

Elektrosztatikus hangsugárzó, avagy a zenélő kondenzátor (1.)

A kedves olvasó bizonyára aggódva olvasta a fenti hangzatos címet, tartva attól, hogy az alábbiakban tömény elméleti fejtegetések következnek, átítva fél oldalt betöltő matematikai levezetésekkel. Gyakorlati ember lévén, ehelyett igyekszem majd a valós életben közvetlenül felhasználható információkat nyújtani az elektrosztatikus hangsugárzó rendszerekkel kapcsolatban, bemutatom működésüket, előnyeiket, hátrányaikat a dinamikus hangsugárzókkal szemben. Igyekszem magas fokú matematikai apparátus igénybevétele nélkül megvilágítani azt is, hogy mi a gátja nagy tömegű elterjedésének. A cikk megértéséhez csak „józan paraszti észre” lesz szükség. A második részében ismertetek egy, a gyakorlatban is működőképes hangsugárzót, megosztva közel egyévi munkám eredményét önökkel.

Ezen cikkemmel természetesen nem kívánok pálcát törni a dinamikus rendszerek felett, inkább azt szeretném megvilágítani, hogy a helyhez kötött területeken (ilyen, pl. az, otthoni zenehallgatás is) komoly versenytársai lehetnének egymásnak. Az elektrosztatikus hangsugárzók bizonyos feltételek mellett még jobb hangminőséget produkálnak, mint egy átlagos dinamikus sugárzó-rendszer.

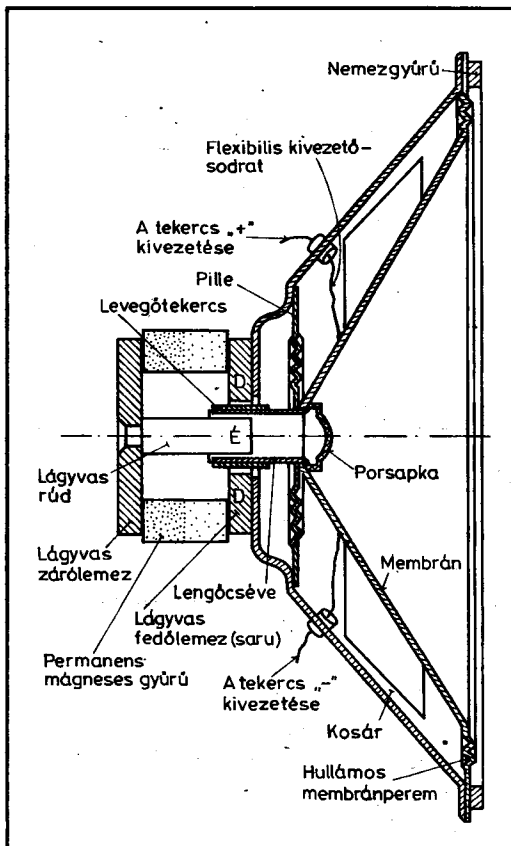
Gondot okoz továbbá a membrán csatolása a levegővel. Ez akkor optimális, ha a membrán mozgási energiájának a 100%-a a levegő megmozgatására fordítódik. Ez persze koránt sincs így. A rossz csatolásból eredően itt is veszteségek lépnek fel. Lehet ugyan javítani a csatolást pl. exponenciális tölcser használatával, azonban ez a mély hangok esetén óriási méretekhez vezet és csökkenti a hangszóró sáv szélességét.

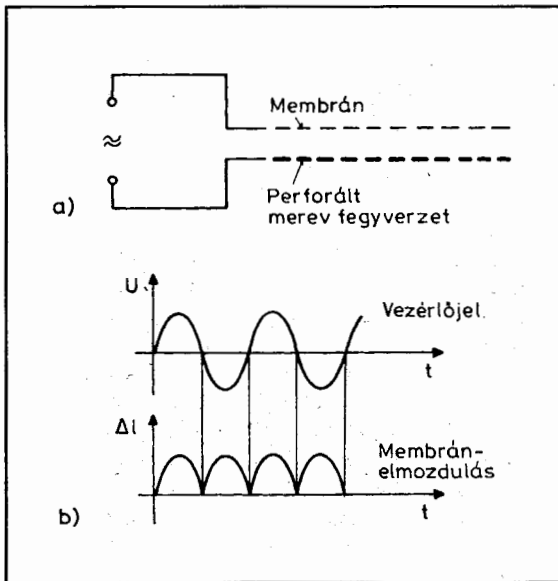
A dinamikus hangszóró működése és hátrányai

Az 1. ábrán szereplő dinamikus hangszóró tekercsének kivezetéseire kösszünk egy teljesítmény-hanggenerátort, majd szinuszos jellet tápláljuk meg azt! Ekkor a mágnes fluxussal átjáró légréseben levő tekercs igyekszik a helyét megváltoztatni. Mozgásának iránya attól függ, hogy a cséve körül ébredő elektromágneses tér milyen polaritású a körülötte levő permanens mágnes pólusaihoz képest. Amennyiben berendezésünket az ábrán feltüntetett polaritásoknak megfelelően kötöttük össze, akkor a hanggenerátor kimenetéről érkező szinuszcél pozitív félhullámai kifelé, a negatívak pedig befelé igyekeznek elmozdítani a tekercset. A csévetestre szerelt membrán összenyomja, majd szét húzza a „körülötte” levő levegőt. Ettől szólal meg a hangszóró. A membrán alatt levő „pille” két funkciót lát el, egyrészt a lengőtekercset tartja a mágneskör légréseinek közepén (megakadályozva, hogy a tekercs menetei súrlódjanak a légrést körülvevő falakhoz, továbbá állandóan igyekszik alaphelyzetébe húzni a csévetestet, azaz visszatérítő rugóként is funkcionál. Tehát a tekercs körül ébredő elektrodinamikai erőnek le kell győznie a pille és a membránperem rugóerejét, a membrán és a cséve tömegéből eredő tehetetlenséget, továbbá mozgásra kell kényszerítenie a körülötte levő levegőt.

A levegő megrezgetését nem közvetlenül a hangfrekvenciás áram végzi, hanem először át alakítjuk azt mágneses fluxusváltozássá, majd a permanens mágnes mezejével való kölcsönhatása révén mechanikai munkává. Ezek az átalakítások tekintélyes veszteségekkel járnak.

1. ábra





2. ábra

A sávzélességgel más gond is van, erről később lesz szó.

Ezek a veszteségek okozzák azt, hogy egy átlagos dinamikus hangszóró zárt dobozban a bevezetett elektromos teljesítménynek csak az 1...5%-át használja fel a levegő megrezgetésére, a többi hővé alakul át.

Továbbá a membrán nem fogható fel merev testnek, van bizonyos rugalmassága, ezért a tekercs azt periodikusan meghajlítja, ami káros mellékrezgésekhez, ún. parciális rezgésekhez vezet. A membrán önrezgésesei nincsenek benne az eredetileg lesugározandó hangképben, ezért nemkívánatosak. A dinamikus hangszóró parciális rezgésesei az ún. rezonanciafrekvencián a legerőteljesebbek. Főleg mélysugárzók esetén nehéz ellenük védekezni.

Egy dinamikus hangszóró nem tudja lesugározni a teljes hangfrekvenciás sávot – ez a mechanikai méretéből adódik –, ezért kénytelenek vagyunk több különálló hangszórót (hangsugárzót) egy egységgé összekapcsolni, szűrőáramkörökön keresztül. Ezek a szűrők biztosítják, hogy pl. a magassugárzóra csak a magas frekvenciájú

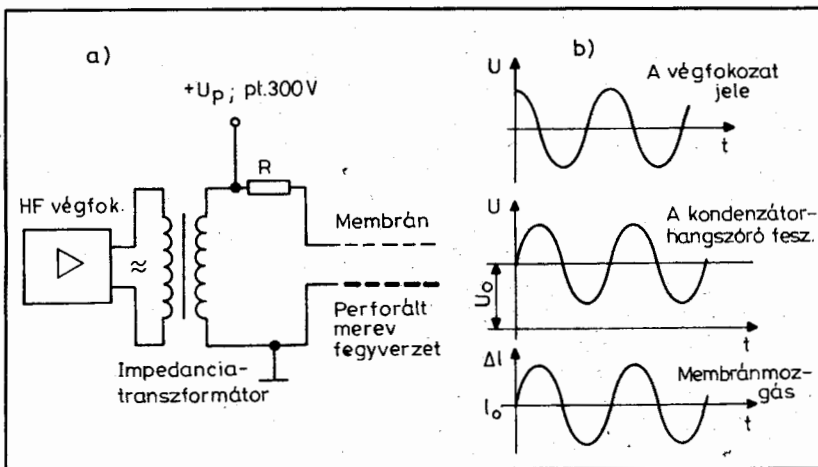
összetevők, a mélysugárzóra csak az alacsonyfrekvenciások kerüljenek. Ezen kívül létrehozhatjuk az optimális illesztést a hangsugárzórendszer és az azt tápláló végerősítő fokozat között. Ez a szűrőváltó többnyire passzív LC-körökből épül fel, amelyek fázistolása különböző frekvencián is különböző lehet, ezért az egyes hangsugárzókra más-más fázisban érkező jelek jól „összekuszálhatják” a hangképet. A hátrányokat tovább lehetne sorolni, de erre a jelen cikk keretein belül nincs mód.

