

bevételek kapcsolások

Elektroncsöves előerősítő és hangszínszabályozó

Plachtovics György, BME Fizikai Kémia Tanszék

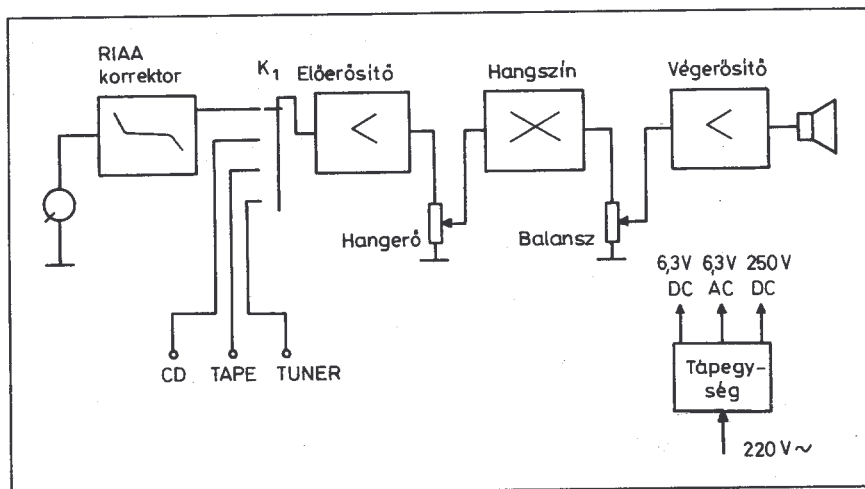
A Rádiótechnika Évkönyve 1995-ös és 1996-os számaiban hasonló felépítésű elektroncsöves végerősítő kapcsolásokat ismertettünk. Az első 10 W-os teljsítményű, viszonylag egyszerű kimenőtranszformátorral készült. Az 1996-os Évkönyben 20, illetve 40 W-os végerősítők műszaki leírását közöltük. A kapcsolások a még ma is fellelhető televíziós sorvégcsövekre épültek. Ezek már HIFI minőségű hangot produkálnak. A jó hangminőség ára a munkaigényes, osztott kimenőtranszformátor. Elkészítéséhez nagy gyakorlat és igen sok türelem szükséges.

A most ismertetésre kerülő előerősítő és hangszínszabályozó ezekhez a végerősítőkhöz használható. A korábbi cikkek tapasztalatai alapján olyan elektroncsövekre építettük a kapcsolást, melyek még beszerezhetőek. Az egyes csövek kiváltó típusait is megadtuk bekötéseikkel együtt. Az előerősítő megépítéséhez némi elektroncsöves áramköri ismeret szükséges.

Az előerősítő dinamikus hangszedő, CD-lemezjátszó és magnetofon, valamint tuner (rádió) jelét képes fogadni egy programválasztó kapcsolón keresztül. Az előerősítő ki-, és bekapcsolható fiziológiai hangerőszabályozóval rendelkezik. A hangszínszabályozó külön magas és mély emelést, illetve vágást tesz lehetővé. A balansz-szabályozást a kimeneten levő potenciométerekkel végezzük.

Az előerősítő és hangszínszabályozó működése

Az elektroncsöves előerősítő és hangszínszabályozó tömbvázlata az 1. ábrán látható. Tekintve, hogy sztereó rendszerről van szó, értelemszerűen csak egy csatorna rajzát közöljük. (A balansz áramkör kialakításánál belép a másik csatorna is.) Az alkatrész-pozíciószámok 100-zal magasabbak a má-



1. ábra

sik csatornánál. Az elvi kapcsolási rajz a 2. ábrán látható. Az egyes áramköri egységeket a tömbvázlat szerinti sorrendben tárgyaljuk.

RIAA-korrektor:

A hanglemezek vágása valamilyen nemlineáris amplitúdó-frekvencia ka-

Műszaki adatok:

Mágneses hangszedő

- bemeneti érzékenység: 2 mV
- bemeneti impedancia: $>33 \text{ k}\Omega$ ($f = 1 \text{ kHz-en}$)
- jel-zaj viszony: $>60 \text{ dB}$ ($U_{ki} = 100 \text{ mV-nál}$)
- korrekciós görbe: RIAA

CD-lemezjátszó

- bemeneti érzékenység: 100 mV
- bemeneti impedancia: $>100 \text{ k}\Omega$
- jel-zaj viszony: $>65 \text{ dB}$ ($U_{ki} = 100 \text{ mV-nál}$)

Magnetofon

- bemeneti érzékenység: 100 mV

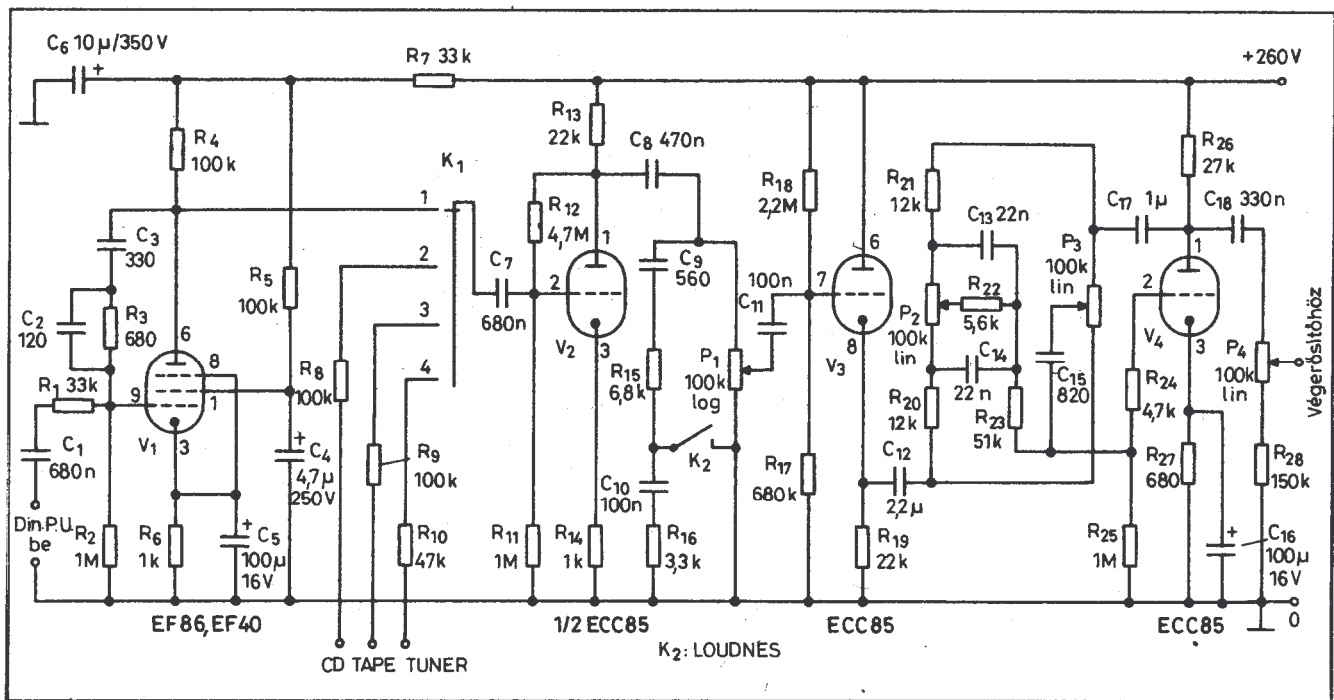
- bemeneti impedancia: $>100 \text{ k}\Omega$
- jel-zaj viszony: $>65 \text{ dB}$ ($U_{ki} = 100 \text{ mV-nál}$)

