

ORSZÁGOS
TALÁLMÁNYI
HIVATAL

SZABADALMI LEÍRÁS

SZOLGÁLATI TALÁLMÁNY

163253

A bejelentés napja: 1971. VIII. 16. (EE—1935)

Nemzetközi osztályozás:

H 04 r 1/20

Közzététel napja: 1973. II. 28.

Megjelent: 1975. II. 28.



Feltalálók:

Husztly Dénes okl. gépészmérnök, 35%
Illényi András okl. fizikus, 25%
Szabados Károly okl. villamosmérnök, 20%
Magos Gáborné okl. villamosmérnök, 20%
Budapest

Tulajdonos:

Elektroakusztikai Gyár,
Budapest

Hangsugárzó rendszer

1

A találmány tárgya olyan hangsugárzó elemekből és a sugárzási sajátosságokat módosító elemekből, továbbá aktív és passzív villamos hálózatokból álló és funkcionális egységet alkotó hangsugárzó rendszer, melynek átviteli jelleggörbéje és elsugárzott teljesítménye a teremben a hallgató helyén a frekvencia függvényében egyenletesebb az eddig ismert és megvalósított hangsugárzóknál.

Az elektroakusztikai átvitel problémájával foglalkozó szakemberek előtt közismert, hogy különlegesen jó minőségű szélessávú hangátvitelt zárt térben — terem, színház, mozi, stúdió stb. — nagy teljesítmény mellett a szokásos hangsugárzókkal nem lehet létrehozni. Ezért igényes rendszereként általában legalább két sávra bontják a hangfrekvenciás sávot és közös jelforrásból vezérelt egyetlen teljesítményerősítővel (Irodalom: 1, 4) egy-egy teljesítményerősítővel külön-külön táplálják a hangsugárzó elemeket (Irod. 3, 4).

Hangsugárzó elem alatt célszerűen egy-egy mély-, közép-, illetve magas frekvenciás átviteli sávra speciálisan kialakított hangsugárzót (pl. reflexdobozt, tölcseres hangsugárzót vagy más elrendezést) értünk. A teljes hangfrekvenciás tartomány jelének sávonkénti szétosztására aktív (erősítőt tartalmazó), vagy passzív (erősítőt nem tartalmazó) villamos hálózatok szolgálnak. A hangsugárzókat tápláló teljesítményerősítőt vezérlő áramkört a szolgáltatás bővítése érdekében magas- és mély-hangszínezet szabályzó áramkörrel is el szokták látni (Irod. 3).

A teremben megvalósítandó jó minőségű hangátvitel

2

problémája egyre nehezebb feladat elé állítja az átviteli lánc tervezőjét. Ez a feladat olyan szubjektív-akusztikai problémák figyelembevételét követeli meg, melyek összefüggéseikben ma is kutatás tárgyát képezik.

- 5 A jó minőségű hangsugárzók kialakításának problémáját tapasztalatunk alapján a hangsugárzási, teremakusztikai, szubjektív akusztikai és elektroakusztikai átviteli láncra, valamint a láncban átvitt jelre vonatkozó ismeretek együttes figyelembevételével lehet megoldani.
- 10 Azért, hogy kifogástalan minőségű hangsugárzó rendszert készíthessünk zárttéri használatra, különös jelentősége van tapasztalatunk szerint a hangsugárzó hangnyomás-frekvencia jelleggörbéjének, az irányjelleggörbének, továbbá a terem és a hangsugárzó kölcsönhatásának eredőjeként a lehallgatás helyén nyert átviteli jelleggörbe megfelelően értelmezett egyenetlenségeinek.

A probléma megoldására — a technika mai állását figyelembe véve — tapasztalatunk szerint az alábbi követelményeket kell kielégíteni (Irod. 4).

- 20 I. Az irányjelleggörbéknek 0,8 kHz felett mindegyiknek hasonlóknak kell lenniük és legalább egy 120°-os sugárzási kúpszögön belül minél csekélyebb ingadozást kell mutatniuk.
- 25 II. A lehallgatás helyén az átviteli jelleggörbe az előírt átviteli sávon belül minél csekélyebb mértékben térjen el a feladat megkövetelte legcélszerűbb átviteli jelleggörbétől.
- 30 III. A lehallgatás helyén elegendően nagy hangnyomásszintet kell biztosítani, szubjektíve elhanyagolható torzítás mellett.

