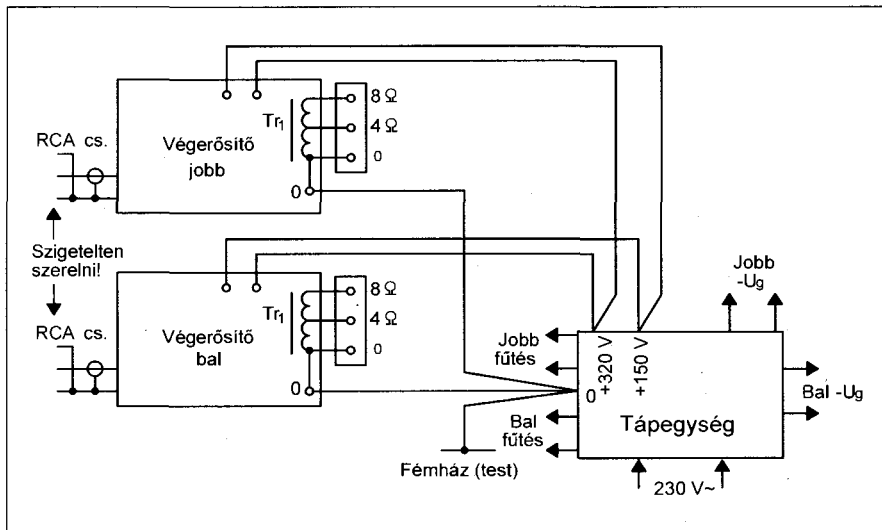
Az ennél nagyobb teljesítményűt a kapcsolási rajzon jelöltem. Az erősítőben lévő potencióméterek Piher gyártmányúak. A noválcsovok foglalatai nyákba beültethetők, hazai gyártmányúak. A HAM-bazárban (voltak) kaphatók vagy régi berendezésekből (rádió, televízió) kiszerezhetők. A végerősítőcsövek 8 csapos oktál foglalataúak;



48. ábra. A T<sub>1</sub> hűtőfelülete



49. ábra. A panelok elhelyezése (vázlat)



50. ábra. A panelok összehuzalozási rajza

sajnos ezekből nem gyártottak nyomtatott áramkörbe való. A panelon lombfűrésszel Ø26 mm-es nyílást vágunk ki. Ebbe csavarozzuk a foglalatot a hozzá tartozó szerelvény segítségével. A csőfoglalat lábait a nyáklap megfelelő pontjaival sodrott, szigetelt huzallal kötjük össze. A fűtésvezeték szigetelt huzalból legyen, amelyeket összesodorva vezetünk a csőlábakhoz, a fóliadalon.

A tápegység nyomtatási rajza a 46. ábrán, az alkatrész-beültetési rajza a 47. ábrán szerepel. A  $T_1$  jelű BU508 tranzisztort hűteni kell. Maximális kivezérlésnél kb. 90 mA áram folyik a végerősítőcsövek segédtrácsába. Ekkor a tranzisztoron kb. 3 W teljesítmény disszipálódik el. Az alumíniumból készült hűtő rajza a 48. ábrán látható. A  $T_1$  tranzisztor és a hűtőfelület közé csillám vagy teflon anyagú szigetelő alátétet helyezünk. A szigetelő mindkét oldalát szilikonpasztával bekenjük, a hőátadás javítása céljából. A tranzisztort rögzítő M3-as csavar feje alá szigetelő alátétet teszünk.

Az élesztést a tápegységgel kezdjük. Az anódfeszültség (320 V) kimeneti pontjára műterhelést kapcsolunk. Ezt huzalellenállásból összeállítani igen drága lenne, ezért egy kevésbé elegáns, de célravezető megoldást ajánlok. Kettő darab 230 V, 100 W-os izzót sorba kapcsolunk, ez a terhelés. A test és a 150 V-os kimenet (segédtrács) közé 1,5 kΩ, 20 W-os huzalellenállást kapcsolunk. Ez 100 mA-es áramfelvételnek felel meg.

Zárjuk a hálózati kapcsolót. Feszültséget mérünk a test és az anódfeszültségpont között, a műterhelés (izzók) sarkain. A bekapcsolással egyidejűleg begyújt a  $D_{14}$  LED, majd a késleltetési idő után a  $D_{10}$ -es is. Ekkor a J jelű fogó meghúzó, megjelenik az anód-, illetve segédtrácsfeszültség. A  $P_5$  és  $P_6$  potenciométer csúszkája és a test között -22 V-ot állítunk be.