Rádió

- bemeneti érzékenység: 50 mV
- bemeneti impedancia: $>47 \text{ k}\Omega$
- jel-zaj viszony: $>60 \text{ dB}$ ($U_{ki} = 100 \text{ mV-nál}$)

Hangszínszabályozó

- szabályozás 20 Hz-en: $+15,2 \text{ dB} \dots -20,2 \text{ dB}$
- szabályozás 20 kHz-en: $+15,6 \text{ dB} \dots -20 \text{ dB}$
- balansz-szabályozás: 11 dB



2. ábra

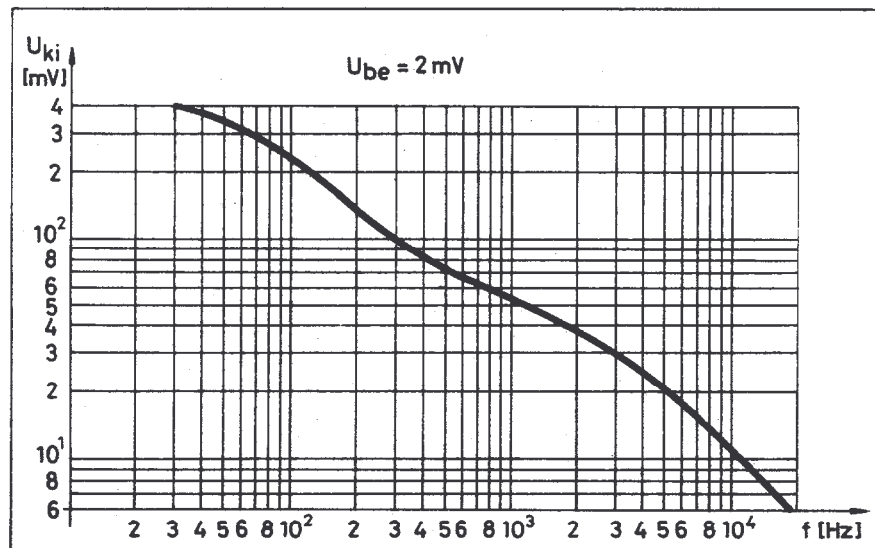
rakterisztika szerint történik. Lejátszáskor az előerősítő a vágási karakterisztika tükörképével állítja vissza az eredeti hangképet. A lemezek felvétele mélyhang vágással és magashang emeléssel készül. A vágás és emelés oktávonként 6 dB. A magashang emelés és mélyhang vágás előnye a következő. A kiemelt magashangokat vágva (lejátszásnál) csökken a tűzőrej, tehát javul a jel/zaj viszony. A mélyhang vágása felvételkor a túl széles barázdák átszakadás veszélyét csökkenti. Az évek során igen sok vágási karakterisztika alakult ki. Az utóbbi időben a legtöbb hanglemezgyártó cég elfogadta az amerikai RIAA ajánlást. Ezzel egyezik lényegében a magyar MSZ 2181, valamint a német DIN 4547 szabványokban rögzített görbe. A RIAA-korrekción három töréspont jellemzi. Ezek a következők: 50 Hz (3183 ms); 500 Hz (318 ms) valamint 2122 Hz (75 ms).

A RIAA-korrektor lelke a V₁ pozíciójú elektroncső. A mintapéldányba EF86 típusú novál csövet építettünk be. Sajnos beszerzése ma elég nehézkes. (A szerk. megjegyzése: A cikk szerkesztésekor a HAM-bazár kínálatában szerepelt.) Ezzel teljesen megegyezik paramétereiben az EF804, valamint az EF806 típus. Ezek is novál foglalatúak, de bekötésük más. Igen jó eredménnyel használható még az

EF86, rimlock foglalatú elődje az EF40-es elektroncső. Amennyiben nem sikerül beszerezni a fent felsorolt elektroncsövekből egyiket sem, megépíthetjük a korrektort az 50-es években közkedvelt 6AU6-os csővel is. Ezzel teljesen megegyezik a szovjet gyártmányú 6ZS5P (a jelölés latin betűs!). Ezeknél a csöveknél a segédreács és a katódeellenállás értéke változik. Az R₅-öt 470 kΩ, míg az R₆ ellenállást 2,2 kΩ-ra kell cserélni.

Vizsgáljuk meg a hanglemezkorrektor működését. A hangszedő jele a

C₁ és R₁ RC-tagokon keresztül a V₁ elektroncső rácására kerül. Az R₄ munkaellenállás sarkain létrejövő felerősített jelet a C₃, R₃ és C₂ RC komplexummal csatoljuk vissza a pentóda vezérlő-rácására. Ez a visszacsatoló hálózat alakítja ki a RIAA-korrekción görbét. A V₁ cső automatikus rácselepfeszültségét az R₆ katódeellenállás állítja be. Ennek sarkain a vezérlésnek megfelelő hangfrekvenciás feszültség jön létre, mely gyakorlatilag csökkenti a fokozat erősítését. Ezt a nem kívánatos negatív visszacsatolást úgy szüntetjük meg,



