

# Kiváló minőségű háromdekádós hanggenerátor-torzításmérő

Kékesi István okl. villamosmérnök

A Rádiótechnika '94/1. számában részletesen leírtam a szinuszos hangfrekvenciás jelek torzításmérésének oszcilloszkópos módszerét Wien-Robinson hidas lyukszűrő segítségével. Ebből megállapítható volt, hogy e módszer, néhány %-os torzítási tényező mellett – a taglalt elhanyagolásokkal –, eléggé pontos eredményre vezet. Másrészt azonban kistorzítású rendszerek vizsgálatánál követelmény, hogy a hangfrekvenciás generátor legalább egy nagyságrenddel kisebb harmonikus torzítású legyen, mint a vizsgált objektum. Tehát pl. a HI-FI-erősítő 0,5%-os torzítási tényezőjének vizsgálatához  $\leq 0,05\%$  torzítású generátor szükséges. Ilyen követelményeket a szokásos Wien-hidas generátorral, folyamatos hangolás mellett, aligha lehet megvalósítani.

Mi tehát a megoldás? Vagy különleges módszerekhez kell folyamodni (mint pl. a néhány %-os torzítású jelet frekvenciában együttfutó meredek sávszűrő lánccal tovább szűrjük), vagy más elven működő generátort kell tervezni. (Az amatőrök számára – a rendkívül magas árak miatt – ma még elérhetetlen frekvenciaanalizátoroktól most tekintsünk el.)

Az egyik legjobb módszer a mindentátesztő szűrők alkalmazása, amelyről a kedves olvasó rövid tájékoztatást kapott a Rádiótechnika '94/10. számában, a „Hangolható szűrők és oszcillátorok mindenátesztővel” c. cikkben. Az ott közölt széles sávban hangolható generátor (átalakí-

tott változatban) bizonyult megfelelőnek e probléma megoldásához.

## Működés

Az 1. ábrán látható a készülék elvi kapcsolási rajza, amelyen (összehasonlítva azt az említett cikk 10. ábrájával) felismerhető a szélessávú generátor. Az  $IC_{1/1}$  és  $IC_{2/2}$  két, sorbakapcsolt mindentátesztő szűrőt alkot. Ezek mindegyike  $f_0 = 1/2\pi RC$  frekvencián  $90^\circ$ -os fázistolást okoz anélkül, hogy az amplitúdómenet lineáris volta megváltozna. A fázistolás összege tehát  $180^\circ$ . E kapcsolásnál  $C = C_1 = C_2 = 10$  nF, míg a  $K_{1/1}$  és  $K_{1/2}$  fokozatkapcsolóval kapcsolt elállásértékek a frekvencia függvényei. Oszcillátor úgy alakítható ki e kapcsolásból, hogy az  $IC_{1/2}$  kimenőjelét fázisban megfordítjuk (invertáljuk) és a bemenetre csatoljuk vissza (azonos fázisú, pozitív visszacsatolás). Ezt a célt szolgálja az  $IC_{1/3}$  műveleti erősítő.

Szemben az említett cikkben közölt generátorral, melynek szintszabályozása nem megoldott, és ennél fogva a szintingadozás viszonylag nagy (néhányszor tíz mV!), a módosított oszcillátor egy igen egyszerű szintszabályozót is tartalmaz. Ezzel a megoldással a szintingadozás néhány mV-ra csökkenthető. A komplexum a  $D_1 \dots D_4$  egyenirányító hídéből és a határolást végző  $D_5$  Z-diódából áll. A berezgési

pontot  $P_4$ -gyel lehet pontosan beállítani. A  $P_5$  potenciométer a nagyobb frekvenciáknál tapasztalható (feltehetően az IC káros fázistolása miatt fellépő) frekvencia-amplitúdókarakterisztika egyenletlenségét hivatott kiegyenlíteni.

Ezzel a viszonylag egyszerű áramkörrel kiváló minőségű, 20 Hz...20 kHz-es sávban (egyszerre) áthangolható kistorzítású generátorhoz jutunk. Az áthangolás  $P_1$  kettős (sztereó) potméterrel történik. Mivel a potméter átfogása nagy, a pontos frekvenciára állás eléggé körülményes (kis elmozdítás nagy ellenállásvaltozással jár). A beállítást megkönnyíti a  $P_2$  finomhangoló potméter.