Hogy miért találunk szinte kizárólagosan dinamikus hangszórókat berendezéseinkben a fent említett negatív tulajdonságok ellenére? Ennek egyszerű okai vannak. A dinamikus hangszórók a mai kor igényeinek megfelelően könnyen, nagy sorozatokban gyárthatók, ezért olcsók. Alacsony impedanciájúak, így tehát könnyen illeszthetők a félvezetős végfokozatok kimenetéhez. Működésükhöz nem szükséges külön tápfeszültség, az elektromos szigetelésre sem kell különösebben odafigyelni, hiszen nincsenek rajta nagy feszültségek. Könnyen beépíthetőek hordozható készülékekbe, mivel a legkülönbözőbb méretekben állíthatók elő stb.

Az elektrosztatikus hangsugárzó működése, előnyei és hátrányai

Az elektrosztatikus hangsugárzó legegyszerűbb esetben két, viszonylag nagy kiterjedésű, egymáshoz közel levő, párhuzamos fegyverzetből áll, amelyek közül az egyik könnyen elmozdítható fémmembrán, a másik helyhez kötött, merev fémlemez. Ez utóbbit perforációval látják el, a levegőáramlás biztosítására. Ha a fegyverzetekre elektromos feszültség kerül, akkor attól függően, hogy töltéseik különbözőek vagy azonosak, vonzzák, illetve taszítják egymást (2.a ábra). Hangfrekvenciás váltófeszültség hatására a mozgó elektróda hallható rezgésbe hozható, azonban erős torzítások lépnek fel, mivel a membrán a HF-jelel minden teljes periódusára kétszer mozdul ki ugyanabba az irányba, majd tér vissza eredeti helyére (2.b ábra). Az elrendezés csak akkor használható fel a gyakorlatban, ha egyenfeszültséggel – ún. polarizációs feszültséggel (U_p) – az egyik irányban előfeszítjük a membránt (3.a ábra). Erre a feszültségre szuperponálódik rá a hangfrekvenciás jel-feszültség (3.b ábra). A transzformátor szerepe kettős. Egyrészt illeszti a hangsugárzó impedanciáját a végfokhoz, másrészt galvanikus leválasztást biztosít. Mivel az elrendezés ebben a formában csak kis membránmozgást tesz lehetővé, leginkább a magas hangok lesugárzására alkalmazható, de a vezérlőjel csúcshőfeszültsége ebben az esetben sem haladhatja meg a polarizációs feszültséget. A 4. ábra fotóján látható, EAW gyártmányú, egyszerű elektrosztatikus magassugárzó tipikus iskolapéldája ennek. A Budapest és a Pacsirta rádiókban használták egykor, de egy reflexdobozba épített, szélessávú dinamikus hangszóróval együtt ma is megállja a helyét. Frekvenciakapacitása 8 kHz...20 kHz között egyenletes. Kapacitása $C_h = 3,5$ nF, előfeszített állapotban. A 250...300 V polarizációs feszültséget egy 280...470 kΩ-os előtét-ellenálláson keresztül kell rákötni. Jelentős torzítás nélkül 45 V-os vezérlőjel adható rá.

3. ábra



Az ellenütemű elv felhasználásával mód van arra, hogy szélessávúvá tegyük a rendszert. A hangsugárzó méretei is nagyobbak lesznek, mivel távolabb helyezett fegyverzetek másként kis kapacitást eredményeznének. Nem ritkák az egy négyzetméter körüli méretek sem!

A fentiekből kitűnik az elektrosztatikus hang-sugárzó rendszerek két legnagyobb hátránya. Az egyik a nagy polarizációs feszültségben, a másik a nagy méretekben rejlik. A méretproblémákon kívül van még egy olyan kedvezőtlen tulajdonság, ami szintén gátja lehet a szélessávú rendszerek építésének. A dolog megértéséhez szükség lesz egy kis matematikára, de igyekezzem nem túlzásba vinni.

Egy erősítő akkor adja le a belőle kivethető legnagyobb teljesítményt, ha a kimenőimpedanciája pontosan megegyezik a rá kapcsolt sugárzó impedanciájával. Ez a teljes hangfrekvenciás tartományra fenn kell hogy álljon. A mi általunk vizsgált sugárzó egy kondenzátor, melynek „impedanciája”, pontosabban kapacitív reaktanciája a rá kapcsolt frekvenciától függően erősen változik. Az összefüggés a következő:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

ahol:

f = a vizsgálati frekvencia [Hz],

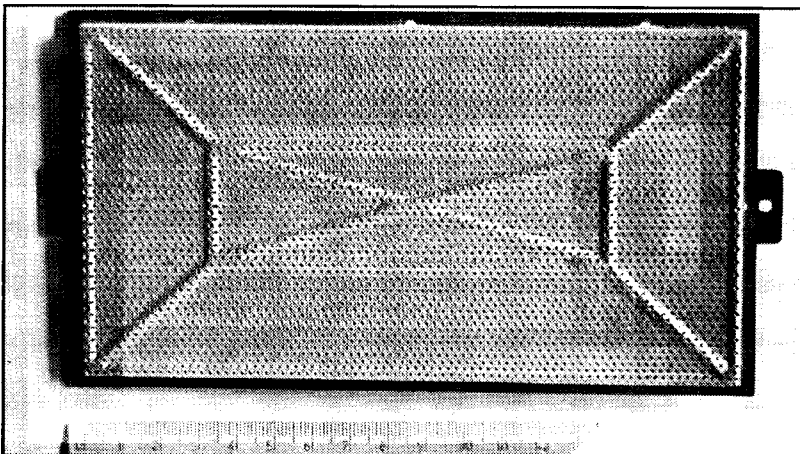
C = a vizsgált kondenzátor kapacitása [F],

X_c = a kondenzátor látszólagos ellenállása az adott frekvencián [Ω].

Legyen pl. a kondenzátorsugárzónk kapacitása 200 pF! A képletbe behelyettesítve azt kapjuk, hogy 20 Hz-en X_c ≈ 40 kΩ, míg 20 kHz-en X_c = 40 Ω. Végerősítőink közül egyik sem tud ilyen széles impedanciahatárok között optimálisan dolgozni. A működés szempontjából az volna jó, ha a magas frekvenciák lesugárzásakor kicsi lenne a hangsugárzónk kapacitása, mely hangok esetében meg nagy. Ekkor állandó értéken lehetne tartani kondenzátorunk reaktanciáját, amit aztán transzformátorral könnyű illeszteni a végfokozathoz.

A megoldás az, hogy a hangsugárzónk álló fegyverzetét két szektorra osztjuk és a külsőt egy L tekercsre keresztül kötjük össze a belsővel. Az 5. ábra ezt illusztrálja, ellenütemű elrendezésre. A tekercs „fordítottan” viselkedik a kondenzátorhoz képest: alacsony frekvenciáknál kicsi az ellenállása, magasaknál viszont nagy. Ebből következően magas hangoknál csak a membrán közepe dolgozik, melyek esetében viszont a sugárzó teljes felülete.

A tekercs 90°-os fázistolást végéz, de ez ellen-súlyozható egy vele párhuzamosan kötött C kondenzátorral. A két alkatrész párhuzamos rezgőkört alkot, ami a rezonanciafrekvenciáján tiszta valós jelet mutat. Rezgőkörünk rezonanciafrekvenciáján lesz a hangsugárzónk keresztelési frekvenciája. Helye bárhol lehet a hangfrekvenciás sávon belül, kísérletileg célszerű meghatározni, mivel értéke nemcsak az elektromos paramétereiktől függ, hanem a mechanikai méretek is befolyásolják. A tapasztalatok szerint a célszerű keresztelési frekvencia kb. 12 kHz. Számításához a rezgőkörök közismert rezonanciaképlete használható, ahová az induktivitást henryben, a kapaci-



4. ábra

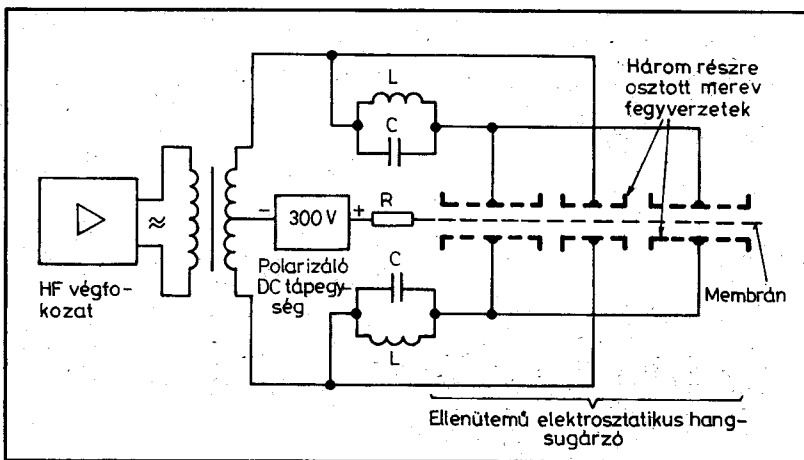
tást faradban kell behelyettesíteni, a rezonanciafrekvenciát hertzben kapjuk:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

A torzítások minimális értéken tartása érdekében szükség van arra, hogy a polarizációs feszültség tápegységét áramgenerátorossá alakítsuk át. Ez legegyszerűbben úgy lehetséges, hogy egy nagy értékű ellenállással megnöveljük a tápegység belsőellenállását. Ha a hangsugárzón nagy áram akarna folyni (a fegyverzetek nagy amplitúdójú kitérés miatt túl közel kerülnek egymáshoz), az ellenálláson nagy feszültség esik. Kevesebb feszültség jut így a hangsugárzóra. Kisebbszűltés, kisebb vonzóerőt biztosít a fegyverzeteken, így azok távolodnak egymástól. Az ellenállás értéke a mi esetünkben 4,7 MΩ, de közepes frekvenciáig sikerrel alkalmazható 1 MΩ-os ellenállás is. Másik módszere a nagy ellenállás létrehozására az, hogy magát a membrán vezetőrétegét készítjük rosszabb vezetőképeségű anyagból. A Martin Logan cég pl. a membránra fémgözőlés helyett grafitréteget visz fel, ezzel éri el a kívánt hatást.