A fenti — különösen az I. és II. — követelményeknek az ismert megoldások (Irod. 1, 2, 3) nem tesznek eleget. Az előbbi alapkövetelmény teljesülése nélkül a probléma nem oldható meg. Ennek indoklását — az eddigi eredményeket figyelembe véve — az alábbiak szerint adjuk meg.

A tapasztalat szerint az elektroakusztikai lánc gyakorlatilag mindig valamilyen véges sáv szélességű, statisztikus jellegű műsorjellel van gerjesztve és sohasem szinuszos jellel. A lánc végén elhelyezkedő hangszugárzónak a helyiségekben mutatózó igen egyenetlen átviteli jelleggörbéjét (Irod. 5) hallószervünk véletlenszerű jelek esetében nem érzékeli egyenetlennek, ha a hallás Δf_m szélességű ún. kritikus sávjain belüli, azonos jellegű Δf szélességű jelleggörbe-egyenetlenségek — pl. maximumok — száma elegendően nagy, azaz $\Delta f_m / \Delta f > 10$ (Irod. 6). Ez a követelmény pl. egy $V = 100 \text{ m}^3$ helyiségben (közepes méretű lakószoba, ill. a technikai helyiség szokásos mérete a stúdióban) már 100 Hz-nél nagyobb frekvenciájú jelekre teljesül; növekvő terfoggal ez a határfrekvencia még lejjebb csúszik. Jól meghallható viszont tapasztalatunk szerint az átviteli jelleggörbének az az egyenetlensége, amely a hallás kritikus sávjai között jelentkezik, azaz amely egy kb. $1/3$ oktáv sáv szélességű rózsazaj feszültség segítségével mérve is megmutatkozik. Ezért, ha a hangszugárzó rendszer legjellemzőbb, objektíve is mérhető akusztikai adatainak, az irányjelleggörbének és a tengelybeli hangnyomás-frekvencia jelleggörbének az egyenetlenségeit — a műsorjel statisztikus sajátosságainak és az egyenetlenségek szubjektív érzékelhetőségének megfelelően — $1/3$ oktáv sáv szélességű rózsazajjal értelmezzük, az a feladatunk, hogy olyan hangszugárzót alakítsunk ki, amelynek akusztikai sajátosságai $1/3$ oktáv sáv szélességű jellel mérve, minél egyenletesebbek. Az ismert (Irod. 1, 2, 3) megoldások egyikénél sem ismerték fel ezt a követelményt.

Ismeretes, hogy a hangszugárzók szabad hangtérben mérhető átviteli jelleggörbéje és a teremben mérhető átviteli jelleggörbe között lényeges különbség van a terem és a hangszugárzó kölcsönhatása miatt. Ennek a kölcsönhatásnak a csökkentését a stúdiótechnikában a technikai helyiség adatainak normalizálásával már régebben megkísérelték (Irod. 8). Az újabb kutatások szerint ez azonban nem oldja meg a problémát, mert a szokásos elrendezésű és sajátosságú hangszugárzókat működtetve tág határok között ingadozó hangnyomást tapasztalhatunk a helyiség különböző pontjaiban (Irod. 9).

Más szóval — ha egyéb követelményeket nem állítanánk — a hangszugárzó és a terem közötti bonyolult kölcsönhatás következtében még akkor sem kaphatnánk a frekvenciától függetlenül állandó átviteli jelleggörbét a helyiségben, ha a hangszugárzó tengelyben mért hangnyomás-frekvencia jelleggörbéje ideálisan egyenletes lenne szabad hangtérben. Ha viszont a hangszugárzó irányjelleggörbéje a kb. 1 kHz frekvencia feletti frekvenciáknál a frekvenciától függetlenül egymáshoz képest igen hasonlóak, akkor a teremben nagy kiterjedésű diffúz tér keletkezik (Irod. 9).