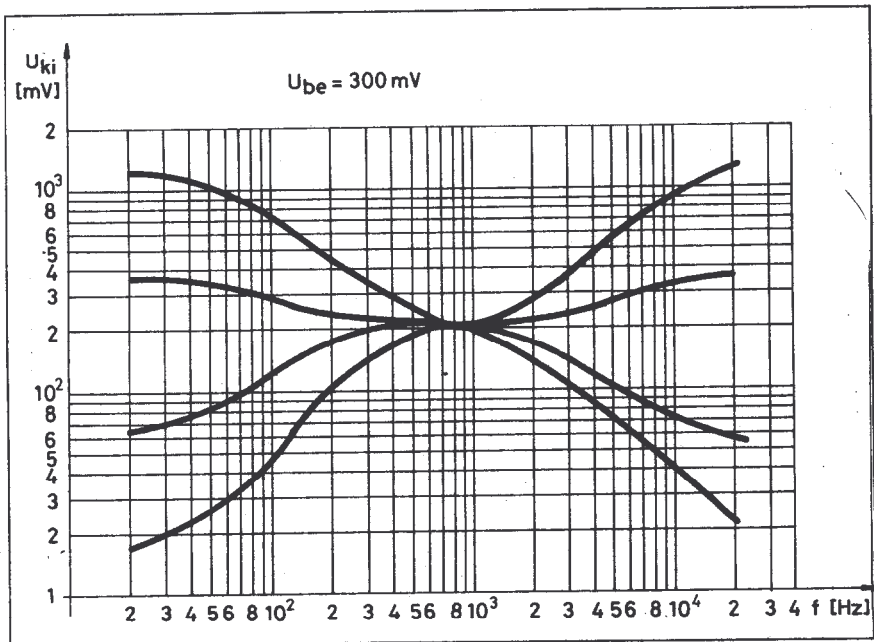
3. ábra

hogy a C₅ elektrolitkondenzátorral átblokkoljuk az R₆ katódelenállást. A V₁ pentóda segédrácsfeszültségét az R₅ ellenállás állítja be. Ennek sarkain is létrejöhet a vezérléstől függő változó feszültség, mely csökkenti az erősítést. Ezt akadályozza meg a C₄ elektrolitkondenzátor, értéke olyan, hogy még 30 Hz-nél sincs számottevő erősítéscsökkenés. A fokozat erősítése 1 kHz-en 28,6 dB. A korrektor által megvalósított korrekciós görbe a 3. ábrán látható.

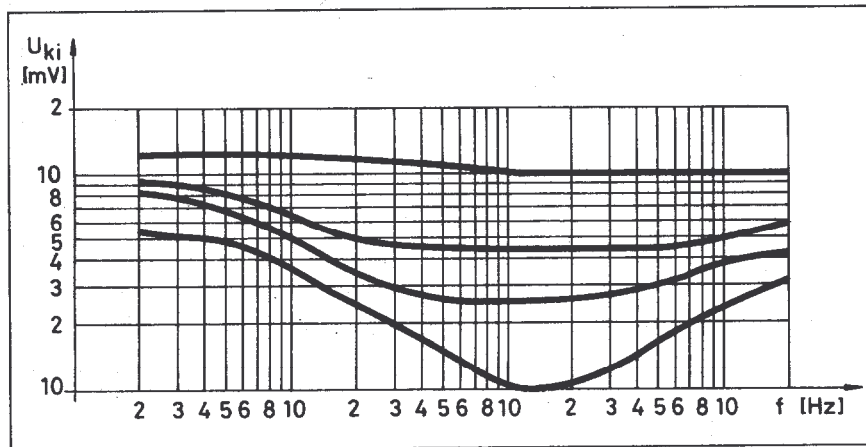
Az R₇ és C₆ RC-tagok szerepe az előfokozat tápfeszültségének szűrése. A hanglemezkorrektor jel/zaj viszonya 60 dB. Ezt a speciálisan előerősítés céljára kifejlesztett csőtípusnak, a V₁ cső egyenáramú fűtésének, valamint a célszerű mechanikai kialakításnak köszönhetjük.

Erősítő

Feladata a különböző hangforrások jeleit azonos szintre erősíteni, a hang-erőszabályozót meghajtani. A V₂ pozíciószámú triódás erősítőfokozat fél ECC85-re épül. Ezzel a csővel teljesen egyenértékű az orosz 6H1P vagy az ECC81, de ezeknél a fűtés bekötése más. A V₂ csővel felépített fokozat erősítése 18 dB. Az erősítést az R₁₂ ellenállás által létrehozott párhuzamos feszültség-visszacsatolás, valamint az átblokkolatlan R₁₄ sarkain létrejövő negatív áram-visszacsatolás állítja be.



5. ábra



4. ábra

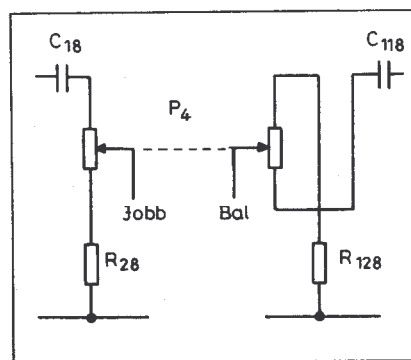
A V₂ elektroncsővel felépített erősítő működése a következő: A hangfrekvenciás jel a K₁ programválasztó kapcsolón, valamint a C₇ csatolókondenzátoron át a V₂ trióda rácsára jut. A trióda rácsa az R₁₂ ellenállás által létrehozott párhuzamos feszültség-visszacsatolás miatt, viszonylag alacsony impedancián van. Így igen egyszerűen soros ellenállásokkal tudjuk beállítani a különböző bemeneti érzékenységeket.

CD állásban az eredő erősítés mindössze 2,5-szeres, TAPE (magnetofon) állásban szintén, míg tuner (rádió) állásban 4,5-szeres. A felerősített hangfrekvenciás jel a V₂ trióda anódjáról a C₈ csatolókondenzátoron keresztül a P₁ potencióméterre jut. A megcsapolt