A generátor kimeneti jelét az  $IC_{1/4}$  elválasztó követőerősítőre kapcsoljuk, mely egyrészt az esetleges kapacitív terhelést választja le az oszcillátorról, másrészt a kimeneti szint tetszőleges beállítását lehetővé tevő potmétert hajtja meg. Az oszcillátor kimenőszintje kb.  $3,3 \dots 4 V_{cs-cs}$  (a Z-dióda példány tényleges Zener-feszültségétől függ).

A generátor a korszerű követelményeknek megfelelően teljesítménykimenettel rendelkezik, a következő megoldásban. A hangfrekvenciás jelet  $IC_{3/1}$  erősíti fel úgy, hogy a szintszabályozó potméter felcsavart állásában a kimenőjel szintje  $25 V_{cs-cs}$  legyen. A visszacsatolást az ellenütemű végfoko-



**MediCHIP KFT**

**Videó és Elektronikai Alkatrészbolt**

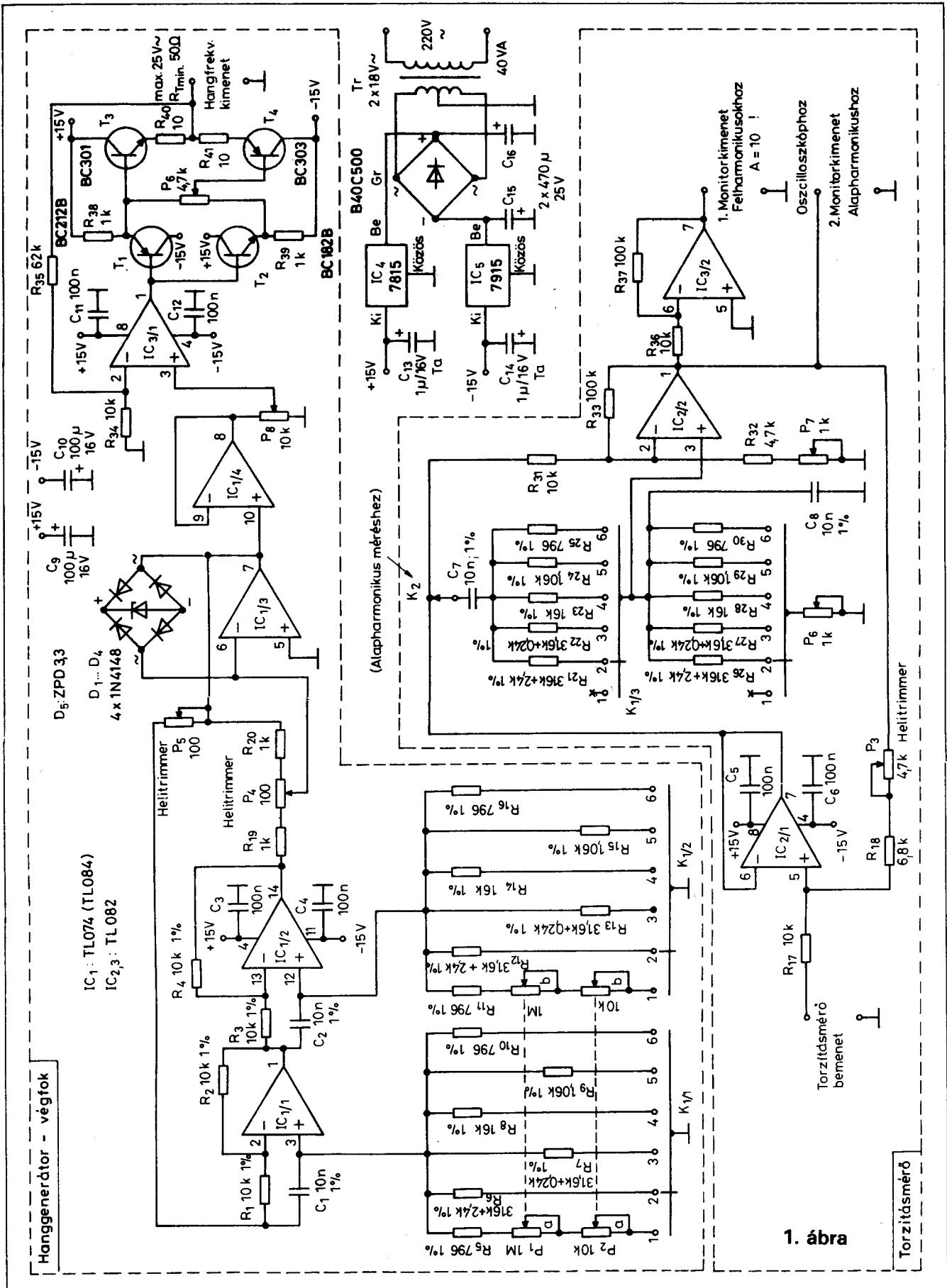
**6000 Kecskemét, Magyar u. 20. Tel./fax: 76/327-763**