Az impedanciaillesztő-transzformátor, amint azt az 5. ábrán láthattuk, középmegecsapolásos. Nagyban hasonlít a csöves végfokozatok kimenő-

5. ábra



transzformátoraira, csak éppen „fordítva” van bekötve. A méretezése is hasonlóképpen történik. A teljes méretezés igen terjedelmes leírására e cikk keretein belül nincs mód, azonban az erre vonatkozó irodalom igen bőséges, az érdeklődő biztosan talál erre vonatkozó adatokat.

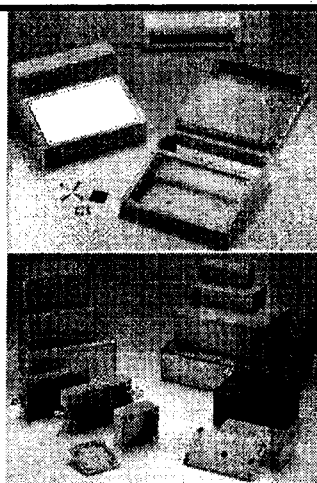
Eddig a hangsugárzóknak csak a hátrányos tulajdonságaival foglalkoztunk, nézzük most az előnyeiket!

- A membrán nagyon vékony anyagból készül (vastagsága 5 - 6 μm), a tömegéből eredő tehetlensége elhanyagolható, ezért szólnak olyan elevenen ezek a rendszerek. A membrán képes követni a legkisebb feszültségváltozást is, így óriási dinamikatartománnyal rendelkezik.
- Az álló fegyverzetnek minden pontja hatással van a membrán mozgására, ezért parciális rezgések csak igen kis mértékben lépnek fel, s ezek is a magasabb frekvenciákon érvényesülnek. Ez is áldásos a hangminőségre nézve.
- Torzításaik az összes hangsugárzó közül a legkisebbek, amit az impedanciátranszformátor ugyan kissé leront, de még így is „van mit felmutatniuk”.
- Ha impedanciaillesztésük biztosított, akkor a határfokuk sokkal jobb, mint a dinamikus hangsugárzóké.
- Nagy, lapos felületük ellenére könnyű azokat elhelyezni a lakásban, mivel pl. egyszerűen falra akaszthatóak.

Remélem, ez a kicsit mégiscsak elméletizű írás nem vette el túlságosan a kedves olvasó kedvét, azonban a rendszer működésének ismeretére feltétlenül szükség lesz a további munkánk során. A

következő részben már gyakorlati dolgokról lesz szó. Ismertetek egy ténylegesen megépített hangsugárzót. A rendszer szélessávú, ezért nem igényel külön mélysugárzót, azonban koránt sem produkál olyan „dögös” mélyeket, mint pl. egy házimozirendszer. A hangsugárzó sarokba állítása javíthat ezen a problémán.

Addig is, amíg a következő lap megjelenik, egy kis házi feladatra kérünk meg mindenkit, aki szeretne az építéssel is foglalkozni. Kerekedjünk fel egy ellenállásmérővel a zsebünkben és látogassunk el a lakóhelyünkhöz közel eső valamelyik áruházba! Mérjünk meg minden, gyanúsán fémszínű műanyag fóliát, amely alkalmas lehet hangsugárzónk membránjának! Kutatásaink főleg ezen áruházak papír-írószer osztályain fellelhető csomagoló fóliákra, sportszer-osztályain a hegymászók számára készült hőszigetelő fóliákra, vagy a virágárusok által használt csomagoló fóliákra terjedjenek ki. Mindent mérjünk meg elektromos vezetőképesség szempontjából! Ha találunk olyan fóliát, amin ellenállásmérőnk 1 Ω -nál kisebb értéket mutat, miközben a mérőelektrodák kb. 10 cm-re vannak egymástól, akkor rátaláltunk az igazira! Hogy a fólia másik felén milyen minták, díszítések vannak, az közömbös a számunkra. Legyünk maximalisták, igyekezzünk a lehető legnagyobb felületű anyagot választani! Az én fóliám csomagolás céljából készült. A valószínűleg polipropilén alapanyagú fólia egyik oldalán fémgőzölt alumínium-réteg található. Mérete 700 x 1000 mm. A gyártót sajnos nem sikerült azonosítanom, ezért biztatom önöket a keresésre. □



GAINTA® dobozok

Hogy legyen mibe raknia!

- Több mint 100 különféle típus raktárról
- Alumínium és ABS kültéri házak (IP 65)
- Műszerházak változatos kivitelben
- ISO 9002 minősítés

Kérje ingyenes katalógusunkat!



Üzlet: 1076 Budapest
Thököly u. 40.
Tel: 342-0537

Fax: 06-28-470-208

Nyitva: H-P 10-13, 14-15

permanent@mail.digitel2002.hu

www.digitel2002.hu/permanent

Weller®

Angyalföldről az



C+F
Kft.

1134 Budapest,

9 éve a **Weller**® legnagyobb magyar forgalmazója!

Elektrosztatikus hangsugárzó, avagy a zenélő kondenzátor (2.)

Az előző, a működést tárgyaló cikk óta eltelt idő alatt már biztosan sikerült minden utánépíteni szándékozónak beszereznie a hangsugárzó membránjának alapanyagát, mert ennek megléte a feltétele a további munkának. Az elmélet után egy kis gyakorlat következik, amit a felhasznált anyagok bemutatásával kezdünk.

A membránról már szoltam, másik a perforált fegyverzet. Készülhet pl. kétoldalas nyomtatott áramköri lapból, de kb. 2 mm-es malomipari rostalemezből is. Mindkettő használatának vannak előnyei és hátrányai is, azonban egyik sem olcsó. Ha a nyák-os módszerrel választjuk, akkor nekünk kell perforálni a lemezt, ami nem kis dolog, mivel több, mint fél négyzetméteres lapokról van szó, ráadásul a sugárzó mindkét oldalán szükség van rá. A nyák előnye, hogy ott-hon található eszközökkel is könnyen megmunkálható. Réz vezetőrétegét jól szigetelő műanyag lemezre vitték fel, így ezzel szigetelési problémáink nem lesznek. (A polarizációs feszültség 3000 V-os egyenfeszültség!) Az én első, kisebb méretű sugárzóim ezzel a nyák-os módszerrel készültek, így voltak tapasztalataim a furkálást illetően, azonban ez a rengeteg furat még engem is elrettentett kicsit. Végül a rostalemezes megoldást választottam, bár ennek a szigetelésére jobban oda kell figyelni! Ha az olvasó is ezt a megoldást választja, akkor lehetőleg kadmiumozott lemezt szerezzen be, a közönséges vaslemezt a korrózió megakadályozása érdekében be kell fújni mindkét oldalán vékonyan, pl. fekete akril-lakkal!

A lemez lyukméretei nem lehetnek túl nagyok, mivel ezzel a fegyverzet hatásos felülete csökkenne, de túl kicsik sem, mert ez meg a kiáramló levegőben okozna zavaró örvényeket. A lesugárzandó hang tisztaságára nézve a kb. 2-3 mm-es furatméret az optimális. Ebben az esetben is kialakulnak légörvények, de a sugárzó elé helyezett sűrű, műszálas szövet ezeket a káros rezgéseket hatásosan csillapítja, a magas hangokra pedig - tapasztalatom szerint - nincs lényeges befolyással. A kísérleteim többségét ezzel az elrendezéssel végeztem mindenféle „megrázó” élmény nélkül. (Annak ellenére, hogy a fegyverzetek között tekintélyes potenciálkülönbség van, nem érhet bennünket áramütés, mivel üzemszerű használat esetén csak a külső fegyverzetet tudjuk

megérinteni.) A szétszedett, feszültség alatt levő hangsugárzót megérinteni, azon bármilyen munkát végezni szigorúan tilos, mert ennek beláthatatlan következményei lehetnek! Ugyanez érvényes a később ismertetendő nagyfeszültségű tápegységre is.