További vizsgálataink alapján felismertük, hogy a hangszugárzónak frekvenciától független, egymáshoz hasonló irányjelleggörbéinek biztosítása legalább 1 kHz felett — mind a vízszintes, mind a függőleges síkban értve — alapvetően fontos követelmény ahhoz, hogy a

hangátvitel a teremben a lehető legjobb legyen. Ha ugyanis biztosítjuk a frekvenciától független, egymáshoz hasonló irányjelleggörbéket, akkor az az észlelő, aki a hangszugárzó fő sugárzási irányához képest a teremben váltakozva különböző irányokban helyezkedik el, az állandó irányjelleggörbék következtében a füle és a hangszugárzó között kialakuló elektroakusztikai átviteli lánc fent említett, a hallás kritikus sáv szélességeire értett, nem hallható sajátosságaitól és a gömbi alaktól célszerűen eltérő irányjelleggörbék miatt mutatózó, érdektelen szintcsökkenéstől eltekintve, lényegében azonos átviteli jelleggörbét érzékelhet a hangfrekvenciás sávban.

Felismertük továbbá, hogy a frekvenciától függetlenül állandó irányjelleggörbe sereg még azzal az előnnyel is jár, hogy az ilyen sajátosságú hangszugárzó irányítási tényezője — amely a tengelyben keltett hangnyomás négyzetének és az elsugárzott teljesítménynek a hányadosa (Irod. 10) — a frekvenciától függően előírt módon alakítható. Így pl. az irányítási tényező a frekvenciától függetlenül állandóvá tehető, mindössze arról kell gondoskodni, hogy a hangszugárzót tápláló jel szintje a frekvencia függvényében a tengelybeli jelleggörbe változásával ellentétes értelemben változzék, hogy így éppen kiegyenlítsük a tengelybeli jelleggörbe egyenetlenségét (Irod. 6). Ez a feladat ismert villamoshálózatokkal megoldható.

Az irodalomban ismertetett megoldások ezeket a követelményeket nem valósítják meg. Így például az egyik ismert megoldás (Irod. 1) megelégszik annak a követelménynek a kielégítésével, hogy a sugárzó irányítási tényezője állandó legyen, anélkül, hogy felismerne, hogy ez utóbbi követelmény — objektív okokból — csak akkor biztosít szubjektíve kifogástalan hangképet a terem különböző helyein, ha ezzel együtt a hangszugárzó irányjelleggörbéinek hasonlóságát széles hangsávon belül biztosítjuk.

Egy másik megoldás (Irod. 2) szerzői felismerik ugyan, hogy az irányjelleggörbe és a frekvenciamenet, mint egymással szoros kapcsolatban álló tulajdonságok, jelentősek a jóminőségű hangszugárzóknál, azonban ők sem tesznek semmilyen megkötést az irányjelleggörbék állandóságára. Ezzel szemben helytelenítik a hangszugárzó átviteli jelleggörbéjének a lehallgatás helyére értett villamos kiegyenlítését. Ez a megállapítás valóban helytálló, ha nem gondoskodunk előzetesen megfelelő intézkedésekkel arról, hogy a hangszugárzó irányjelleggörbéi a frekvenciától függetlenül hasonlóak legyenek kb. 1 kHz felett. Az egyik legkorszerűbb hangszugárzónál viszont csak azt kötik ki, hogy nagy legyen a hangteljesítmény a teljes hangfrekvenciás sávban, valamint, hogy a vízszintes síkban, a közepes és magas hangoknál interferenciából eredő egyenetlenségek nélküli homogén hangtér keletkezzék (Irod. 3). Az egyik irodalom (Irod. 6) alapján nyilvánvaló, hogy a kellőképpen kis sáv szélességű, interferenciás eredetű jelleggörbe-egyenetlenségeknek szubjektív szempontból nincs jelentősége, tehát ezt nem is kell kikötni. Mivel viszont nem követelte meg azt, hogy a hangszugárzó a horizontális síktól eltérő egyéb síkban is meghatározott jellegű hangteret hozzon létre, ennek következtében tehát nem is biztosította a frekvenciától független állandó irányjelleggörbét és ezzel együtt az állandó elsugárzott teljesítményt, sem a lehallgatás helyén a teremről függetlenül valamely előírt átviteli jelleggörbét. Ugyanakkor, hogy a fent említett

megoldásnál a vízszintes síkban lokális egyenetlenségek-től mentes irányjelleggörbét kapjon — amely, ha más síkra vonatkoztatva semmit nem köt ki, önmagában indokolatlan követelmény — a magas hangú hangszórókat mély hangsugárzó felett helyezte el. Ennél a megoldásnál a magas hangú hangsugárzó egység hossz-tengelye egybeesett a mélyhangú hangsugárzó hossz-tengelyével és ugyanakkor a magas hangú hangsugárzókat egymáshoz képest hossztengejük körül forgatták el. Amint az említett irodalom (Irod. 5) mérési eredményei is alátámasztják, a választott megoldással még azt sem tudták biztosítani, hogy a vízszintes síkban közel egyformák legyenek az irányjelleggörbék 1 kHz felett.