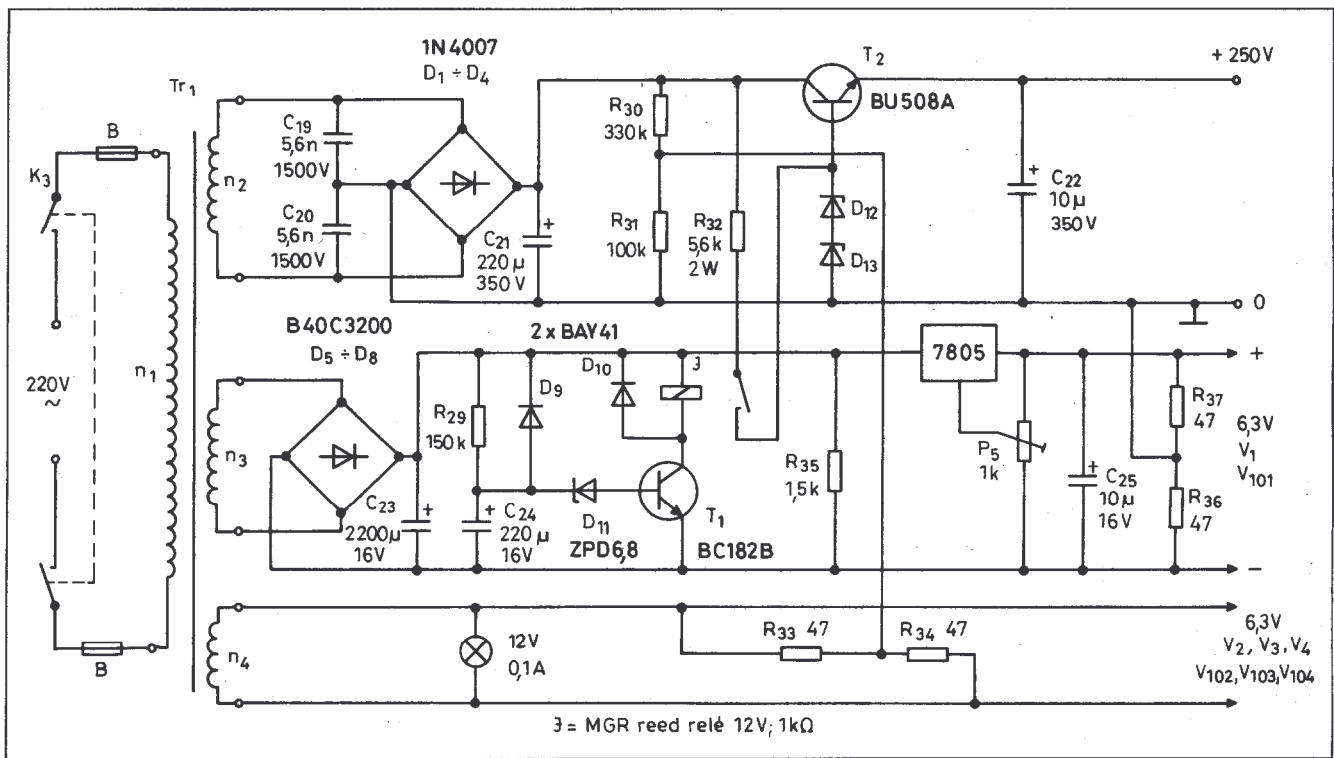
tolópotencióméter 100 kΩ-os RUWIDO gyártmányú logaritmikus karakterisztikájú. A megcsapolás a földponttól számítva 25 kΩ-nál van. A megcsapolásra a K₂ kapcsoló segítségével a C₉, R₁₅, C₁₀, R₁₆ RC-tagokat ki-, illetve bekapcsolni tudjuk. Ezzel lényegében a fiziológia hangerő szabályozást valósítjuk meg bekapcsolt állásban. A K₂ kapcsoló zárt állásában működik a fiziológiai hangerőszabályozás. A hang-erőszabályozó görbéi különböző pozíciókban a 4. ábrán láthatóak.

Hangszínszabályozó

Feladata a magas és mély hangok emelése, illetve vágása alacsony torzítás mellett. Aki járatos a hangtechnikában, egyből felismeri a Baxandall hangszínszabályozót. Az elektroncsöves hangszínszabályozó működése a következő: A P₁ hangerőszabályozó potencióméter csúszkájáról a jel a C₁₁ csatoló kondenzátoron át a V₃ trióda rácsára jut. A cső előfeszültségét nem katódelenállással, hanem az R₁₇ és R₁₈ ellenállásokból felépített osztóval



6. ábra



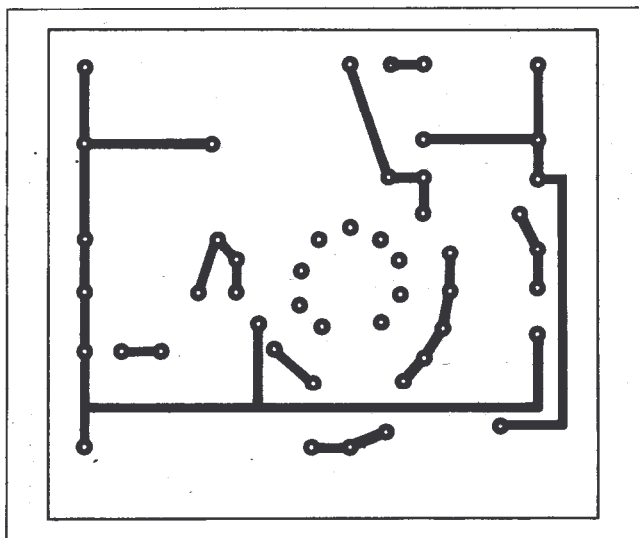
7. ábra

állítjuk be. A V₃ cső katódkövető kapcsolásban üzemel. Jellemzi a nagy bemenő-, és a kis kimenőimpedancia. Feszültségerősítése 0,9-szeres. Tudnunk kell, hogy a Baxandall hangszínszabályozó akkor működik korrektül, ha alacsony forrásimpedanciáról hajtjuk meg. Az R₁₉ katóddenállásról a jel a C₁₂ kondenzátoron át a szabályozó áramkörre jut. A szabályozó szervek lineáris karakterisztikájú potenciomé-

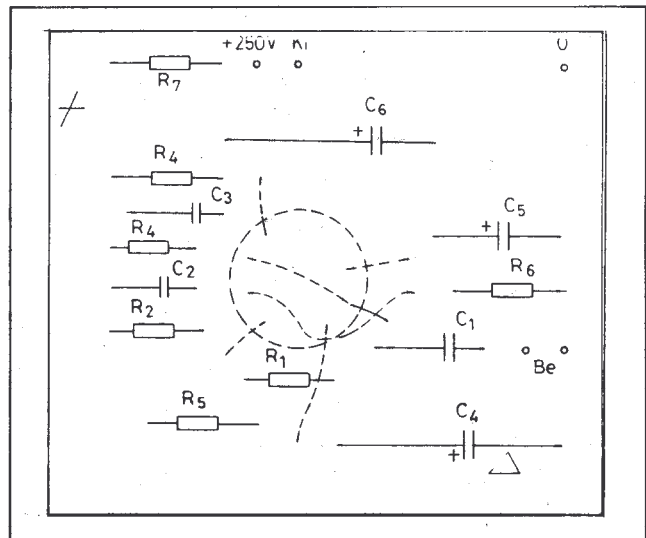
terek. Ennél az áramkörnél az emelő és vágó tagok emelési és vágási frekvenciája állandó és a frekvenciamenet meredeksége változtatható. A fokozat keresztelési frekvenciája 800 Hz, itt a csillapítás 0,75-szeres. A szabályozás tartománya viszonylag széles. A mély hangoknál (20 Hz) +15,2 dB és -20,2 dB; a magashangoknál (20 kHz) +15,6 dB és -20 dB az emelés, illetve a vágás mértéke. A hangszínszabályo-

zó frekvenciamenetét közepes, illetve maximális emelés és vágás állásban az 5. ábra szemlélteti. A P₂ potenciométer a mély, a P₃ pedig a magas hangokat szabályozza.