A hangsugárzó „szendvicsszerű” robbantott rajzát a **6. ábrán** láthatjuk.

A fegyverzeteket egymástól távol tartó keretek 3-4 mm vastagságú, bármilyen, jó elektromos szigetelőből készülhetnek. Elsősorban az otthon található anyagokra építünk, mivel a 30 mm „lécszélességű” keret céljából kár lenne egy teljes tábla plexit vagy bakelitet megvásárolni, hiszen a közepe ügyis kiesik majd! Én 3 mm-es kemény PVC-lemezt használtam fel kísérleteim során. Forex fantáziánéven kapható, a legkülönbözőbb színekben és vastagságban. A fehér színű kerül a legkevesebbe, így nekünk ez felel meg leginkább. Mikroporozus szerkezetű, hőlégfúvóval könnyen alakítható, akár egy éles késsel is könnyen megmunkálható, nem túlságosan drága anyag. A kísérleti modell kereteinek méreteit a **7. ábra** mutatja. Ezekről a méretektől, pl. ha más méretű fóliát sikerül beszerezni, el is térhetünk. Vigyázzunk azonban arra, hogy a középen levő rész területe nagyjából a fele legyen a külső részek területeinek! Kerüljük az éles sarkokat; ezeken a helyeken a kb. 10 mm-es rádiusz mindenképp kívánatos. Fűrészelésre legjobb a dekopír fűrészt (ezzel a rostalemez is elgörbülés nélkül elvágható), de ennek hiányában a „lakatosok csellójá-

Alkatrészjegyzék

Ellenállás:

- 2 db 0,88 Ω (R_{7, 8})
- 2 db 10 Ω (R_{5, 6})
- 1 db 150 Ω (R₄)
- 1 db 1 kΩ (R₃)
- 1 db 1,5 kΩ (R₁₂)
- 1 db 2,7 kΩ (R₂)
- 1 db 5,1 kΩ (R₉)
- 1 db 22 kΩ (R₁)
- 1 db 4,7 MΩ (R₁₀)

Kondenzátor:

- 1 db 10 nF (C₆)
- 1 db 22 nF műa. fólia (C₁)
- 1 db 33 nF (C₅)
- 4 db 100 nF (C_{2, 3, 4, 14})
- 4 db 2,2 nF/1600 V kerámia (C_{7...10})*
- 2 db 47 nF/2000 V monolit (C_{11, 12})
- 1 db 10 μF/16 V (C₁₃)
- 1 db 4700 μF/25 V (C₁₅)

Félfezető:

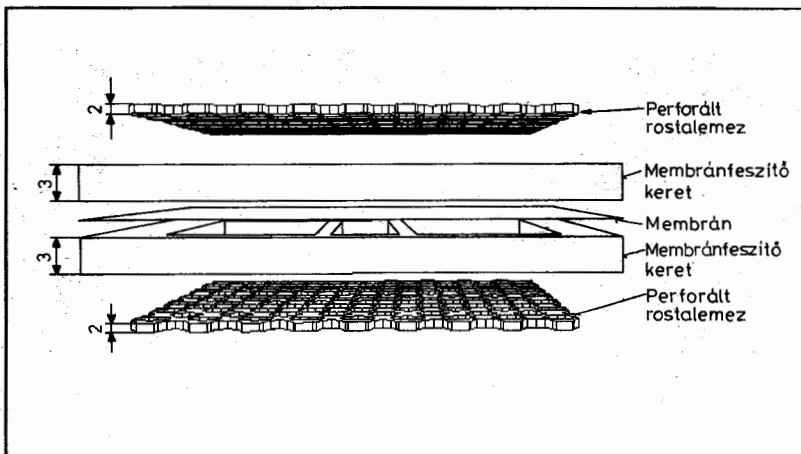
- 1 db 555 (IC₁)
- 1 db 7815 (IC₂)
- 1 db BC301 (T₁)
- 1 db BU508A (vagy BD508D; T₂)*
- 1 db 1N4148 (D₁)
- 1 db SKE4F2/08 (D₂)*
- 4 db BY228 (D_{3...6}) vagy 1 db TV18-2K70)*
- 1 db Ø3 zöld LED (D₇)
- 1 db C3700B2200 (Gr)

Egyéb:

- 2 15 V/5 VA AVISOR nyák-trafó (Tr₁)
- Tr₂, Tr₃ speciális transzformátor*
- 2 db fazékmagos tekercs (L_{5, 6})*

*: lásd a szövegben!

6. ábra



val" (azaz keretes fémfűrészszel, illetve fűrészlappal) is boldogulhatunk. Akik idegenkednek a fűrészeléستől (magam is ilyené váltam az építés végére), keressék fel valamelyik reklámgrafikával foglalkozó céget, amely műanyagból készít kivilágítható cégtáblákat számítógépes betűkivágással. Pontosán ilyen munkára vannak beállítva, így ha szerencsénk van, a mi kereteinket is elvállalják.

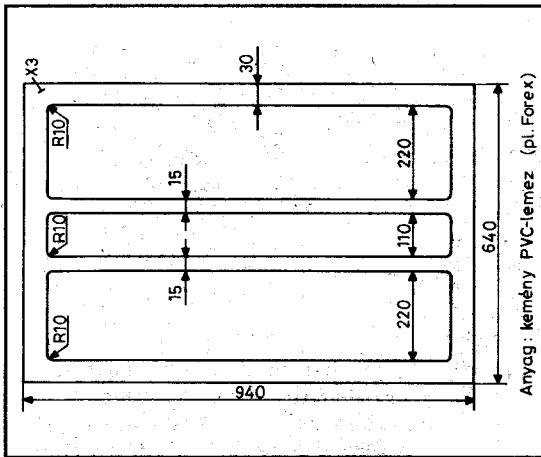
Hangszóróépítésünk kulcsa a jó membránfeszítésben és keretre ragasztásban rejlik. A membránt kiterítjük egy asztalon a vezető alumínium-rétegével lefelé, ráfektetjük az egyik keretet, és alkoholos filctollal körberajzoljuk a külső és a belső kontúrját, utána levesszük róla a keretet és félre-

tesszük. Főliánkat vékony, de egyenletes rétegben bekenjük ragasztóval ott, ahol az előbb a keret feküdt. Ragasztónak Palmatex-et vagy más hasonló típusú ragasztót használhatunk. Az előbb félrerakott keret felfekvő felületével ugyanígy járunk el. Az előírt kb. negyedórás száradás után következik a feszítéses ragasztás érdemi része, amihez segítségre lesz szükségünk. A megszikkadt ragasztórétegű membrán két-két sarkát megmarkolva két ember feszíti ki azt egyenletesen az asztalon, egy harmadik pedig a ragasztást végzi. A membránnak feszesen, egyenletesen, mindenféle ránc és gyűrődés nélkül kell ráragadnia a keretre. Egy-egy oldal ragasztásával törődünk, így haladjunk körbe! Az egyszer összeragasztott felületeket már nem lehet szakadás nélkül szétszedni, ezért legyenek elővigyázatosak! A felületeket a tapadás elősegítése céljából jól össze kell nyomkodni, esetleg egy vastagabb gumilemezen keresztül összekalapálni.

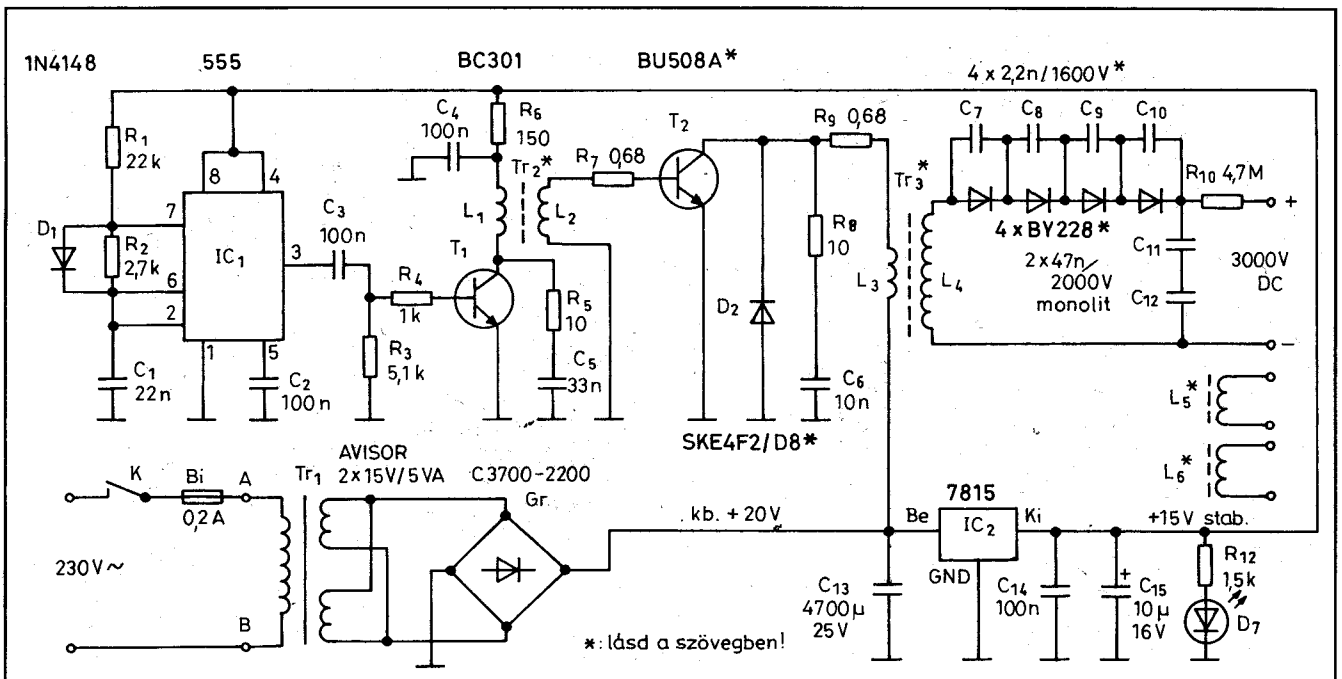
Ha a fólia a keretre ragadt, be lehet fejezni a sarkok feszítését és a kiálló részeket is levághatjuk.