Tapasztalatunk szerint ilyen elrendezésű többszörös hangsugárzóknál — tekintettel arra, hogy a mély és magas hangú hangszórók egymástól eléggé távol vannak — olyan mélyre kell választani a keresztezési frekvenciát, hogy az átviteli jelleggörbében — lényegében iránytól függetlenül — ne keletkezhesék széles-sávú, s ily módon meghallható egyenetlenség. Ugyan-ilyen megfontolás alapján a fenti hangsugárzó keresztezési frekvenciáját 300 Hz-re választották, s ennek megfelelően mintegy 600 Hz-nél nagyobb frekvencián gyakorlatilag csak a függőleges síkban egymás alatt elhelyezett hangszóróból álló magashangsugárzó egység sugároz. Éppen ezért az elrendezésnek azt a lényeges hátrányát, hogy a teljes hangsugárzó nem ad mintegy 1 kHz-től kezdve a frekvenciától függetlenül közel állandó irányjelleggörbét, nem is lehet kiküszöbölni.

Felismertük továbbá, hogy annak érdekében, hogy minél szélesebb sávban állandó irányjelleggörbét hozhasunk létre, a keresztezési frekvenciát úgy kell megválasztanunk, hogy azon a frekvencián, amelyen a mély, ill. a magas hangot sugárzó csatorna hangsugárzása átlapolódik, a mély és magas hangsugárzó egységeknek a vízszintes síkban már irányított sugárzási tulajdonságokat kell mutatniok. Az irányított sugárzást a doboz felületén bekövetkező hangelhajlás erősen befolyásolja, hiszen kis frekvenciánál minden zárt dobozos hangsugárzó szükségképpen gömbi irányjelleggörbéjű, s irányított sugárzás a hangszóró és a doboz méretétől függően csak mintegy 1 kHz felett következik be. Ezért tapasztalatunk szerint a keresztezési frekvenciát, ha a szokásos dobozméreteket figyelembe vesszük — az irodalomban (Irod. 2, 3) javasolthoz képest mintegy két októvval magasabbra kell választani, hogy az irányjelleggörbére tett követelményeket a keresztezési frekvencia környezetében is kielégíthessük (Irod. 11). Tapasztalatunk ellentét azzal az irodalmi megállapítással is (Irod. 1), amely szerint a keresztezési frekvenciát úgy kell megválasztani, hogy annál a mélyhangot sugárzó hangszóró még ne mutasson irányítási tulajdonságot.

Továbbá lényeges felismerésünk az, hogy mivel a műsorjel statisztikai sajátosságai következtében mintegy 630—1250 Hz között létezik valahol egy $\frac{1}{3}$ októv sávzélességű frekvenciasáv, amely alatt, illetőleg fölött a műsorjel nagyjából egyforma jelteljesítményt képvisel, azért a mély és magas hangcsatorna terhelhetőségének optimális kihasználása is megköveteli, hogy a keresztezési frekvenciát többszörös rendszereknél a szokásos 300 Hz-cel szemben célszerűen legalább 1 októvval feljebb válasszuk meg.

A találmány tárgyának megvalósításánál abból az alap gondolatból indultunk ki, hogy olyan magas- és mélyhangsugárzó elemekből felépített hangsugárzó

rendszert óhajtunk megvalósítani, amely — ellentétben az ismert megoldásokkal — kb. 0,8 kHz felett a frekvenciától független, egymáshoz hasonló irányjelleggörbét biztosít, a mély- ill. magashangot sugárzó elemek terhelhetőségét minél inkább kihasználja, a hangsugárzó a frekvencia függvényében ugyanakkor meghatározott módon változó irányítási tényezőjűvé alakítható a hangsugárzó rendszert tápláló erősítő átviteli jelleggörbéjének változtatásával, annak érdekében, hogy a lehallgatás helyén a teremben minél inkább megközelíthessük az adott feladat által megkövetelt legcél-szerűbb átviteli jelleggörbét. A találmány tárgyát képező hangsugárzó-rendszer ennek a problémának a megoldását adja meg, több, egymástól függetlenül is alkalmazható, de a legjobb eredményt együttesen adó intézkedés segítségével.

