

# A csöves másképp szól

dr. Nagy László villamosmérnök

Az elektroncsöves HIFI erősítőkre sokan nosztalgiával gondolnak, de megépítésére ma már kevesen vállalkoznak. Ennek egyik oka az egyre nehezebb alkatrész beszerezhetőség, a másik, hogy a fejlődés elhaldt mellette. Érdekes, hogy a nosztalgia megmaradt! Az erősítő építés néhány fontos részletének leírásával az érdeklődő fiatalokat szeretném segíteni és bátorítani. A bemutatott mérési eredmények és tapasztalatok azt igazolják, hogy régi alkatrészekből is jó minőségű HIFI erősítőt készíthetünk.

Nyugdíjas oktatóként az elektronika órákon gyakran hallottam ezt a megjegyzést a témával rokonszenvező diákoktól: Másképp szól, mint a bipoláris vagy a FET-es erősítő. Ez ellen nem lehet meggyőzően érvelni az elméleti alapokra hivatkozással, „oda kell menni a lóhoz és meg kell számolni a fogait”. Az első kísérlethez össze-



szedtünk egy-egy, korábban már elkészült sztereó erősítőt mindhárom típusból. Mindegyik erősítő egy CD-lejátszóról ugyanazt a bemenőjelet kapta. A kimeneti szinteket azonosra állítva, a hangfalakat a három erősítő kimenetei között felváltva kapcsolgattuk. Kezdődhetett a szubjektív értékelés. Diákok és tanárok alkották a hallgatóságot, akik észlelhetették, hogy mikor történt váltás az erősítők között, de azt, hogy a három erősítő közül éppen melyiket hallják, azt nem. Az összegyűjtött vélemények vegyes képet eredményeztek. Volt, aki az esetek többségében ugyanazt az erősítő típust jelölte meg a neki leginkább tetszőnek, volt, akinél ez változott, talán a zenei anyagtól függően. Szóval nem lett abszolút győztes típus, ahogy ez várható volt. Igaz, a három erősítőnek csak a sávközépi erősítése volt azonos, de az átviteli sávjuk, a torzításuk és egyéb más jellemzőjük különbözhetett. Márpedig meggyőző csak akkor lehet az eredmény,

ha az erősítők minden paraméterükben közel azonosak.

Ilyen előzmények hatására fogtam bele egy elektroncsöves erősítő építésébe. Az ennek során szerzett tapasztalataimat foglalom össze a következőkben, hátha ezzel segítségére lehetek azoknak, akik hasonló gondolatokat forgatnak a fejükben.

Az induláskor azt kell felmérnünk, hogy milyen alkatrészek és mérőeszközök állnak rendelkezésünkre. A műszereket tekintve: digitális multiméter, csővoltmérő, kétsugaras oszcilloszkóp és egy hangfrekvenciás függvénygenerátor elegendő a beállításhoz és a legtöbb méréshez is. A torzítás mérése sajnos speciális műszert igényel.

A főbb építőelemek – elektroncsövek, nagyfeszültségű elektrolit kondenzátorok, hálózati- és kimenőtranszformátorok – beszerzése már nehezebb, de még ma sem lehetetlen. Alkatrészboltokban, ismerősök elfekvő készle-

téből, félig szétszedett vagy leselejtezett gyári készülékekből, hazai apróhirdetések útján vagy a rádiós börzén megfizethető áron találhatunk használható alkatrészeket.

Ezek jellemzőiről ajánlatos méréssel meggyőződnünk, hogy később ne érjen bennünket meglepetés! Esetemben az induló készlet az alábbiak szerint alakult:

1 db hálózati transzformátor, 2 db ellenütemű kimenőtrafó, 4 db 6P14P végpöntóda, 2 db 6N2P kettős trióda, 2 db 50 uF / 350 V elkő, 1 db  $3 \times 100 \text{ uF} + 1 \times 47 \text{ uF}/350 \text{ V}$  elkő.

A cél egy A osztályú, ellenütemű sztereó erősítő építése és mérése lett. Ezt követte a meghallgatáson alapuló értékelés.

Az alábbiakban sorra vesszük a folyamat fontosabb lépéseit. Elsőként megmérjük a beszerzett alkatrészek jellemzőit, ahogy fentebb említettük, a meglepetések elkerülése végett.

## Hálózati transzformátor

Vasmag: Si ötvözesű EI trafólemezekből összeállított mag, a kötegvastagság 39 mm, a keresztmetszet  $A_{\text{vas}} = 14 \text{ cm}^2$ . A szokásos táblázatokból az EI 106/32 maghoz áll közel, amelyre a táblázat  $P_{\text{pr}} = 124 \text{ VA}$ ,  $P_{\text{sz}} = 111 \text{ VA}$ -ot ad meg.

A trafóról szóbeli tájékoztatásként kapott adatok:

$$U_{pr}: 230 \text{ V}, P = 100 \text{ VA},$$

$$U_{sz1}: 250 \text{ V}, 0,2 \text{ A},$$

$$U_{sz2}: 6,3 \text{ V } 4,2 \text{ A},$$

$$U_{sz3}: 6,3 \text{ V}, 1,2 \text{ A}.$$

Ezek szerint a szekunder oldalon kivehető összteljesítmény 84 W.

A várható terhelés becslése:

A 4 db végcső anód-dissipációja:  $4 \times 50 \text{ mA} \times 250 \text{ V} = 50 \text{ W}$ , 250 V-os anód tápfeszültséget feltételezve. A végpentódák segéddrács dissipációja a fenti értéknek kb. 1/7-ed része, vagyis 7 W.