Miután ezzel végeztünk, fordítsuk meg a membránt és az egyik sarkának kb. 15 mm-es darabja kivételével kenjük be ragasztóval a másik oldalon is ott, ahová majd a másik keret kerül! A 15 mm-es, ragasztó nélküli rész helyén lesz a membrán kivezetése, ami jól forrasztható vékony rézfóliából készül. Ilyenek vannak a számítógépek kapcsolóüzemű tápegységének transzformátorában is. Nekünk egy kb. 50 mm-es darabra lesz szükségünk.

7. ábra



8. ábra



A fémiszta rézszalagot fektessük rá a beke-
netlen részre, és azt a felületét, amelyet a má-
sik keret eltakar majd, szintén kenjük be ra-
gasztóval. Ezután a másik keretet is be-
ragasztózzuk. A száradás után mindent ugyan-
úgy csinálunk, mint az előbb, kivéve a fólia
feszítését, mert ezt már elvégzi az alsó keret. A
kiálló rézfólia-darab kivezetésre nagyon vi-
gázzunk a későbbiek során, mert ha le-
szakad, már nem lehet visszatenni a helyére!

A 3-3 db perforált fegyverzet felragasztása
következik. Nyák-os módszer esetén a kive-
zetések szintén rézszalagból készülnek, de a
jobb érintkezés biztosítása érdekében kevés-
önnel forraszunk rá azokat a lemezeire!

Rostalemez megoldásnál ugyanígy já-
runk el, azonban a lemez jobb hővezetése
miatt nagyobb teljesítményű pákát kell
használnunk. A kivezetéseket nem a memb-
rán kivezetése fölé, hanem attól kb. 50-50
mm-re vezessük ki, mert így könnyebb el-
szigetelni azokat egymástól (a kivezetések
egymás mellett sorakozzanak, köztük kb.
15 mm-es távolsággal, hogy még véletlenül
se érhesselek egymáshoz)!

A perforált lemezek felragasztásához ecet-
savas szilikongumi ragasztót használunk.
Itt is csak a feltétlenül szükséges mennyiségű
ragasztót nyomjuk a keretre, mivel sok
ragasztó kifolyik a felületek közül, túl kevés
pedig nem ragaszt eléggé és ennek kellemet-
len csörömpölő hang lesz az eredménye.
Ennek a ragasztónak több idő kell a kötés-
hez, ezért a ragasztandó fegyverzetek tetejé-
re tegyünk deszkákat és súlyokkal jól ter-
heljük le azokat, esetleg pillanatszorítókkal
szorítsuk az asztalhoz! A leszorításkor vi-
gázzunk arra, nehogy elcsúszsanak a le-
mezek, s egymáshoz érjenek! Érdemes a ra-
gasztó kötéséig csapágyzsírral vékonyan be-
kent műanyag szivószálakkal biztosítani a
lemezek helyzetét. A szivószálak belsejében
levő levegő miatt száradás után könnyen el-
távolíthatóak a lemezek közül, ellentétben
pl. a hurkapálcákkal. 24 óra száradás után
leszedjük a súlyokat és a másik oldalon
megismételjük a műveletet.

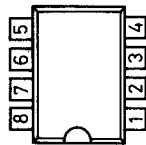
Amíg a sugárzónk szárad, elkészíthetjük a
polarizációs feszültséget szolgáltató tápegy-
séget. E rész alapötletét - némi átalakítással
- dr. Hetényi Lászlótól, az 1991-es Rádió-
technika Évkönyvében megjelent, wobler-
szkop-építéssel foglalkozó írásból vettem
kölcsön. Azért választottam ezt a megoldást,
mert különösen jó ötletnek tartom azt, hogy
a T_1 tranzisztor kollektorkörében transzfor-
mátort alkalmaz. Ezzel galvanikus leválasztá-
st biztosít az oszcillátorfokozat és a T_2
kapcsolót tranzisztor között, ami azért fontos,
mert ezen utóbbi tranzisztor meghibásodása
esetén (televíziókban gyakran előforduló hi-
ba) nem mennek tönkre az oszcillátort alko-
tó alkatrészek. Egy tranzisztort pedig
könnyebb kicserélni, mint a fél tápegységet.

A tápegység kapcsolási rajza a **8. ábrán**
látható. A kártyát igyekeztem úgy megter-
vezni, hogy minden alkatrészt együtt legyen,
ne kelljen hosszú vezetékkel összekötni az
áramkört. Erre a szokásosnál magasabb fe-
szültségek miatt van szükség. Az impedan-
ciaillesztő transzformátor kivételével min-
den együtt van a panelon, így egy szigetelt
asztalon könnyen elvégezhetjük az élesztést.

A tápegység három részből tevődik össze.
Az egyik az oszcillátort alkotó rész, a másik az
oszcillátort tápfeszültséggel ellátó hagyomá-
nyos segéd tápegység, és végül a nagyfeszült-
ségű végtranzisztor-sorkimenő transzformá-
tor-nagyfeszültségű egyenirányító komple-
xum. A kapcsolóüzemű rész alapvetően az
IC₁, 555-ös IC-re épített astabil multivibrátor-
ral működik. Változtatás az eredeti közle-
ményhez képest abban áll, hogy a KU607-es
kapcsolóüzemű végtranzisztort BU508A típu-
súra cseréltem és egy fekete-fehér tv sorkime-
nőjének (Tr_3) primer tekercsét is megváltoz-
tattam: L_3 30 menet, $\varnothing 0,65$ mm-es zománco-
zott rézhuzalból. „Menet-menet mellé” teker-
csejünk, sorszigetelésnek „stiroflex” kondenzá-
torok dielektrikumát használjuk, de jó le-
het a transzformátorpapír is. A BU508A köz-
vetlenül a hálózati transzformátorról jövő
egyenirányított nyers egyenfeszültséget kap-
csolgatja a sorkimenő primer tekercsére. A D_2
dióda az impulzustranzisztenek ellen védi a T_2 -
t. Ide feltétlenül teljesítmény-Schottky-diódát
tegyünk! A dióda záróirányú feszültségtüre-
sének el kell érnie a 200 V-ot, a nyitóirányú
áramterhelhetősége 1 A körül legyen! Mente-
sülünk a dióda beszerelésétől, ha kapcsolót-
ranzisztnak BU508D típust választunk, mi-
vel ez a típus már a csipen integrálva tartal-
mazza a védődiódát.

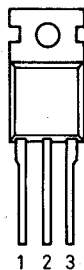
A tranzisztort hűtés céljából bordára csa-
varozzuk. A borda méreteinek megállapítá-
sa során fontos szempont volt, hogy a tápe-
gység teljesen zárt, hőszigeteléssel ellátott
helyen üzemel majd, ezért kissé túl kellett
mértékezni azt. A tranzisztornak a bordára-
csavarozása előtt szilikonzsírral kenjük be
mindkét érintkező felületét!

A polarizációs feszültséget adó L_4 „malom-
kerék” csöves fekete-fehér televízió nagyfe-
szültségű tekercse volt, a rajta ébredő fe-
szültség a tápegység testpontjától galvani-
kusan független. Az egyenirányítást 4 db
sorba kapcsolt szilícium gyorsdióda ($D_{3...6}$)
végzi. A diódák gyors, nagy zárófeszültségű -
pl. fast recovery - típusok legyenek! A négy
eszköz összegzett záróirányú feszültségtüre-
se érje el a polarizációs tápfeszültség kétsze-
resét! A paralel kötött 2,2 nF-os kondenzá-
torok a diódák impulzustranzisztenek elleni
védelmére szolgálnak. Ha lehet, ezekbe a po-
ziciókba kerámiakondenzátorokat tegyünk!
Egyenirányítónak jól használhatjuk a televí-
zió sorkimenőjére szerelt eredeti nagyfe-
szültségű szelén egyenirányítót (pl. a



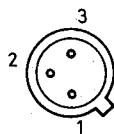
555

- 1: 0 (GND)
- 2: trigger
- 3: kimenet
- 4: reset
- 5: U_{szab}
- 6: threshold
- 7: discharge
- 8: $+U_T$



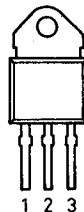
BC301

- 1: bemenet
- 2: 0 (közös)
- 3: kimenet



BC301

- 1: emitter
- 2: bázis
- 3: kollektor



BU508A

- 1: bázis
- 2: emitter
- 3: kollektor

TV18-2K70 típusú) is. A szelénrúd a soros diódaláncot helyettesíti. Ehhez a $C_{7...10}$ kondenzátort nem kell beültetni. A C_{11} és a C_{12} a nagyfeszültség szűrését végzi. A kondenzátorok WIMA FKP1 típusúak. Feszültségtűrésük darabonként legkevesebb 1600 V legyen, de ha sikerül beszerezniük 2000 V-os típusokat, akkor inkább azokat építsük be!