Új szolgáltatásunk: EPROM és mikrokontroller égetés.  
Továbbra is kaphatók, ill. katalógusok alapján megrendelhetők  
audió, videó aktív és passzív áramkörtani elemek.

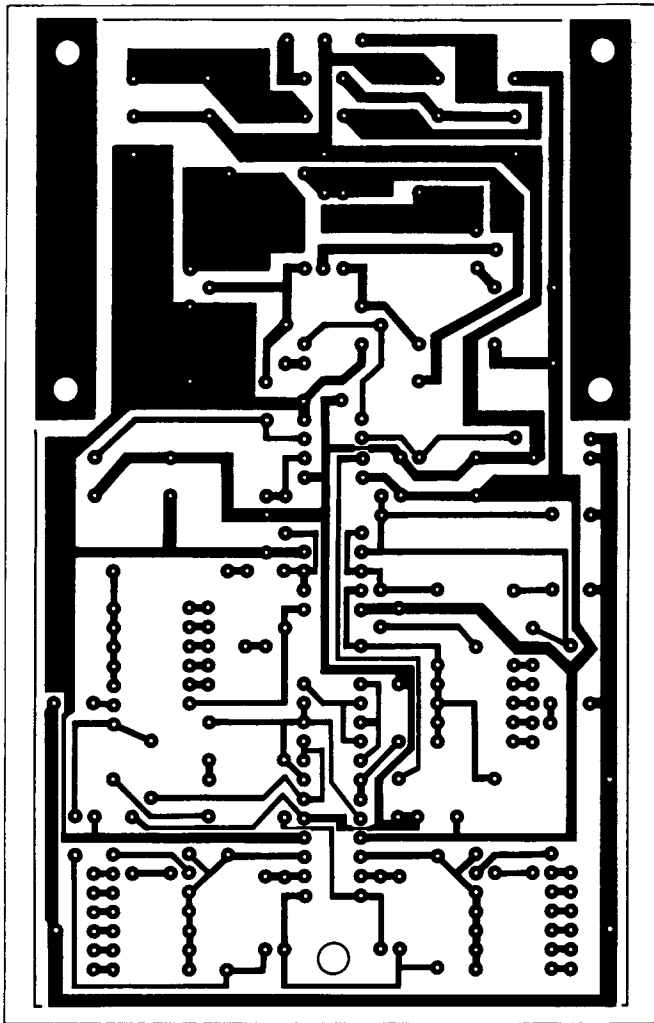
Nyitva: H-P 9-12.30, 13.30-17.30, Szó 9-12-ig