A trióda elfeszültségét az R₂₇ katóddenállás állítja be. A C₁₆ katódkondenzátor a negatív visszacsatolást szünteti meg a katóddenálláson, mely a fokozat erősítését csökkentené. A hangfrekvenciás jel a C₁₈ kondenzáto-



8. ábra

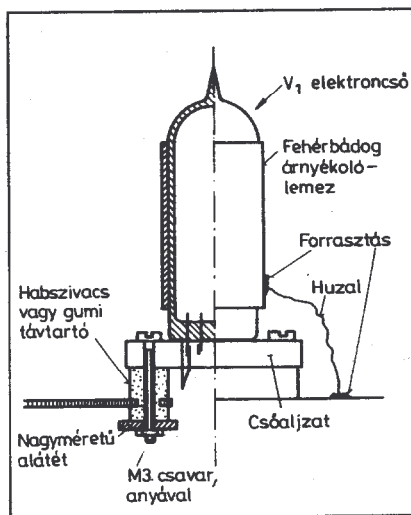


9. ábra

ron át kerül a P₄ balansz-szabályozó potenciométerre. A P₄ kettős potenciométer lineáris karakterisztikájú. A potenciométerek keresztbe vannak kötve. Tehát amikor az egyik leosztása csökken, a másiké nő. Erre azért van szükség, hogy ne jöjjön létre földhurok, mely rendszerint kellemetlen bűgást eredményez. A balansz potenciométer bekötését szemlélteti a 6. ábra. A balansz áramkör szabályozási tartománya 11 dB.

Tápegység

Feladata az előerősítő tápfeszültségeinek előállítása, kapcsolási rajza a 7. ábrán látható. Működése a következő. A hálózati transzformátor n₂ szekunder tekercse 200 V-os, a D₁ ... D₄ Graetz-hídra csatlakozik. Az egyenirányítás után létrejövő egyenfeszültség simítását a C₂₁ kondenzátor végzi. A hálózat felől jövő zavarokat a C₁₉ és C₂₀ kondenzátor csökkenti. Az egyenfeszültség szűrését és stabilizálását az emitterkövető kapcsolásban működő T₂ tranzisztor végzi. A tranzisztor bázispotenciálját, és ezzel a kimenő feszültséget a sorba kapcsolt D₁₂ és D₁₃ Z-dióda állítja be. A szükséges bázis-, és diódaáramot a J jelfogóval soros R₃₂ ellenállás szolgáltatja. A relé meghúzását a T₁ tranzisztor végzi. Az áramkör feladata az anódfeszültség késleltetett bekapcsolása a fűtőfeszültséghez képest. A késleltetett anódfeszültség-kapcsolás szükségességéről a RT Évkönyve 1995.



10. ábra

számának 181. oldalán olvashatunk. Ugyancsak itt találhatjuk a késleltető áramkör működésének leírását is. A késleltető áramkör 12 V egyenfeszültséggel működik. Ezt a feszültséget a D₅ ... D₈ diódákból álló Graetz-híd állítja elő.

Az emitterkövetős stabilizátor – mely az anódfeszültséget adja – nem védett zárlat ellen. Rövidzárlatnál (csavarhúzos anódfeszültség mérés!) a T₂ tranzisztor átüt. Ezt úgy vesszük észre, hogy egyből megjelenik az anódfeszültség, valamint nő az erősítő zaja. Ilyen esetben a zárlatos áteresztő tranzisztoron nem esik feszültség, tehát a kimeneten 280 V-os feszültséget mérhetünk.

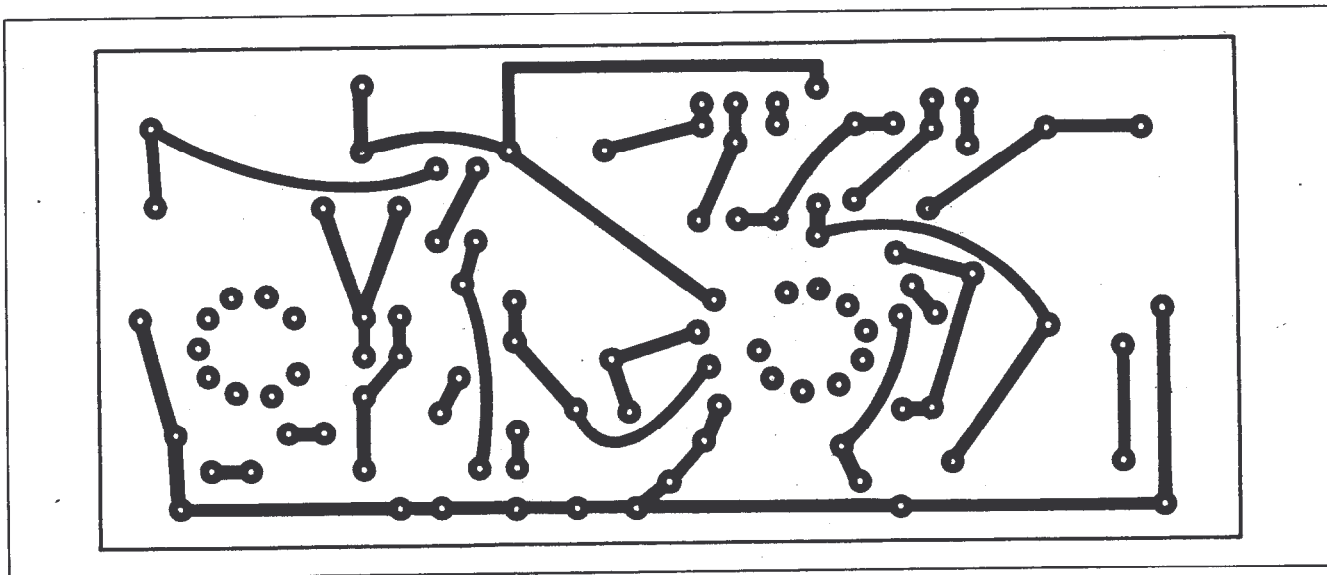
Az alacsonyabb zaj érdekében a RIAA-korrektor csöveit (V₁ és V₁₀₁) egyenfeszültséggel fűtjük. A fűtőfeszültséget – a 6,3 V-os egyenfeszültséget – a 7805 típusú stabilizátortokkal állítjuk elő. Az IC 5 V-os kimenő feszültségű. A 6,3 V-os kimenőfeszültséget úgy állítjuk elő, hogy a stabilizátor talpát (földpontját) 1,3 V-tal megemeljük. A pontos beszabályozást a P₅ potenciométerrel végezzük. A csövek fűtőfeszültsége az R₃₆ és R₃₇ osztón keresztül van a földpontra kötve. Ezzel az ellenállásos szimmetrizálással tovább csökkenthető az előerősítő zaja.

A V₂ ... V₄, valamint a V₁₀₂ ... V₁₀₄ csövek fűtését az n₄ tekercs biztosítja. Erről a tekercsről kap feszültséget az előerősítő előlapján elhelyezett indikátor izzó is.