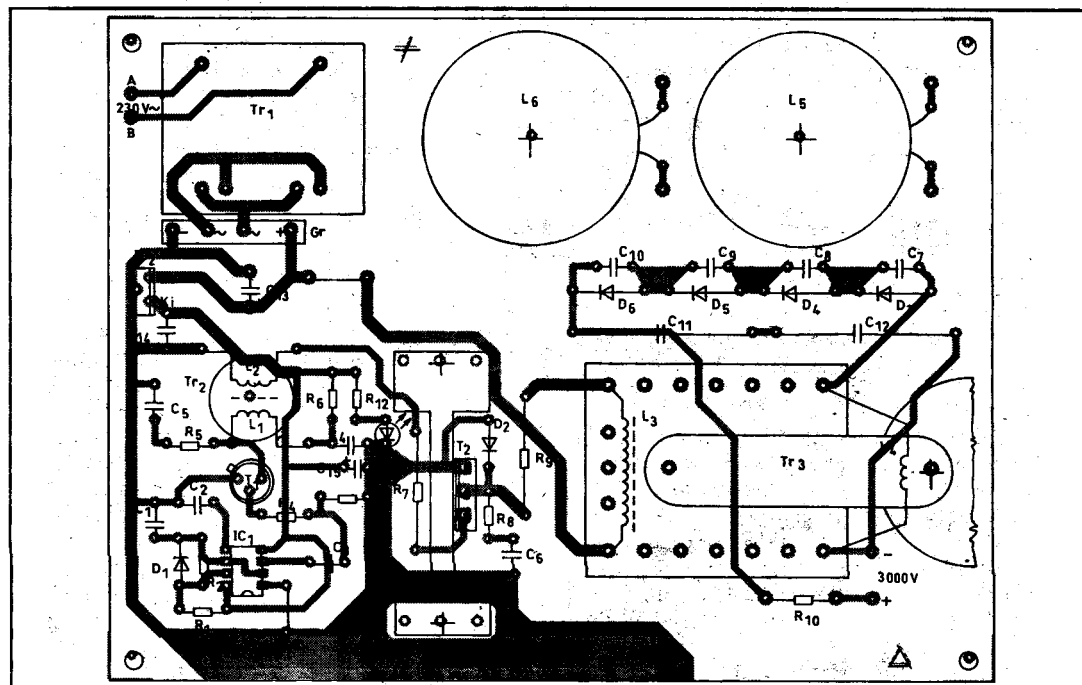
A Tr_2 transzformátor adatai:

- primer tekercs: 100 menet, $\varnothing 0,1$ mm-es zománcozott rézhuzalból;
- szekunder tekercs: 10 menet ugyanilyen huzalból;
- vasmag: $\varnothing 18 \times 14$ mm-es fazékmag ($A_L = 1700$).

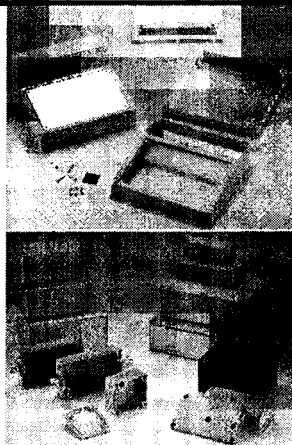
A két tekercset egy kétkamrás csévetest egy-egy kamrájában helyezjük el!

A segéd táp hagyományos felépítésű: 7815-ös IC-vel 15 V-os stabilizált feszültséget biztosít az oszcillátor számára. Az IC_2 -n átfolyó áram olyan kicsi, hogy nem indokolja feltétlenül a hűtőfelület alkalmazását, azonban tekintettel a működés helyén tapasztalható rossz termikus viszonyokra, egy kisméretű hűtőborda semmiképpen sem árt az adott helyen.

A nyomtatott áramkör rajza a **267. oldalon** található, az alkatrészek beültetése a **9. ábra** szerint történik. A megépítésről, élesztésről és az L_5 , L_6 tekercsről a következő részben lesz szó.



9. ábra



GAINTA® dobozok

Hogyan legyen mibe raknia!

- Több mint 100 különféle típus raktárról
- Alumínium és ABS kültéri házak (IP 65)
- Műszerházak változatos kivitelben
- ISO 9002 minősítés

Kérje ingyenes katalógusunkat !



Üzlet: 1076 Budapest

Thököly u. 40.

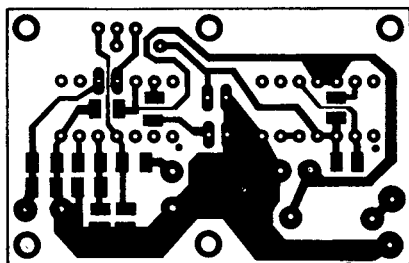
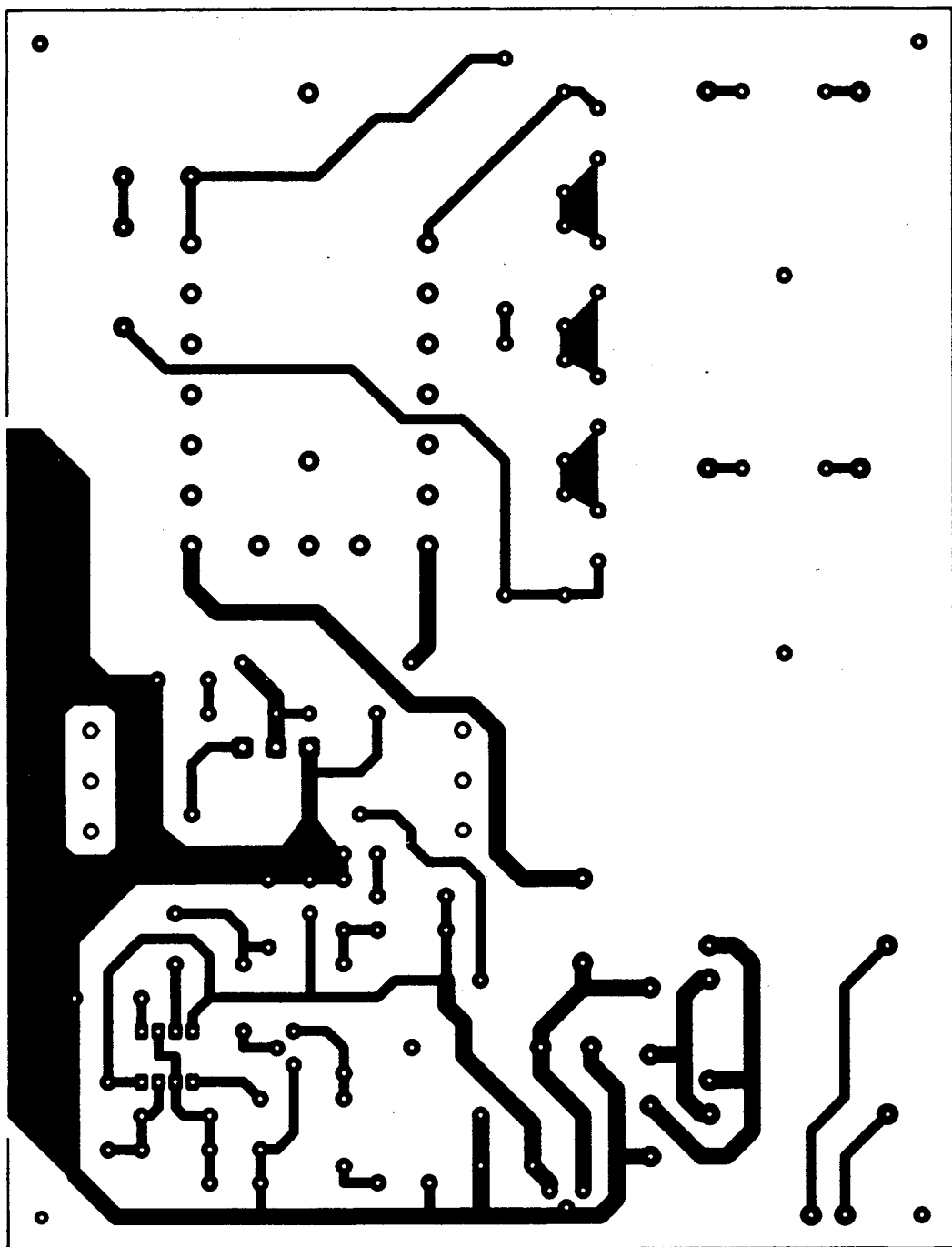
Tel: 342-0537

Fax: 06-28-470-208

Nyitva: H-P 10-13, 14-15

permanent@mail.digitel2002.hu

www.digitel2002.hu/permanent



Lézerdióda-meghajtó

Elektrosztatikus hangsugárzó, avagy a zenélő kondenzátor (3.)