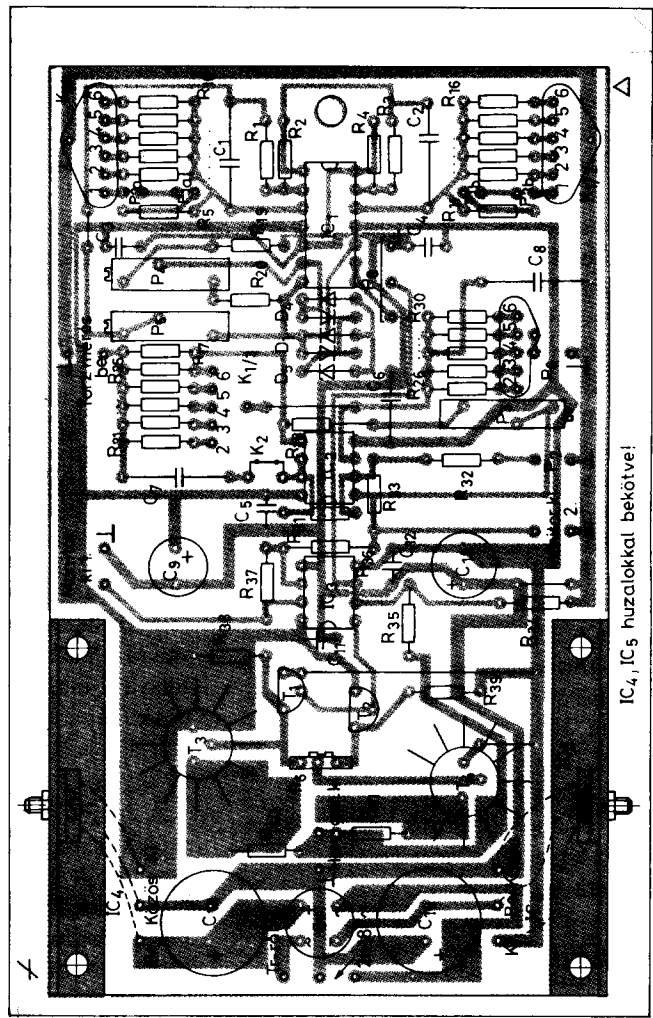




1. ábra



2. ábra



3. ábra

zat kimenetéről a műveleti erősítő invertáló bemenetére vezetjük.

A végfokozat egyenáramú beállítást nem a szokásos  $2 \times 0,6$  V-os nyitófeszültséget biztosító diódás áramkör állítja elő, hanem a jóval kisebb terhelést okozó  $T_1$ ,  $T_2$  emitterkövető. Ezáltal az IC torzítása csökken, alig növelve az oszcillátor torzítását. A  $P_6$ -tal minimálisra állítható be a keresztvezési torzítás. Ennek ára azonban az, hogy a végfokozatot szokatlanul nagy, mintegy 60 mA-es árammal kell előfeszíteni. Így elérhető, hogy a végfokozat legnagyobb terhelésénél alig nő meg a harmonikus torzítás értéke. A legkisebb terhelő-ellenállás, amellyel lezárható a hanggenerátor, 50  $\Omega$ ; ennél a végfokozat áramfelvétele kb. 200 mA.

A torzításmérő rész a már említett '94/10. számban részletesen ismertett Wien-Robinson hidas lyukszűrőből áll, amelynél az  $R_{18}$ ,  $P_3$  visszacsatolással nagy oldalmeredekség állítha-

tó elő az  $f_0 = 1/2 \cdot \pi \cdot R \cdot C$  frekvencián (amely ugyanaz, mint az oszcillátor frekvenciája). Az említett rezonanciafrekvencián a szűrő az alapharmonikus legalább 80 dB-lel elnyomja, így az összes felharmonikus tartalom marad meg csupán. Az  $f_0$ -ra történő finomhangolás a híd  $P_7$ -es elemével lehetséges. Tapasztalataim szerint azonban a generátor legmondosabb frekvenciabeállítása mellett is szükség van valamelyik RC-ág finom behangolására.

A lyukszűrő minimális kimenőjelére kell törekedni  $P_6$ -tal, ill.  $P_7$ -tel fo-

kozatosan közelítve („szukcesszív approximációval”) ezen értéket. A kimeneti jelben a mérendő készülék zaja is benne van, tehát a mért érték a THD-vel (teljes harmonikus torzítás) egyenértékű. Az alapharmonikus (+ felharmonikusok összege)  $K_2$  kapcsolásával mérhető a 2. monitorkimeneten, amelyre célszerű oszcilloszkópot csatlakoztatni. Mivel pl. 0,1%-os harmonikus torzításnál, 25 V<sub>cs-cs</sub> alapharmonikus mellett az összes felharmonikus tartalom csupán 25 mV, szükség van az IC<sub>3/2</sub>, tízszeres erősíté-

