

2 × 20 és 2 × 40 W-os elektroncsöves végerősítő

Plachtovics György BME Fizikai Kémia Tanszék

Az alábbiakban két jó minőségű, megépített elektroncsöves végerősítő leírását adjuk közre. Az előzmények a következők. A Rádiótechnika Évkönyve 1995 számában megjelent „2×10 W-os elektroncsöves erősítő” című cikk igen nagy visszhangot keltett. Ennek kapcsán igen sok levelet kaptam. Munkahelyemen többen kerestek meg telefonon vagy személyesen. Magam is meglepődtem, hogy ekkora érdeklődést váltott ki a csöves nosztalgia-erősítő.

Összegezve a cikkel kapcsolatos leveleket, a következő kép alakult ki. Legtöbbször a 10 W-os kimenőteljesítményt kevesellték. Ezelőtt 20-30 éve ekkora teljesítménnyel hangszereket (gitárt) hangosítottak. A lakószobák megszokott hangteljesítménye 2 ... 5 W-ig terjedt (az is monó volt). A nagyteljesítményű félvezető erősítők megjelenése, no és a divat alakította ki a „watt-őrületet”. A mai fiatalok szemében a „dögös” erősítő kimenőteljesítménye összemérhető egy kisebb vilányvasaló teljesítményével. Évekkel ezelőtt hangszer-erősítőt készítettem kezdő fiatal amatőr zenészek számára.

A fiúk több száz watt kimenőteljesítményű erősítőt rendeltek meg – hangszerenként. A műhelyemben lévő Orion hangdobozt rákapcsoltam a jó öreg csöves EMG hanggenerátoromra. A kimenőteljesítményt 10 W-ra állítottam be $f = 1$ kHz frekvencia mellett. Megkérdeztem, szerintük ez mekkora teljesítmény. A fiúk 20-30 W-ra tippeltek. Bebizonyosodott, hogy fogalmuk sincs, mekkora az a hangerő amerről beszélnek. Eleget téve olvasóink kérésének, az idej évkönyvben lényegesen nagyobb teljesítményű erősítők leírását közöljük.

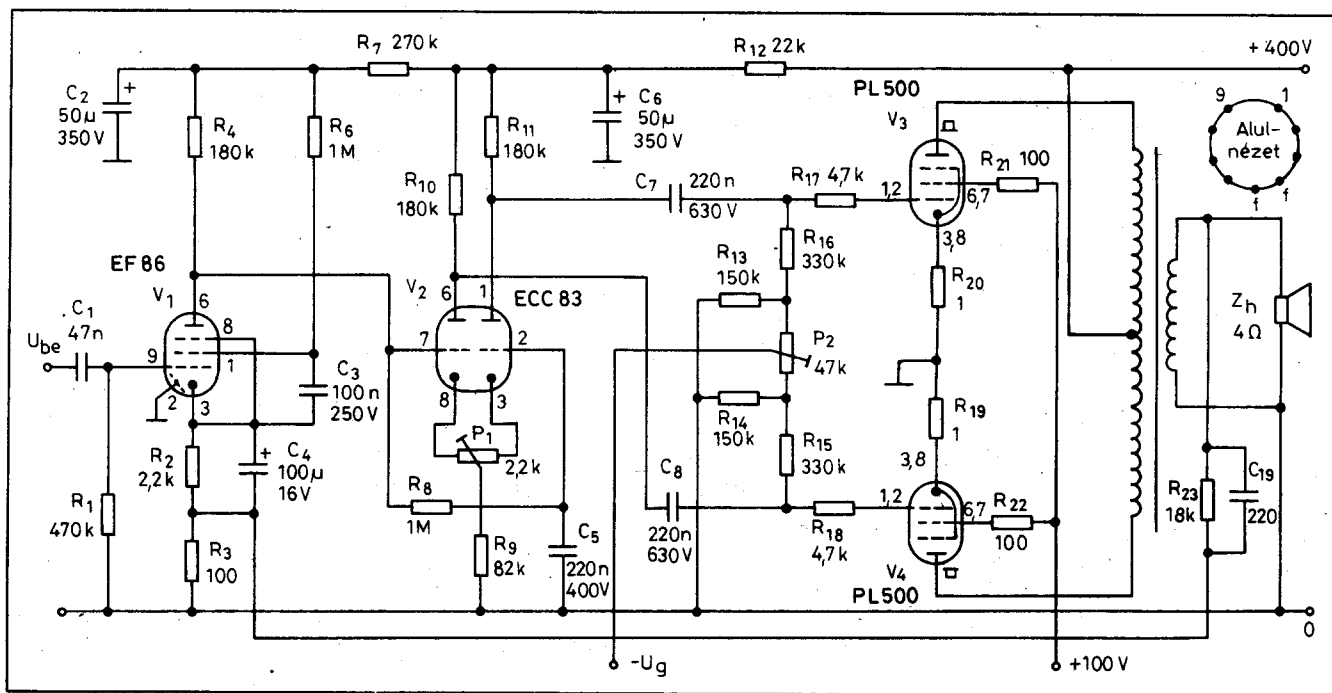
A másik visszatérő probléma a kimenőtranszformátor méretezése, elkészítése. Az idej anyagban részletesebben foglalkozunk ezzel a kérdéssel. A levelekből, beszélgetésekből kiderült, hogy az elektroncső működésével igen sok ifjú kolléga nincs tisztában. Egyesek még az elektróda jelöléseket sem ismerik (összekeverték a pentóda rácsainak jelölését!). Mielőtt bárki csöves erősítő építésébe kezd, ajánlom néhány alapvető könyv elolvasását. Sajnos ezek a könyvek, folyóiratok stb. ma már még az antikváriumokban is csak