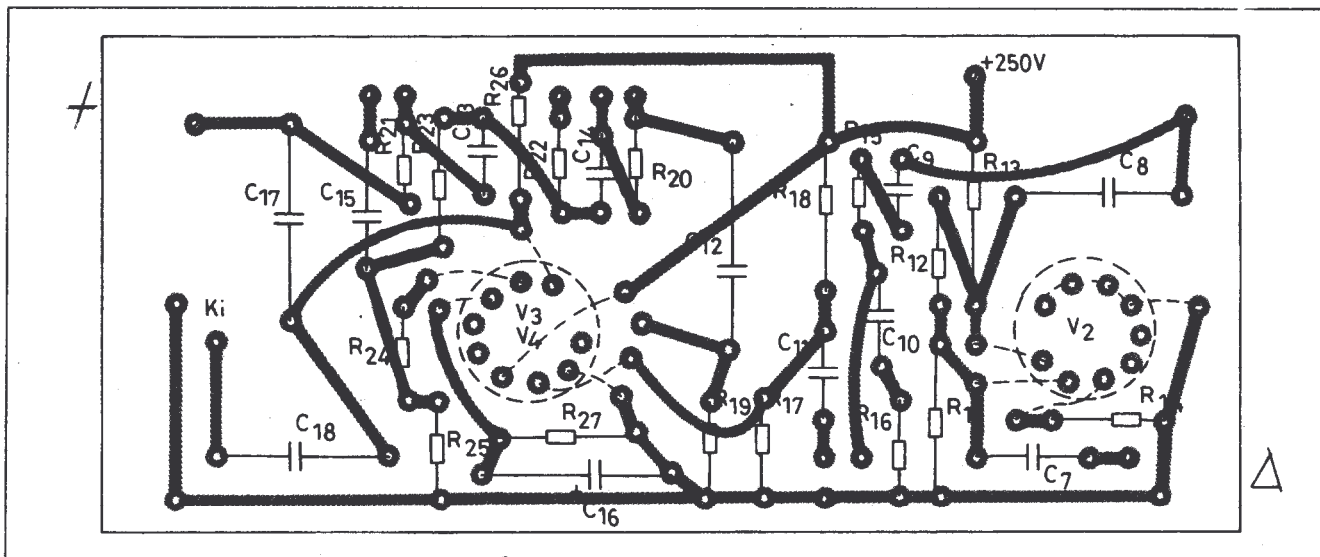
A fűtésből eredő brumm csökkentésére a következő áramköri megoldást választottuk. Az R₃₃ és R₃₄ ellenállásokkal szimmetrizáltuk a fűtőkört. Ebbe az 1:1 osztáspontba kapcsolódik a +65 V-os egyenfeszültség. Ezt a feszültséget az R₃₀ és R₃₁ ellenállásokból álló osztó állítja elő. A földhöz képest +65 V egyenfeszültség megszűnteti a katód és fűtőszál között esetleg fellépő átvezetést, mely brumm formájában jelentkezik.

Megépítés, bemérés

Az anódköri csatoló kondenzátorok üzemi feszültsége 250 V. Természetesen a 400 V üzemi feszültségű is



11. ábra



12. ábra

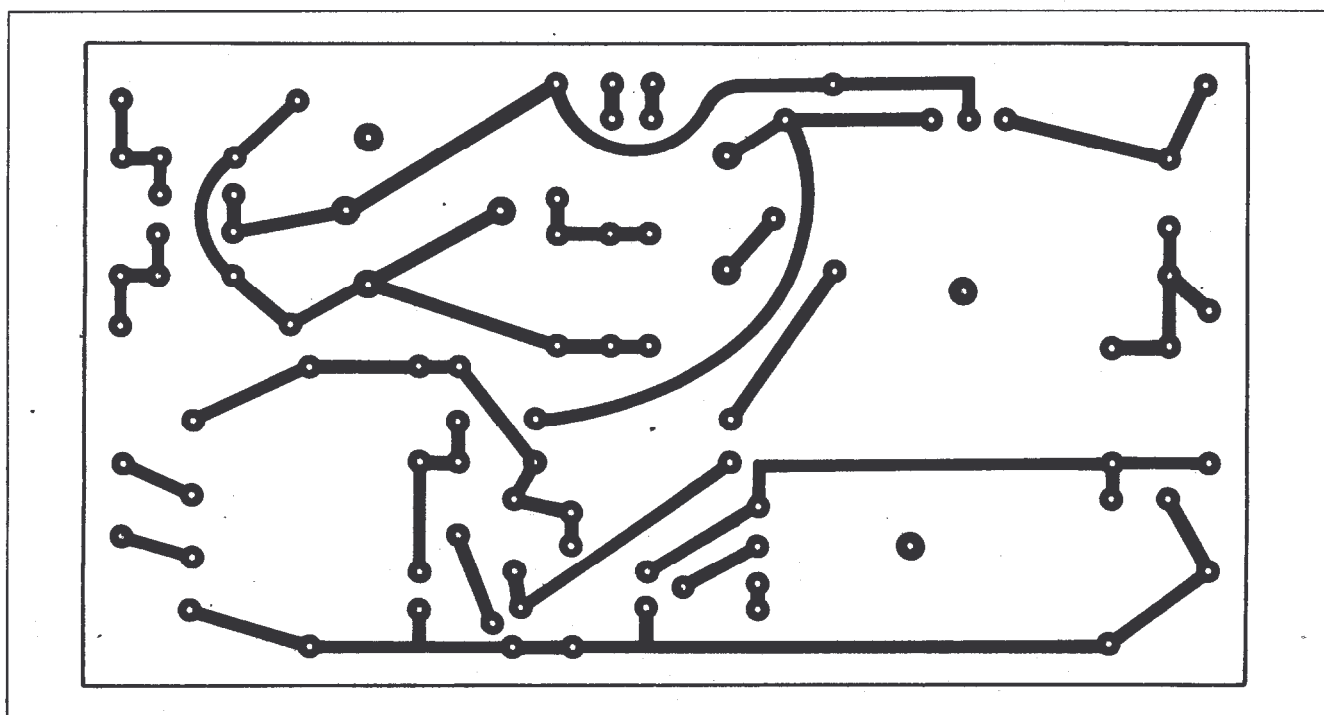
kiválóan megfelel. Alacsonyabb feszültségű kondenzátort ne építsünk be, mert átvezetése a csövek meghibásodásához vezethet!