1. táblázat

K <sub>1</sub> állásai	Funkció	Beállító elem
1.	Folyamatos hangolás 20 Hz...20 kHz	$P_1 + P_2$
2.	Harmonikus torzítás-mérés 50 Hz-en	316 k $\Omega$ + 2,4 k $\Omega$
3.	Harmonikus torzítás-mérés 500 Hz-en	31,6 k $\Omega$ + 0,24 k $\Omega$
4.	Harmonikus torzítás-mérés 1 kHz-en	16 k $\Omega$
5.	Harmonikus torzítás-mérés 15 kHz-en	1,06 k $\Omega$
6.	Harmonikus torzítás-mérés 20 kHz-en	796 $\Omega$

sű fokozatra, a jobb kiértékelhetőség és pontosabb mérés érdekében. A tízszeres nagyságú (!) felharmonikustartalommal arányos jel az 1. monitorkimeneten (ugyancsak oszcilloszkóppal) mérhető.

Már említettem, hogy a generátor pontos frekvenciabeállítása nem a legegyszerűbb feladat, még a finomhangolóval sem. Torzításméréshez tehát fix frekvenciákat választottam, amelyeket szintén fix ellenállásokkal lehet beállítani. E frekvenciákat az 1. táblázat tartalmazza. Ez azonban nem jelenti azt, hogy az ismert  $f_0$ -képlet alkalmazásával más frekvenciákra ne lehetne kiszámítani az ellenállásértéket. Mégis célszerűnek tartom a táblázatban foglalt frekvenciák beállítását, mert lemezjátszók, magnók jellemző adatait mérhetjük ezek segítségével.

A kiválasztott frekvenciára állítjuk a hatállású négyáramkörös fokozatkapcsolót, ezzel a generátor is és a lyukszűrő is azonos frekvencián dolgozik.

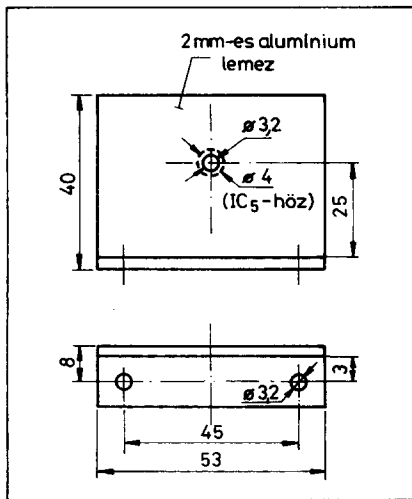
A készülék + tápfeszültségét az IC<sub>5</sub>, IC<sub>4</sub> stabilizátorok biztosítják. A nyers tápfeszültséget a Tr, Gr, C<sub>15</sub>, C<sub>16</sub> elemek biztosítják.

**Elkészítés**

A hanggenerátor-torzításmérő nyákrádját a 2. ábrán, az alkatrész-beültetési rajzot a 3. ábrán láthatjuk. A panel elkészítése a lehető leg gondosabban kell, hogy történjen. A viszonylag bonyolult fóliarajzolatot megrajzolva, ellenőrizzük azt nagyító segítségével zárlat, szakadás, források összefolyása szempontjából. Gyorsan marasunk, hogy ne lépjen fel alámardás. A vaskloridoldat hőmérséklete 60...70 °C legyen maratás közben. Így a maratási idő kb. 10 perc.

Maratás utáni ellenőrzéssel megelőzhető az, hogy a valahol csak részben leoldódó rézfólia zárlatot okozva, használhatatlanná tegye a panelt. Furatozás után javítsuk ki az összes fóliahibát (zárlatot éles szerszámmal szét kell vágni, a hiányzó vezetősávot átkötő huzallal helyettesíteni).

P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub> helyébe a kényelmes beállíthatóság és a kellő stabilitás érdekében lehetőleg helitrimmert használjunk. A fokozatkapcsolóval kiválasztható ellenállások feltétlenül 1%-os



4. ábra

(vagy ennél jobb) tűrésűek legyenek. (Úgyszintén C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> és C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub> is). Ha van rá lehetőségünk, az azonos szórásirányú ellenállásokat válogassunk össze. Így jobban elősegíthetjük a torzításmérésnél a generátor-torzításmérő együttfutását.