Nem tartozik szorosan a táphoz, de a kártyán foglal helyet az a két fojtótekerecs, amelyek a membránszektorok közötti illesztésre szolgálnak, az 5. ábra szerint. (És itt kérünk elnézést az 5. ábrán előforduló elírásért; a tápegységet szimbolizáló téglalapban a felirat helyesen: „3000 V”) A tekercsek 47 mm átmérőjű fazék-magra készültek ($A_L = 6200$), induktivitásuk kb. 4,5 H. Mindkét csévetestre 850 menetet tekercseljünk fel 0,3 mm-es zománcozott rézhuzalból! Itt szeretném megjegyezni, hogy a fojtókkal paralel kötött kondenzátorok jelentős hangminőségváltozást nem hoztak, ezért később ezeket nem alkalmaztam. Hogy pontosan mekkora értékű kondenzátorok kellenének ide, vagy hogy kellenek-e egyáltalán, azt a hangsugárzó átviteli tulajdonságait igazoló mérés deríthetné ki teljes bizonyossággal. Ilyen méréseket azonban nem tudtam végezni, ez az olvasóra vár.

A tápegység élesztésénél tartsuk be az ide vonatkozó érintésvédelmi szabályokat és használjunk leválasztó transzformátort!

Az alkatrészek panelba forrasztása során a BU508A kollektorkörének a Tr_3 primer tekercsén keresztül tápfeszültséget biztosító átkötést meg ne tegyük be a helyére és így élesszük fel a tápot (ebben az esetben nem lesz nagyfe-

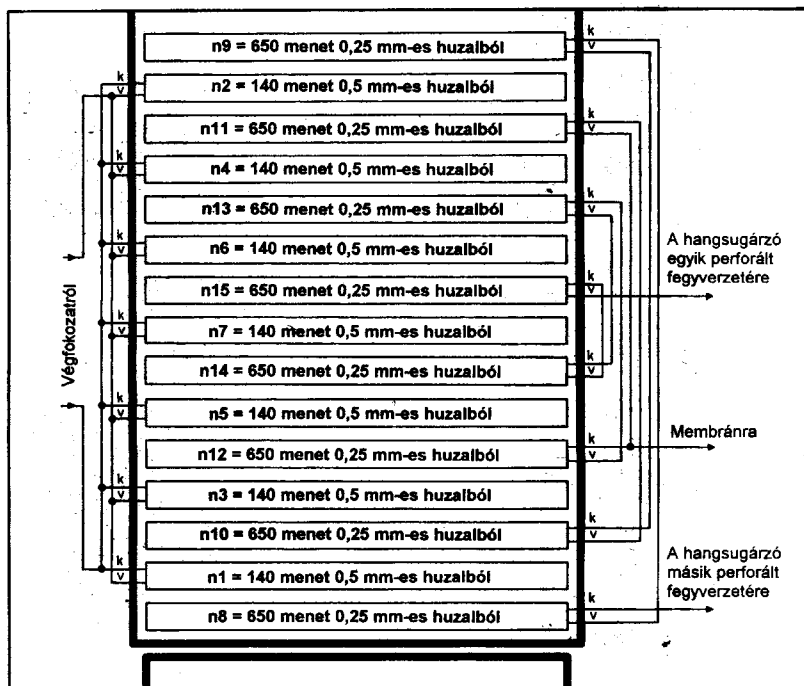
szültség a panelon, nyugodtabban mérhetjük az áramkört)! Ha a beültetés során nem követünk el hibát és az alkatrészek is jók, akkor az első bekapcsolásra működni kell az áramkörnek. Az 555 kb. 20 kHz-es négyszögjelet állít elő (a BC301 kollektorán mérhető). Ettől lényegesen eltérő frekvencia esetén változtassuk meg a C_1 vagy az R_2 értékét! Amennyiben mindent rendben találunk, betehetjük helyére az átkötést is. Végül nagyfeszültségű „mérőszuronnyal” felszerelt voltmérővel ellenőrizzük a polarizációs feszültséget: kb. 3000 V-nak kell lennie (ha kicsivel több, az nem baj). Különböző „malomkerekek” különböző feszültségeket szolgáltatnak, ezért előfordulhat, hogy a kimenőfeszültség beállításához meg kell változtatnunk a primer tekercs menetszámát. Nagyobb kimenőfeszültség-igény esetén tekercseljünk le néhány menetet a primer tekercsből, túlságosan nagy feszültség esetén egészítsük ki azt pár menettel!

A munka befejeztével nem elegendő, hogy a hálózati feszültséget lekapcsoljuk az áramkörrel, de utána zárjuk rövidre a 3 kV-ot szolgáltató vezetőket is és várjunk addig, míg a kondenzátorok biztosan kisülnek. Csak ez után mozdítsuk el helyéről a tápot!

A tápegység után foglalkozzunk az impedanciaillesztő transzformátorral! Mint ahogy az már az első részből kiderült, minden frekvencián optimális illesztést még ezzel a transzformátorral sem tudunk biztosítani. Felépítése hasonlít a csöves erősítők kimenőtrafóhoz. Mind a primer, mind a szekunder tekercs több részre van osztva, és a résztekercsek felváltva, egymás közé vannak tekercselve („rakottpalacsinta-trafó”). A primer tekercset hét, egymással párhuzamosan kapcsolt részre osztottuk. Egy-egy résztekercs $\varnothing 0,5$ mm-es zománcozott rézhuzalból készített 140 menetből áll. A szekundert nyolc egyenlő részre bontott, egyenként 650 menetet tartalmazó, $\varnothing 0,25$ mm-es zománcozott rézhuzalból készült tekercs alkotja, amelyeket sorba kötünk. Mint az jól látható, a mi esetünkben kevesebb menetszámú, vastagabb huzalból a primer tekercs készült (ez az alacsonyabb impedanciájú), a szekunder a nagyobb menetszámú, vékonyabb huzalú.

A mintakészülékben a transzformátort 24 cm² vaskeresztmetszetű szilíciumos vasra készítettük. A nagy átütési szilárdság követelménye miatt, minél nagyobb ablakkeresztmetszetű vasmag-típust válasszunk! Bevasmagozásakor nem kell légrést hagyni, így mindegyik lemezt az előzőhöz képest 180°-kal elforgatva rakjuk a csévetestbe! A csévére kerülő tekercsek felépítését, menetszámát és a végek összekötését a 10. ábrán láthatjuk. Ügyeljünk

10. ábra



a menet-menet mellé tekercselésre, mivel a tekercsek igen sűrűn helyezkednek el! A „vadtekercselés” túl sok helyet foglal, és növeli a menetzárlat veszélyét!

A nagy üzemi feszültségek miatt különös gonddal szigeteljük a sorokat és egymástól a tekercseket, mivel a transzformátor galvanikus leválasztást is végezt! Erre a célra *Hostafan fóliát* célszerű felhasználni, a nagy átütési szilárdsága miatt. Az összeszerelt trafóra – az összefogó orsók és további anyák segítségével – egy forrűlelkel szerelt bakelit- vagy nyák-lapot erősítünk fel. Ez a vezetékrendező: a logikus sorrendben felvezetett tekercskivezetések itt köthetők össze.

Aki még soha életében nem tekercselt transzformátort, az ne ezzel a darabbal kezdje, inkább forduljon valakihez, akinek nagyobb tapasztalatai vannak e téren, vagy kérje a szerző segítségét!

Kész trafónkat feltétlenül impregnálni kell hig lakkban történő áztatással, esetleg vákuum-impregnálással. Nem elegendő csak körbecsurgatni, áztatni kell, hogy a menetek közé is befolyjon a lakk!

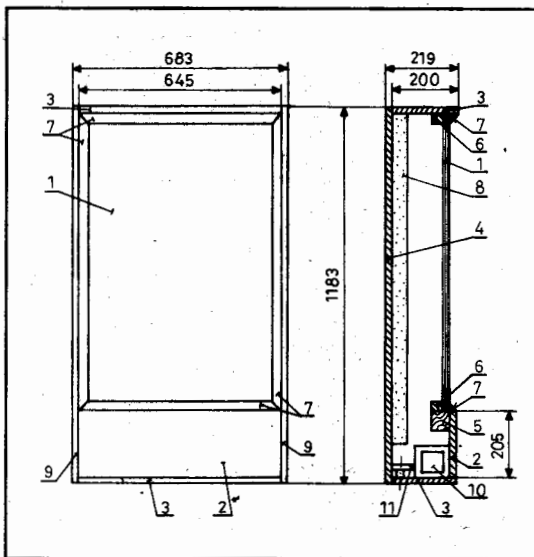
Lakkozás után szárítás következik. Miután ezzel is végeztünk, feszültségvizsgálóval ellenőrizzük a tekercsek szigetelőképességét (már ha rendelkezünk ilyenekkel. Szükség esetén ehhez is kérjünk segítséget)! Most derül majd ki, hogy milyen munkát végeztünk. A vizsgálatot 6 kV-os feszültséggel végezzük! A tekercseknek ezt a feszültséget átütés nélkül ki kell birkaniuk. Hangsugárzókat ezzel a transzformátorral kb. 40 W teljesítményig használhatjuk. Ennél nagyobb teljesítményigény esetén meg kell növelni a magkeresztmetszetet és a huzalvastagságokat.