igen ritkán szerezhető be. A cikk végén megadom azoknak a könyveknek, cikkeknek a címét, melyek ehhez a témakörhöz kapcsolódnak. Tekintve, hogy a 20 illetve 40 W-os végerősítő a tavalyi RT Évkönyv folytatása, egyes működési leírásokat abban találhatunk meg.

2×20 W-os sztereó végerősítő

Műszaki adatok:

Kimenőteljesítmény:	20 W ($R_t = 4 \Omega$, $k < 2\%$)
Névleges kimenőti impedancia:	4 Ω vagy 16 Ω
Harmonikus torzítás:	$k \leq 2\%$ ($f = 1$ kHz)
Teljesítmény sáv szélesség:	30 Hz ... 35 kHz, ± 1 dB
Bemeneti érzékenység ($f = 1$ kHz):	55 mV _{eff}
Bemeneti impedancia:	470 k Ω
Jel-zaj viszony:	-85 dB



1. ábra. A 20 W-os végerősítő elvi kapcsolási rajza

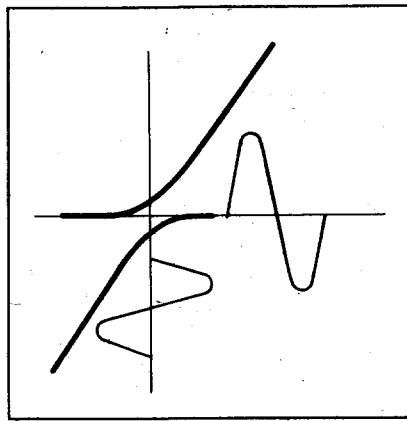
Az egyik csatorna elvi kapcsolási rajza az 1. ábrán látható. A másik csatorna ezzel teljesen azonos felépítésű. A 20 W-os végerősítő kapcsolási rajza gyakorlatilag megegyezik az 1995-ös RT Évkönyv 178. oldalán lévő 10 W-os végerősítőével. Sajnos az RC elemek pozíciószámjai nem egyeznek a két kapcsolási rajzon. Ez abból adódik, hogy a 20 W-os végerősítő valamivel több ellenállást, illetve potenciométert tartalmaz.

A V_2 pozíciószámú fázisfordító elektroncső anód- és katóddenállásai nagyobb értékűek, mint 10 W-os elődjéé. A nagyobb üzemi feszültség, illetve a végerősítő csövek nagyobb meghajtó feszültsége más munkaponti beállítást igényelt. Katalógusadat szerint az itt alkalmazott ECC83-as elektroncső maximum $35 V_{eff}$ feszültséget ad le 1,8% torzítás mellett. Ez igen jó érték, a mi céljainknak kiválóan megfelel. További eltérés a 10 és 20 W-os végerősítők között a tápfeszültség megválasztása.

Az idei évkönyvben szereplő 20 és 40 W-os végerősítők a televíziók sorvégfokozatában használatos csövekre épültek. Ennek két nyomós oka is van. Az egyik, hogy ezeket az elektroncsöveket nagy példányszámban gyártották, még ma is beszerezhetők. A másik lényeges szempont az elektromos paraméterekben rejlik. A sorvégfok céljaira kifejlesztett végpöntódák az elektroncső gyártás vége felé jelentek meg, amikor már „mindent tudtak” a konstruktőrök. Ezek az elektroncsövek viszonylag kis segédrács- és anódfeszültség mellett nagy teljesítmény leadására képesek, a speciálisan kialakított ovális katódnak, a sugártetrodához hasonló anód- és segédrács-elektroda kialakításnak köszönhetően.

A nagy anódfáramból következően a csövek optimális illesztőellenállása alacsonyabb. A $2 \times EL84$ -es csővel felépített erősítőnél az $R_{aa} = 8 k\Omega$, míg a $2 \times PL500$ -as csövek esetén ez az érték $3,5 k\Omega$. Az optimális illesztőellenállás drasztikus csökkenése azt eredményezi, hogy a kimenőtranszformátorra kevesebb menetszámú tekercset kell készíteni, de a nagyobb anódfáram miatt vastagabb huzalból. A kisebb primer menetszám egyéb előnyökkel is jár. Csökken a szórt inductivitás, kisebb a tekercsek önkapacitása. Ezek mind jelentősen javítják az átviteli tényezőt.