Ezek után összekábelezük a tápegységet az erősítő egyik csatornájával. A  $T_1$  kimenőtranszformátor szekunder tekercsének 8 Ω-os kivezetésére 8 Ω, 60 W-os műterhelést kapcsolunk. A műterhelést több ellenállás vegyeskapcsolásával hozhatjuk létre. Például négy darab 33 Ω, 20 W párhuzamos kapcsolása, az eredő 8,2 Ω, vagy öt darab 47 Ω, 20 W és egy darab 56 Ω, 10 W. A kimenőtranszformátor  $n_{12}$  tekercsét szabadon hagyjuk, továbbá letesteljük az  $R_{22}$  és az  $R_{23}$  trafó felőli végét.

Zárjuk a hálózati kapcsolót. Ha sípolás, kattogó hang jön a kimenőtranszformátorból, felcseréljük a  $V_3$  és a  $V_4$  anódjához kapcsolt trafókievezetéseket. Néhány perc elteltével ellenőrizzük a kapcsolási rajzon megadott anódfeszültségeket. A megengedett eltérés 10% lehet. Amennyiben az eltérés ennél jóval nagyobb, cseréljük elektroncsövet, ellenőrizzük a beépített anód- és katódelőállítások értékét kikapcsolt állapotban.

Következő lépés beállítani a végpentódák munkapontját. Felváltva mérünk egyenfeszültséget az  $R_{22}$ , majd az  $R_{23}$  ellenállás sarkain. A  $P_1$  potenciométerrel egyforma feszültségeszt állítunk be. A tápegységben lévő előfeszültséget állító  $P_5$ , ill.  $P_6$  potenciomé-

terrel 78 mV-ot állítunk be az  $R_{22}$ , illetve  $R_{23}$  ellenálláson.

A műterhelésre hangfrekvenciás voltmérőt és oszcilloszkópot kapcsolunk. A végerősítő bemenetére hangfrekvenciás generátor jelét adjuk. A generátor állása a következő:  $f = 1$  kHz,  $U_{ki} = 190$  mV. Bekapcsoljuk az erősítőt, feljegyezzük a műterhelésen mért feszültséget.

Kikapcsolt erősítőnél bekötjük az  $n_{12}$  katódkeri visszacsatolótekercset. Bekapcsoljuk az erősítőt. Amennyiben a műterhelés sarkain mért feszültség lecsökken, jó polaritással forrasztottuk be a tekercset. Ellenkező esetben a kimenőfeszültség megemelkedik, esetleg gerjed az erősítő (pozitív visszacsatolás).

Ismételten ellenőrizzük (vezérlés nélkül) a végerősítőcsövek katódáramát. Mérünk az  $R_{22}$  és az  $R_{23}$  ellenállás sarkain. Amennyiben szükséges, korrigáljuk a megfelelő potenciométerekkel.

Az egyes panelok elhelyezése a 49. ábrán látható. A javasolt huzalozás rajza az 50. ábrán található.

Az E88CC ipari cső közszükségleti változata az ECC88. Utóbbival szinte azonos a PCC88-as elektroncső, eltérés csupán a fűtőfeszültségben van: 7 V. A hazai gyártású fekete-fehér televíziókészülékek bemeneti fokozataiban használták, a Tungfram is gyártotta. A hálózati transzformátor fűtőtekercsére néhány menetet ráterkeve, létrejön a 7 V-os fűtőfeszültség. Ezt a táblázatokban megadtam. Így a PCC88-as elektroncső is használható, természetesen – az ipari csövekhez képest – kevesebb üzemórával.

#### Felhasznált irodalom:

- Scultéty László: Elektroncsöves és tranzistoros áramkörök. Kohó- és Gépipari Minisztérium, 1961 Budapest.
- Tarnay Kálmán: Elektroncsövek alkalmazása. BME Villamosmérnöki kar, 1957 Budapest.
- Demeter Károly: Négyszöggenerátor a mérés technikában. Rádió Compass, 1948 Budapest.
- G. Sz. Cikin: Hangfrekvenciás transzformátorok. Nehézipari Könyv és Folyóirat Kiadó Vállalat, 1953.
- Dr. Barta István: Rádiókészülékek és erősítők. Tankönyvkiadó, 1963 Budapest.
- Wilhelm Beier: Röhren Taschenbuch. VEB Verlag Technik, 1965 Berlin.
- Kádár Géza: Rádióvetel technika ismeretek. Műszaki Könyvkiadó, 1963 Budapest.