A RIAA-korrektor nyomtatási rajza a 8. ábrán, míg beültetési rajza a 9. ábrán látható. Az alacsony zaj érdekében a korrektor külön dobozban kapott helyet. A doboz anyaga bármilyen jól hajlítható fém lehet. A panelt a dobozba forrasztással, vagy csavarkötéssel rögzíthetjük. A dobozt csak egy ponton

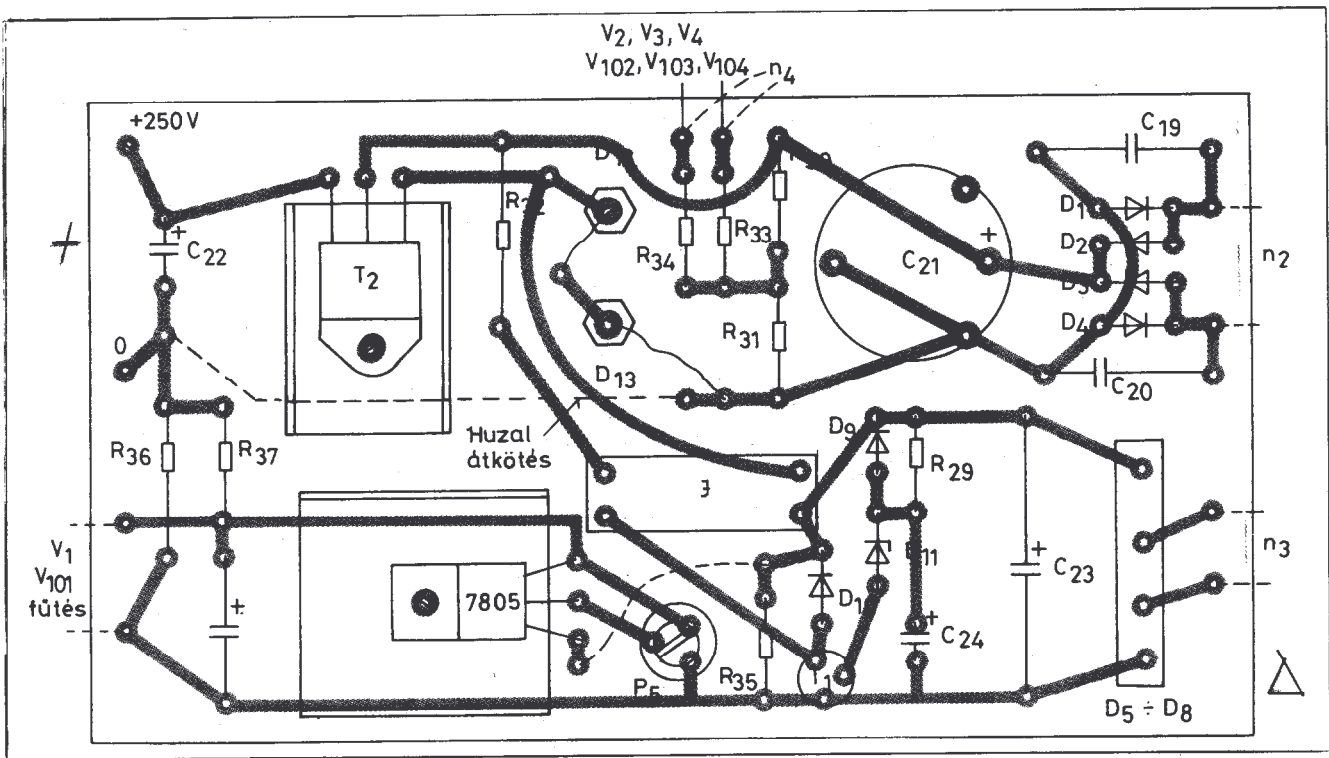
(bemeneti pont) földeljük a korrektorhoz! Elkészíthetjük a dobozt fólirozott lemezből is. A csőfoglatot a 10. ábrán látottak szerint rögzítsük a dobozhoz! A csőfoglat lábai és a nyomtatott áramköri lap közötti összekötést vékony, hajlékony, többszálás, szigetelt vezetékkel végezzük! Célszerű a V₁, illetve a V₁₀₁ csövet árnyékolás (serleges) foglalatot szerelni. Árnyékolás nélküli foglalat esetén fehérbádognál árnyékoló hengert kell húzni az elekt-

roncsőre. Az árnyékoló hengert hajlékony vezetékkel földelhetjük a dobozhoz. A fűtést összesodort vezetékkel kell a csőfoglatához vezetni. A korrekciós görbe pontossága az R₃, C₂ és C₃ RC elemektől függ. Ide lehetőleg 2% pontosságú alkatrészeket építsünk be, így a jobb és bal csatorna frekvenciamenete egyforma lesz.

A felerősített jelet rövid árnyékoló huzallal vigyük a K₁ programválasztó kapcsolóhoz! A K₁ céljára olyan típust



13. ábra



14. ábra

válasszunk, ahol a pozícióváltás pillanatában nem záródnak a leszedő kefe által a szomszédos szegmensek. A KT... típusú kapcsolóknál ez könnyen megoldható az egyik arretálóörgő kivételével.

Az anód és a föld között mérhető egyenfeszültség az EF86, EF804, EF806 és EF40 csövek esetén 60 V \pm 10 V. A 6AU6 – vagy orosz megfelelője, a 6ZS5P – anódfeszültsége 130 V \pm 15 V. A segédrácsfeszültség ezeknél a csöveknél 80 V \pm 10 V.

Az erősítő és hangszínszabályozó nyomtatási rajza a 11. ábrán látható. A beültetési rajz a 12. ábrán található.

A K₂ kapcsoló az előlapon helyezkedik el. Nagyobb hangerőnél esetenként célszerű kikapcsolni a korrekciós tagokat. A hangszínszabályozóba RUWIDO gyártmányú lineáris potenciómétereket építettünk be. A C₁₂ csatoló-kondenzátor üzemi feszültsége 250 V legyen!

A V₂ és V₁₀₂ triódák anódjain az anódfeszültség +140V \pm 15 V. A hangszínszabályozó üzemképes, ha az alábbi egyenfeszültségek mérhetők: V₃ (V₁₀₃) katódján 40 V \pm 10V, a V₄ (V₁₀₄) anódján 190 V \pm 15 V.

A P₄ balansz-szabályozó potencióméter csúszkájáról a jel a végerősítő bemenetére jut. A csatlakoztatást a lehető legrövidebb árnyékolt vezetékkel

oldjuk meg! Próbáljunk alacsony kapacitású, árnyékolt kábelt felhasználni! Egyes kábelek kapacitása 1 m-nél eléri 1 nF-ot. Ez kisimpedanciás félvezetős erősítőknél nem okoz problémát. A csöves, nagyimpedanciás áramkörök-nél azonban jelentékeny magashang csökkenést eredményez.

A tápegység nyomtatási rajza a 13. ábrán látható. Az ültetési rajz a 14. ábrán található.

1. táblázat

Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
n ₁	1425	Ø0,3 mm MZ	Soronként hostafán fólia. Az n ₁ és n ₂ tekercs között 3 réteg 0,2 mm prespán vagy varnisvászon szigetelés
n ₂	1300	Ø0,2 mm MZ	Soronként hostafán fólia. Az n ₂ és n ₃ tekercs között 2 réteg 0,2 mm prespán szigetelés
n ₃	65	Ø0,5 mm MZ	Szigetelés: 0,2 mm prespán. Az n ₃ és n ₄ tekercs között 1 réteg 0,2 mm prespán szigetelés.
n ₄	41	Ø1,2 mm MZ	Szigetelés legfelül: 0,2 mm prespán.
Vasmag: EI-84, pakettvastagság 28 mm			

A hálózati transzformátor adatait az 1. táblázat tartalmazza. A transzformátormag gerjesztését alacsonyra vetjük, az elérhető minimális zaj miatt. A kondenzátorok üzemi feszültségét a kapcsolási rajzon feltüntetettük. A 7805 stabilizátor IC-t és a T₂-t hűteni kell!