A frekvenciától függetlenül közel állandó irányjelleggörbéjű sugárzó megvalósításának lehetőségére a 159.124 sz. magyar szabadalmi leírás mutat irányt. Ennél a hangsugárzónál, amely egy vagy több hangszóróelemből van felépítve és egy hangsugárzó elem legalább három egyszerű és/vagy összetett hangszórót tartalmaz, az a jellemző, hogy a hangszórók sugárzó felületein átfektetett legalább három sík egymáshoz képest 180° -tól eltérő szöget zár be és e síkok metszésvonalai egymással párhuzamosak, míg ezen metszésvonalakra merőleges síknak az említett síkokkal való metszésvonal törtvonal, míg az egyes szomszédos hangszórók sugárzási (szimmetria) tengelyei illetve azoknak az említett merőleges síkon levő vetületei váltakozva a törtvonal előtt levő metszéspontokban és a törtvonal mögött levő metszéspontokban metszik egymást, míg a szomszédos hangszórók sugárzási központjai egymástól a hangfrekvenciás sáv felső határfrekvenciájához tartozó hanghullám tízszeres hosszánál kisebb távolságban vannak. Ez a megoldás mélyhangnál is nagy hangteljesítményt sugárzó hangsugárzóként azonban — önmagában — nem mindenben elégíti ki a követelményeket: a beépített hangszórók terhelhetősége gyorsan határt szab a hangsugárzó terhelhetőségének. Következésképpen alkalmazása nagy terhelhetőségű, széles sávú hangsugárzóként csak engedmények árán lehetséges.

Jó megoldást kaptunk viszont az említett leírás szerinti olyan kétutas elrendezéssel, amelynél a magas hangú hangsugárzó 4 db $\varnothing$ 125 mm-es hangszóróval készült, míg a mélyhangú hangsugárzó esetünkben egy teljesen zárt, vattával csillapított dobozba épített $\varnothing$ 300 mm hangszóróból állt.

Az állandó irányjelleggörbéjű hangsugárzó rendszer megvalósítása érdekében úgy választottuk meg a kétutas hangsugárzó-rendszert alkotó hangszórók terhelhetőségét a lehetőséghez képest maximálisan kihasználjuk, s ugyanakkor biztosítjuk azt, hogy a hangsugárzó-rendszer irányjelleggörbéi a keresztezési frekvencián is, s annak környezetében is — lehetőleg frekvenciától függetlenül — széles térszögön belül hasonlóak legyenek.

További előnyökhöz jutunk, ha a 159.124 számú magyar szabadalmi leírás szerinti és az előbb ismertetett jellemző hangsugárzót használjuk magashang-sugárzó elemként. Ennek segítségével viszonylag kis méretű, széles sávú, nagy teljesítményű, állandó irányjelleggörbéjű hangsugárzó rendszert állíthatunk elő, ha a mélyhangú hangsugárzó elem megfelelő elhelyezésével

gondoskodunk arról, hogy az a magashangú hangszugárzókhoz elegendően közel kerüljön, s elegendően magas keresztelési frekvenciát választunk. Megállapítottuk, hogy ha a magashangszugárzó egység legszélső hangszórójának középpontja a mélyhangszugárzó egység hangszórója átmérőjének 1,5-szörösénél kisebb távolságban van és a keresztelési frekvenciát egyidejűleg úgy választjuk meg, hogy az ahhoz tartozó hullámhossz a mély és magashangszugárzó egységeket magába foglaló doboznak a mélyhangszugárzó hangszóró nyílásának síkjával párhuzamos felületén — azaz a hangszugárzó rendszer dobozának felületén — mért legkisebb kiterjedési méretet ne haladja meg, tapasztalatunk szerint a keresztelési frekvencia környezetében is biztosítható az állandó irányjelleggörbe.

Jó eredményt értünk el továbbá, ha a keresztelési frekvenciát úgy választottuk meg, hogy az ahhoz tartozó hullámhossz kisebb volt a hangszóróelemeket magába foglaló doboznak a mélyhangszugárzó hangszóró apertúrájának síkjával párhuzamos felületen mért legkisebb kiterjedési méreténél. A hangszugárzó sugárzási apertúrája alatt a hangszugárzó elemnek azt a valódi, vagy fiktív határoló felületelemét kell érteni, melyen keresztül keltett hangtér a hangszugárzón kívüli közegnek közvetlenül átadódik.