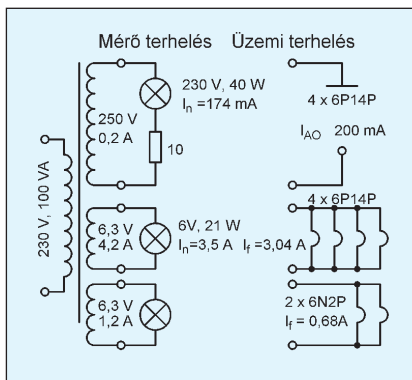
A végcsövek fűtőtéljesítménye  $4 \times 0,76 \text{ A} \times 6,3 \text{ V} = 19 \text{ W}$ .

A meghajtó kettős triódák fűtőtéljesítménye  $2 \times 0,34 \text{ A} \times 6,3 \text{ V} = 4,3 \text{ W}$ .

A szekunder oldali várható terhelés kb. 80 W.

A hálózati trafó mérése üzemi körülmények között segít megállapítani a várható anód-tápfeszültség értékét, valamint a fűtőfeszültségek megfelelőségét. Ellenőrizhetjük azt is, hogy hosszabb idejű terhelés során milyen mértékben melegszik a vasmag. A mérési elrendezés az **1. ábrán** látható, a mért értékeket pedig az **1. táblázat** mutatja. Az üzemszerű terhelést hálózati és 6 V-os, „motoros” izzólámpák biztosítják. Az anódmérőterhelés beállításakor ügyeljünk az izzólámpával sorba kapcsolódó ellenállás megfelelő értékére és terhelhetőségére!

Az **1. táblázatban** a hálózati transzformátor szekunder feszültségei üresjárású és terheléskori esetben láthatók. A trafón mért üresjárású értékek konzekvensen a névleges adatok alá estek.



1. ábra

## 1. táblázat. A hálózati transzformátor szekunder feszültségei üresjárásban és terheléskor

Terhelés: →	nincs (üresjárás)	fűtés 3,5A + 0,83A = 4,33A	fűtés + anód 4,33A + 0,174A = 4,5A
$I_{pr}$ [A]	0,13	0,2	0,35
$P_{pr}$ [VA; W]	30	46	80,5
anódtekerecs fesz. [V]	235	233	222
1,2 A fűtőtek. fesz. [V]	6,18		5,9
4,2 A fűtőtek. fesz. [V]	6,2		5,8

Kicsire nem adunk, mondhatnánk, de azért érdemes meggyőződnünk a mérőműszereink hitelességéről is. Otthoni körülményeknél ez több műszerrel történő mérést, vagy egy pontosabb műszerrel való összehasonlítást jelenthet, amit érdemes megtenni.

A mérési adatokból látható, hogy az anódterhelés bekapcsolásakor a trafó anódtekercsén jelentős (kb. 13 V) a feszültségesés. A tényleges tápegységben további feszültségesés lép fel az egyenirányító diódákon valamint a pufferkondenzátoron az anód egyenáram következtében. Jellemzően, a 235  $V_{eff}$  szekunder feszültség csúcsértékéből (331 V) csak 280  $V_{dc}$  maradt az anódok táplálására.

Esetünkben feltűnő, hogy az üzemi fűtőfeszültség 6 V alá esik. A csőkatalógusban ellenőrizve a min/max értékeket:

6N2P kettős trióda  
Uf: min. 6 V, max. 6,6 V,

6P14P végpentóda  
Uf: min. 5,7 V, max. 7 V.

Ismeretes, hogy a katód emissziós képessége jelentősen függ annak hőmérsékletétől. Az optimálisnál

alacsonyabb hőmérsékleten rohamosan csökken az emisszió mértéke. 10%-os hőmérsékletcsökkenés kb. 90%-os telítési áramcsökkenést eredményez. A kelletlenül magasabb hőmérsékleten viszont gyorsabban párolog az emittáló katódbevonat, a cső élettartama lecsökken. A katód hőmérsékletét a színéből szoktuk megbecsülni. Iparos ember szemmel mér: ha a katód vörösen izzik, akkor megfelelő, de megfordítva is igaz, ha nem úgy izzik, akkor mérni kell!

A hálózati transzformátor rendszerben levőnek látszott a fenti csövekből álló két erősítő táplálására. Később ellenőrizve, a trafó vasmagja huzamos üzem során kb. 65 °C-ra melegedett fel, ami elfogadható érték.

## Elektrolitkondenzátorok

A csöves áramkörökhöz szükséges nagyfeszültségű elektrolitkondenzátorok beszerzése ma napság nem egyszerű. A gyártási évet látva nem sok bizodalمام volt, hogy ezek a kondenzátorok még használhatóak lesznek.

220 + 100 + 47 uF, 350 V, (1982), 100 + 100 + 100 + 47 uF, 350 V, (1977), 50 uF, 350/385 V,

## 2. táblázat. Az elektrolit kondenzátorok formázásának eredményei

$C_{névl}$ [uF]	$U_{névl}$ [V]	Formázás előtt		Formázás után	
		C [uF]	$R_s$ [ohm]	C [uF]	$R_s$ [ohm]
220	350	248	0,4	248	0,18
100		128	0,52	115	0,24
47		51	1,8	52	0,39
100	350	125	7,4	124	0,28
100		133	5,1	133	0,31
100		148	13	144	0,27
47		96	32	85	0,45
50	350/385	57	0,34	58	0,24
50	350/385	72	0,67	71	0,34