Először a V₁ és V₁₀₁ csövek fűtőköre helyett 10 Ω/8 W-os műterhelést kapcsoljunk a fűtés-stabilizátor kimeneti pontjaira! A P₅ potencióméterrel

állítsuk be a névleges 6,3 V-os feszültséget! Csak ezután helyezzük be a V₁ illetve V₁₀₁ csöveket a foglalataikba!

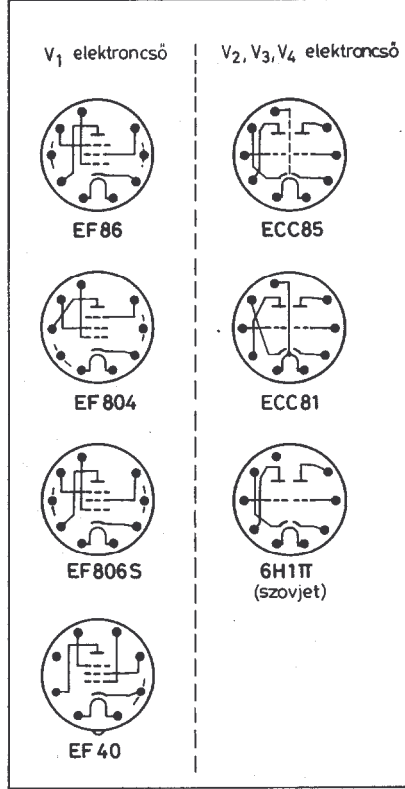
Az előerősítőt fémdobozba célszerű beszerelni. A tápegység hálózati trafóját a kimenetnél helyezzük el. Az elektroncsöves technikában jól bevált az alumínium, vaslemezből készült U alakúra meghajlított sasszé. Az U profil alján a megszerelt nyomtatott áramköri lapok találhatók. A panelokat távtartóval fogjuk fel a fémházhoz.

Az elektroncsöveknél a fémdobozon 24 mm átmérőjű nyílást készítünk! Ezen szellősen átférnek az elektroncsövek.

A RIAA-korrektor külön egységet képez. Ezt néhány csavar segítségével rögzíthetjük az előerősítő fémházához.

A 15. ábra mutatja az alkalmazott, illetve a helyettesítő csövek foglalatbekötését.

Az előerősítő bemérésénél ne feledkezzünk el a 250 V-os anódfeszültségről! A félvezetős technikán nevelkedett szakember bátran nyúlkal a feszültség



15. ábra

alatt lévő berendezésben. Ne feledjük! A 250 V-os anódfeszültség rossz esetben halálos áramütést is okozhat! A bemérést kellő óvatossággal végezzük!

Helyreigazítás:

Sajnálatos hiba csúszott be a tavaly között 40 W-os végerősítő kapcsolási rajzába. A V₄-es PL509 elektroncső anódja és katódja fel lett a rajzon cserélve. Tehát helyesen: a kimenőtranszformátor az anódra megy – ez az elektroncső tetején lévő kivezetés. Az R₁₉ ellenállás a katódra – ez a 9-es láb, mely össze van kötve a fékező-ráccsal, pozíciószáma 2. és 7. A vezérlőrács az 1-es, vagy 8-as lábra van kivezetve.

Felhasznált irodalom:

- Beier: Röhrentaschenbuch
- Philips: Electron Tube Handbook
- Magyar Béla: Elektroncső-Atlasz
- Magyar Béla: Rádióamatörök zsebkönyve
- Barta István: Rádiókészülékek és erősítők
- Ferenczi Ödön: Elektronikai készülékek tápellátása

Akkutöltő és adapter camcorderhez

Plachtovics György, BME Fizikai Kémia Tanszék

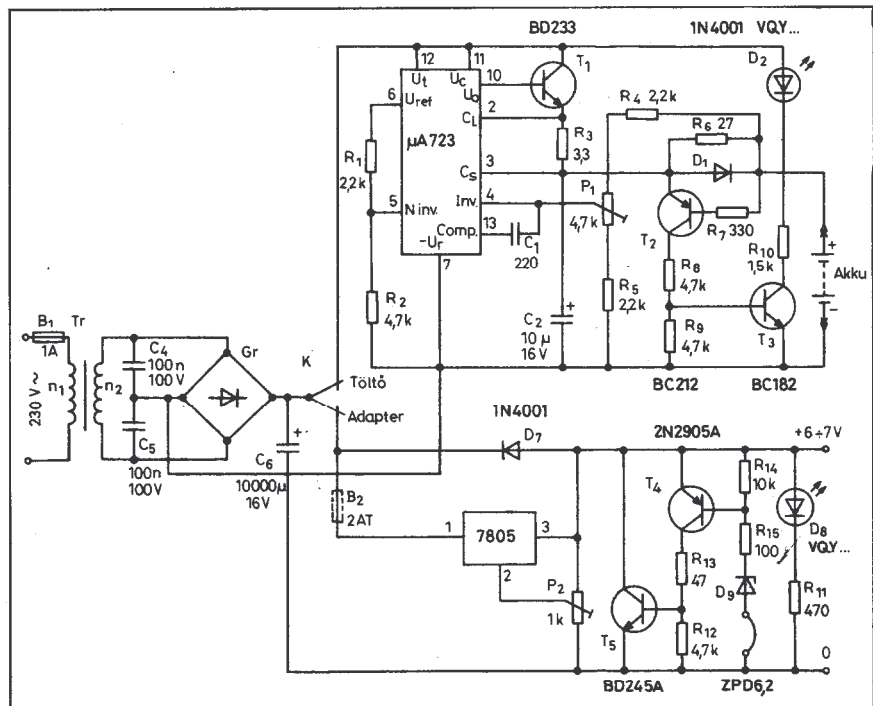
Műszaki adatok:

- Bemenőfeszültség: (220) 230 V
- Akkutöltő áramkör
 - töltőárama: 195 mA
 - kimenőfeszültsége: 7,2 V (állítható)
- Stabilizátor
 - kimeneti árama: max. 1,8 A
 - kimeneti feszültsége: 6,4 V (állítható)

A camcorder-adapter kapcsolási rajza az 1. ábrán látható.

A hálózati feszültség a Tr transzformátor n₁ tekercsére jut. Az n₂ szekunder tekercsen ébredő feszültséget a Gr Graetz-híd egyenirányítja. A pulzáló egyenfeszültséget a C₆ elektrolitkondenzátor simítja. A C₄ és C₅ kondenzátorok a hálózat felől jövő zavarokat csökkentik.

Az üzemmódot a K kapcsolóval választhatjuk ki. Töltő állásban a feszültség a 723 IC-ből, valamint a T₁ ... T₃ tranzisztorokból álló áramkörre kerül.



1. ábra