Bár az így kialakított hangszugárzórendszer eleget tesz a legtöbb gyakorlati feladatnál megkívánt, korábban megfogalmazott követelményeinknek, további javítást lehet eszközölni olyan akadályok beépítésével, amelyeknél az akadályt képező tárgy a hangszóró előtt van elhelyezve és a mérete az átvitt frekvenciasávba tartozó hang felső határfrekvenciája hullámhosszához 0,1-szeresénél nagyobb, míg a tárgy távolsága a hangszóró membránjának középpontjától mérve nagyobb, mint az átvitt hangfrekvenciasáv felső határfrekvenciájához tartozó hanghullám hosszának fele. Tapasztalatunk azonban azt mutatta, hogy bár az említett akadályok az irányjelleggörbék alakulását kedvezően befolyásolják, még további javítás is lehetséges.

Azt tapasztaltuk, hogy kedvező eredmények érhetők el, ha az ismert merev akadályok helyett megfelelő lyukakkal, illetőleg nyílásokkal ellátott lapot vagy lapokat helyezünk a hangszórók elé.

A találmány tárgyát képező hangszugárzó rendszer részleteit és további előnyeit rajz alapján kiviteli példák kapcsán ismertetjük részletesebben.

Az 1. ábra egy kisebb hangerejű találmány szerinti hangszugárzó rendszer példakénti kialakítását mutatja.

A 2. ábra az 1. ábra szerinti megfelelő, de nagyobb teljesítményű hangszugárzó rendszert mutat.

A 3. ábra irányjelleggörbét mutat az $f_c = 1,25$ kHz keresztelési frekvencia környezetében, az 1. ábra szerinti kialakítás esetén.

A 4. és 5. ábrák az irányjelleggörbét összehasonlítóképpen diffrakciós eszközökkel és azok nélkül mutatják.

A 6. és 7. ábrák példaképpen az alkalmazható diffrakciós eszközök elrendezését mutatják, felülnézetben, ill. ránézetben.

A 8. ábra különösen előnyös diffrakciós eszköz kialakítást mutat.

A 9. és 10. ábrák az átviteli jelleggörbének a diffrakciós akadályok hatására a magas hangok tartományában bekövetkező módosulásra adnak példát.

A 11., 12. és 13. ábrák a hangszugárzó különböző

elhelyezései mellett zárt térben kapott hangnyomás-frekvencia jelleggörbe szakaszok módosulását mutatják a hangszugárzó és a terem kölcsönhatásának eredményeként.

A 14. ábra a hangszugárzórendszer elektroakusztikai láncának vázlatát mutatja.

A 15. és 16. ábrák az alkalmazott szűrők frekvencia jelleggörbéit ábrázolják.

A 17. ábra a találmány szerinti hangszugárzó rendszer zárt térben mért hangnyomás-frekvencia jelleggörbéit ábrázolja.

A 18., 19. és 20. ábrák a találmány szerinti hangszugárzó rendszer frekvenciától gyakorlatilag független irányjelleggörbéit szemléltetik.

Az azonos alkatrészeket azonos hivatkozási számokkal jelöltük.

Az 1. ábrán látható elrendezésnél az 1 hangszugárzó rendszer 2 elektronikát, mélyhangszugárzó 3 dobozban elhelyezett mélyhangszugárzó 4 hangszórót, továbbá magashangszugárzó 5 dobozban levő négy darab magashangszugárzó 6 hangszórókat tartalmaz. A 6 hangszórók az ismertetett 159.124 lsz. szabadalmi leírás szerint vannak horizontálisan elrendezve. A mérésekhez vonatkoztatási 7 koordináta-rendszert használunk, amelynek x, y, z koordináta tengelyei jobbsodrásúak.

A találmány szerinti elrendezésnél lényeges, hogy a kritikus 8 szakasz, azaz a mélyhangszugárzó 4 hangszóró középpontjának távolsága a magashangszugárzó rendszer legszélső 6 hangszórójának középpontjától ne legyen nagyobb, mint az alkalmazott 4 hangszóró átmérőjének 1,5-szerese.