Tekercselés után mélyedjünk el az asztalos szakma rejtelmeiben, készítsünk dobozt hangsugárzónk számára! Ez tartalmazza majd magát a sugárzót, a tápegységet, az impedanciaillesztő transzformátort, és megakadályozza a membrán eleje és hátulja közti akusztikus visszacsatolást. Anyagát tekintve doboznak legjobb a rétegelt lemez vagy szerényebb igények esetén a 19 mm-es bútortlap (esetleg MDF-lemez), aminek felületét fa erezetet utánozó fóliával laminálták. Nekem sajnos nem sikerült ilyen anyaghoz jutnom, így erre a célra egy kiszolgált íróasztalt daraboltam szét. A dobozt ugyanúgy méretezhetjük zártra vagy reflexnyílásosra, mintha dinamikus hangszórót szerelnénk bele, a különbség csak a laposságában mutatkozik meg. Én a zárt doboz mellett döntöttem, mivel ezt a legkönnyebb elkészíteni. Hátránya viszont, hogy a lesugárzott akusztikus teljesítmény felét a dobozba zárt csillapítóanyaggal nyeletjük el. A dobozt úgy alakítottam ki, hogy a hátulja leemelhető legyen. Szerkezetét, méreteit a **11. ábra** mutatja. A doboz a 4, 683 × 1183 mm-es hátlapból, a 9, 200 × 1183 mm oldallapokból, a 3, 200 × 645 mm-es alap-, ill. fedőlapból és a 2, 205 × 645 mm-es előlapból áll. A bútortlap összeerősítését 4 × 50

mm-es Reisser-csavarokkal lehet legegyszerűbben megoldani. A csavarok helyein Ø2-es csigafúróval elő kell furkálni a táblákat, a csavarfejek számára pedig Ø8-as fúróval súllyesztéseket kell készíteni. A lapok közé összeerősítésük előtt kenjünk fel ecetsavas szilikongumit! Itt ne sajnáljuk az anyagot, jó vastagon vigyük fel a felületre! A csavarok becsavarásával az összepréselődő lapok közül úgyis kitüremkedik a felesleg, ezt száraz ronggyal letörölhetjük. Azért jó ez a szilikonos ragasztás, mert az anyag kötése után is rugalmas marad, és még évek múltával is hermetikus zárást biztosít majd a doboz oldalai között. Hátul, a végfok felől érkező vezeték saruinak csatlakozásánál és a hálózati kábel becsatlakozásánál is szilikonnal tömítsünk, de ugyanígy ragasztjuk helyére a sugárzót is! A légnyomás kiegyenlítődesét biztosítani kell egy kb. Ø1,5-ös furaton keresztül, mert különben légnyomásváltozás esetén a membrán nem tudja felvenni az alaphelyzetet. Ez a lyuk bárhol lehet a dobozon, de célszerű a hátulján elhelyezni. Amennyiben lehetővé kívánjuk készíteni dobozunk hátlapját, úgy az érintkező felületek közé ragasszunk bársonycsukokat, és csak ezután csavarozzuk fel a helyére! A doboz elejére kerül még a tápegység hálózati kapcsolója és a bekapcsolt állapotot jelző LED is. Ezeket is hermetikusan kell felszerelni. A bútortlap látható éleit elfóliázzuk!

A hangsugárzó alátámasztására szolgál az 5, 60 × 60 mm-es puhafazé (illetve a 2, előlaphoz csavarozzuk hozzá), amelyre a 6, 30 × 30-as puhafa lécből készült belső keret és a 7, 30 × 30-as diszlecből való külső keret. Ezeket legcélszerűbb apró szögekkel rögzíteni, miután ragasztóval is bekentük az érintkező felületeket.

A kész doboz alsó részébe beszerelhetjük a 10 illesztőtrafót, a hátuljára ráragasztjuk a 8 csillapító anyagot, majd az alaplapra műanyag



11. ábra

távtartókon keresztül felcsavarozzuk a 11 tápegységet is. A sugárzót egyelőre csak ideiglenesen rögzítjük a dobozon belül, mert végleges beszerelés előtt feszültség alatt is ellenőrizni kell a szigetelését!

Ha mindent a helyére szereltünk, akkor a hangsugárzót kössük össze lehetőleg minél rövidebb vezetékekkel, a tápegységgel és az impedanciáttranszformátorral! A fojtókat is kössük a helyére! Bekapcsolás előtt kössünk egy nagyfeszültségű mérőfejjel – mérőszuronnal – felszerelt műszert a sugárzómembrán kivezetésére és az impedanciát illesztő transzformátor középső kivezetésére oda, ahová a tápegység csatlakozik! Helyezzük áram alá a rendszert, de erősítőt még egyelőre ne kössünk rá, és a hátlapot se rakjuk a helyére! A műszernek ugyanakkora feszültséget kell mutatni, mint mikor az asztalon mértük a tápot. Nem szabad leesnie a feszültségnek, de áthúzás jellegzetes hangját sem szabad hallanunk, mert akkor a sugárzón belül szigetelési problémák vannak. Az erősítőre menő vezetékek kapcsain sem szabad feszültségnek megjelenie, mert akkor a transzformátor szigetelése hibás. Amennyiben mindent rendben találtunk, úgy áramtalanítjuk a rendszert, lekapcsoljuk róla a feszültségmérőt, beragasztjuk helyére a sugárzót, majd felcsavarozzuk a hátlapot.

Ezzel befejeztük a hangsugárzó építését, száradás után már meghallgathatjuk, hogyan szól. Használatához sok sikert kívánok!

Végezetül be kellene mutatnom sugárzó mérési adatait, mérési jegyzőkönyvekkel kellene bizonyítanom működésének kedvező tulajdonságait, ezt azonban nem tudom megtenni, mi-

vel ilyen mérések nem történtek, ezt lehetőségeim nem engedték meg. A tulajdonságok javítását kizárólag meghallgatás alapján végeztem, ami, valljuk be, meglehetősen szubjektív módszer; egy komoly mérőlaborban rövid idő alatt tovább lehetne finomítani a rendszer tulajdonságait.

Írássomat figyelemfelkeltőnek szántam, szerettem volna kedvet ébreszteni az olvasóban a további kísérletekhez. Remélem sikerrel jártam, és sokan építik meg, sőt, tovább is fejlesztik az általam közölt hangsugárzót.

Ilyen továbbfejlesztést jelenthet az impedanciát illesztő transzformátor kihagyása a rendszerből, nagyimpedanciás végfokozat illesztésével, de elképzelhető a membránterület akusztikailag két részre osztó szűrő optimalizálása, korszerűsítése is stb. Minél többen foglalkoznak a témával, annál több olyan jó ötlet kerülhet megvalósításra, ami tovább javíthatja az elektrosztatikus hangsugárzók tulajdonságait. Szeretném, ha a jelenleg használtaknál jobb hangminőségű rendszereken élvezhetnénk a zenét otthonunkban. Erre egy lehetőség a fent közölt hangsugárzó. Biztatok mindenkit a további munkára és kérem, hogy ne csak önmaguk részére tegyék ezt, hanem osszák meg a tapasztalataikat mindenkivel, akit e téma érdekel! Észrevételeiket szívesen veszem, sőt, én is szívesen segítek mindenkinek, aki levélben megkeres.

(Kedves Érdeklődő! A szerkesztőségnek címzett borítékban kérjük elhelyezni azt, a Baji Bélának címzett, felbélyegzett borítékot, ami a levelet tartalmazza. A levelet a szerkesztőség továbbítja.)

Weller®

Angyalföldről az Angyalföldi útról



C+F Kft.

1134 Budapest,

Angyalföldi út 38.

Tel/Fax.: 340-8456 és 340-8476

9 éve a Weller® legnagyobb magyar forgalmazója!



ISO által minősített kéziszer-
számok kis- és nagykereskedelme

BHG-NYÁK

nyomtatottáramkör-gyártás

♥ gyorsan

♥ garantált minőségben

♥ alacsony áron

♥ igény szerinti kivitelben

(egy- vagy kétoldalas, fájlban küldött terv szerint, filmkészítéssel, kontúrmarva, ritzelve stb.)

Szívesen állunk rendelkezésükre:

BHG Elektromechanika Kft.

1199 Budapest, Hauszmann A. u. 2. Tel.: 204-5709 Fax: 204-5715 (non stop)