A P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>8</sub>, valamint a P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> a készülék előlapjára kerül (K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>-vel együtt). A finombeállítás érdekében P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub> potenciométerek szintén jó minőségű helipotok vagy helitrimmek legyenek. Utóbbiak újabban előlapra szerelhető tengelyes kivitelben, magánkereskedőknél beszerezhetőek.

A stabilizátor IC-eket hűtőlemezre kell szerelni, tekintettel a készülék maximálisan 200...300 mA-es áramfelvételére. A hűtőlemez méreteit a 4. ábra mutatja. Figyelem! IC<sub>5</sub> szigetelve szerelendő a lemezre a (szaggatottan ábrázolt furatátmérő a szigetelőgyűrűhöz készül). Az ellenállás-fokozatkapcsoló bekötések lehetőleg rövidnek legyenek. A T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> hűtőcsillaggal szerelendő.

**Beállítás**

A felélesztett készülék végleges beállítását a lehetőleg fémből készült házba történő beszerelés után végezzük el, a következők szerint.

*1. A hanggenerátor beállítása*

P<sub>4</sub>-gyel az oszcillátor berezgési határára állunk (K<sub>1</sub> 1. állásában,  $f_0 = 1$  kHz-en). Eközben P<sub>5</sub> rövidre zárt állapotban van. Végighangolva a teljes sávot,

ellenőrizzük, hogy nem szakad-e le a rezgés. Ha igen, akkor óvatosan állítsuk P<sub>4</sub>-et! Az IC<sub>1/4</sub> kimenetén az amplitúdó 3,3...3,6 V<sub>cs-cs</sub> kell legyen. A jelszint 15 kHz-től változhat némileg, amelyet ki lehet egyenlíteni P<sub>5</sub>-tel. Ellenőrizzük, hogy a teljes sávban néhány mV-on belül azonos-e a kimenőszint a HF-kimeneten mérve.

Terheljük a kimenetet 50 Ω-mal, és állítsunk be 25 V<sub>cs-cs</sub>-t, a jel torzítása nem nőhet meg (P<sub>6</sub>-tal a keresztvezési torzítás szemre kiküszöbölendő).

*2. A torzításmérő beállítása*

A hanggenerátor-kimenetet kössük össze a torzításmérő bemenetével! A K<sub>2</sub>-t kapcsoljuk ki (K<sub>1</sub> 1. állásban legyen). P<sub>3</sub>-mal A=1 erősítést állítsunk a 2. monitorkimeneten mérve. Kapcsoljuk vissza K<sub>2</sub>-t és K<sub>1</sub>-et kapcsoljuk a 4. állásba! Ekkor a monitorkimeneten észrevehetően erősen csökken a jel amplitúdója. Váltogatva állítsunk P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>-tel amplitúdóminimumot.

Finomszabályozás közben észleljük, hogy a szinuszel nem tiszta: egy perióduson belül több hullámot is tartalmaz. Ezek amplitúdóját újabb hangolással minimumra kell állítani.

A hanggenerátort maximálisan terhelve, az 1. monitorkimeneten a jelet minimálisra állítjuk P<sub>6</sub>-tal. Ellenőrizzük K<sub>1</sub> többi állásában is a felharmonikus tartalmat! Minden állásban újra végre kell hajtani az előbb leírt procedúrát.

Az elkészített generátor-torzításmérő komplexumon mért értékeket a 2. táblázat tartalmazza. Az adatokból láthatóan a generátort kiváló tulajdonságai arra predesztinálják, hogy akár 0,1%-os torzítási tényezőjű rendszereket is vizsgálhassunk segítségével.

2. táblázat

Alfelharmonikus amplitúdója: 25 V <sub>cs-cs</sub>			
Frekvencia [Hz]	Felharmonikusok + zaj [mV <sub>cs-cs</sub> ]	k [%]	terh. k [%]
50	3	0,012	0,015
500	2,5	0,01	0,012
1 000	2	0,008	0,01
15 000	2,3	0,0092	0,014
20 000	2,8	0,0112	0,018