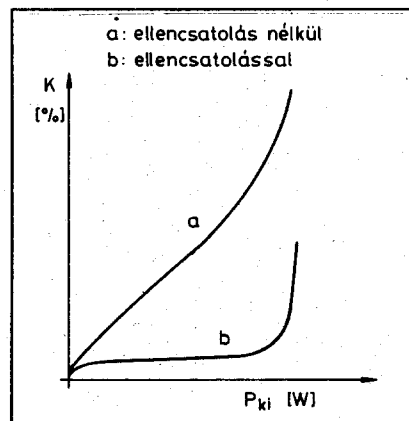
A 20, illetve 40 W-os végerősítők V_3 , V_4 elektroncsövei „AB” osztályú



2. ábra. Az ellenütemű erősítő munkapontja „AB” osztályú beállítás esetén

munkapontban üzemelnek. Az „AB” osztályú munkapontot szemlélteti a 2. ábra. Ennél a beállításnál fix előfeszültséggel üzemelnek a végerősítő csövek. Az állandó előfeszültséget külön tápegységről biztosítjuk. A munkapont grafikus szerkesztése a következőképpen történik. Az „AB” osztályú munkapontot úgy keressük meg, hogy a cső dinamikus anódfáram-rácsfeszültség karakterisztikájának egyenes szakaszát meghosszabítjuk, ahol ez metszi az U_1 tengelyt annál az előfeszültségnél lesz az a „AB” osztálynak megfelelő munkapont. Az előfeszültséget a tápegységben lévő P_3 potenciométerrel tudjuk beállítani. A végerősítőcsövek aszimmetriái a P_2 potenciométerrel kompenzálhatók.

Térjünk vissza az 1. ábra tárgyalásához. Lényeges eltérés tehát a 10 W-os végerősítőhöz képest a V_3 - V_4 csövek munkaponti beállításában és tápfeszültségében van. Az anódfeszültség



3. ábra. Teljesítményerősítő torzítása a kimenőteliesség függvényében

400 V, míg a segédrácsfeszültség csak 100 V. A segédrács, valamint a vezérlőrács előfeszültségét stabilizáltuk. Ezzel lényegesen megnőtt az erősítő stabilitása a hálózati feszültség-ingadozással szemben.

A végerősítő bemeneti érzékenységet az R_{23} -as ellenállás értéke szabja meg. Minél kisebb ennek az értéke, annál nagyobb a negatív visszacsatolás. A negatív visszacsatolás növelésével csökken az erősítés, nő a sávszélesség, csökken a torzítás. Sajnos a negatív visszacsatolásnak gyakorlati határai vannak. Az egyes elektroncsövek között lévő csatoló RC tagok és a segédrács-hidegítő-, valamint a katódkondenzátor különböző frekvencián más és más fázistolást okoz. Ezek összegződnek. Az eredmény az, hogy a túlzottan visszacsatolt erősítő gerjedékeny lesz. Ez rossz esetben lebegéssel (alacsony frekvenciás gerjedés), vagy az erős beütésszerű hangoknál lefulladással jelentkeznek.

A 3. ábrán látható egy átlagos teljesítményerősítő torzítása, negatív visszacsatolással és anélkül. Az elektroncsöves erősítőknél a kimenőtranszformátor is a negatív visszacsatoló kör aktív részese. Ez egyrészt kedvező, mert a transzformátor által okozott torzítások jelentős mértékben csökkennek. Másrészt a transzformátor korlátozza a negatív visszacsatolás nagyságát. Jól elkészített, nagy sávzélességű kimenőtranszformátor lényegesen nagyobb negatív visszacsatolást enged meg, mint egy szerényebb kivitelű egyed.

Mindkét erősítőnél a negatív visszacsatolás mértéke kb. -20 dB. Ez akkor jön létre amikor a szekunder tekercsek 4Ω -os terheléshez vannak összekötve, és az R_{23} -as ellenállás értéke $18 k\Omega$. Az általunk elkészített kimenőtranszformátorok jóval nagyobb negatív visszacsatolást is kibírnak. Méréseink során az R_{23} -as ellenállást $6,8 k\Omega$ -ra csökkentettük. Ekkor az erősítő (teljes kivezérléshez tartozó) bemeneti érzékenysége 140 mV-ra változott meg. A torzítás jelentősen csökkent, főleg a 10 kHz-es frekvenciák felett. A teljes kivezérléshez tartozó frekvenciamenet is számottevően javult. A -1 dB-es pont 70 - 80 kHz környékére tolódott el. Felvetődik a kérdés miért nem ezt a beállítást adtuk közre. A válasz egyszerű. A kimenőtranszformátor minősége dönti el, hogy melyik beállítást alkalmazzuk. Természetesen a két érték kö-