A 2. ábra nagyobb teljesítményű találmány szerinti hangszugárzó rendszer olyan kivitele, amelynél a mély 3 és magas- 5 hangszugárzó dobozokba épített mélyhangszugárzó 4 hangszóró és két sorban elrendezett és már ismertetett 159.124 lsz. szabadalmi leírás szerint kialakítású magashangszugárzó 6 hangszórók vannak beépítve. A hivatkozási számok megfelelnek az 1. ábra szerinti. A 3. ábra az 1. ábra szerinti elrendezés egy kiviteli példájánál kapott mérési eredményeket mutatja. A hangszugárzó rendszerrel a keresztelési frekvenciát $f_c = 1,25$ kHz-re állítottuk be és az ábrán az ennek környezetében kialakuló félsíkú irányjelleggörbét ábrázoltuk. A keresztelési szűrők 12 dB/oktáv meredekségű esésű jelleggörbét mutattak a keresztelési frekvenciától kellőképpen eltérő frekvenciáknál. Az irányjelleggörbét a hangszugárzótól 2 m távolságban az xy síkban szabad hangtérben mértük a keresztelési frekvencián és annak környezetében.

Az 1. ábra szerinti elrendezésű hangszugárzó rendszerrel megvizsgáltuk a különböző diffrakciót előidéző akadályok hatását. Az eredményeket a 4. és 5. ábrák mutatják: a folytonos vonallal kihúzott görbék a hangszugárzó rendszer különböző frekvenciákhoz tartozó félsíkú irányjelleggörbéi diffrakciós akadály használatával, míg a szaggatott vonalú görbék az idézett magyar találmány szerint kivitelezett diffrakciós rudak alkalmazásakor kapott eredményeket ábrázolják.

Összehasonlítóképpen az eredményvonallal kihúzott görbék a találmány szerinti diffrakciós elem alkalmazásával kapott görbék. Az akadályok elrendezését a 6. ábra mutatja. A 4. és 5. ábrák alapján jól látszik, hogy pl. 5 kHz-en és 6,3 kHz-en a 9 diffrakciós rudnak nincs lényeges hatása. Megjegyezzük, hogy a 6 hangszórók törtvonalú 10 hangfalon vannak elhelyezve.

Lényegesen jobb eredményt érhetünk el akkor, ha a hangsugárzó elem két szélű 6 hangszórója előtt egyetlen, lyukakkal ellátott, lemez alakú 11 akadályt helyezünk el. Ilyen elrendezést mutat a 7. ábra. Eredményt értünk el, ha a lemez alakú 11 akadály szabad (lyukasztott) felülete kisebb volt, mint a teljes felület fele.

Különösen jó eredményt adott esetünkben a 8. ábra szerint kivitelezett lemez, ahol kisebb átmérőjű 12 és nagyobb átmérőjű 13 lyukakból álló sorok váltakoznak. Az irányjelleggörbékben bekövetkező javulást a 4. és 5. ábrákon az eredmény vonallal kihúzott irányjelleggörbék mutatják. A fentiek szerint részletezett megoldás tehát lehetővé teszi azt, hogy megfelelően kialakított, lyukasztott lemezzel — mint diffrakciót előidéző akadállyal — a frekvenciától független irányjelleggörbét a magasabb frekvenciatartományban az eddig ismert megoldásokhoz képest jobban biztosítsuk.

A diffrakciót előidéző, lemez alakú 11 akadály hatása azonban nemcsak az irányjelleggörbékben mutatkozik meg, hanem a hangsugárzó tengelyében mérhető hangnyomás-frekvencia jelleggörbében is, mégpedig olyképpen, hogy ahol a diffrakció hatására az irányjelleggörbe lényegesen megjavul, ott a tengelybeli hangnyomás-jelleggörbe általában eső jellegűvé válik, ha a magashangsugárzó elemet a szokásos, közel egyenes átviteli jelleggörbéjű egyedi hangszórókkal építjük fel. A hangszórórendszernek ez a 9. ábrán bemutatott eső jelleggörbéje, amely esés tapasztalatunk szerint mintegy 3 kHz-nél kezdődik, nem hátrányos, sőt teremben az egyéb megoldásoknál ismeretes, élesen irányított magas hangok hiánya szubjektíve kellemes érzetet biztosít (Irod. 13) s az átviteli jelleggörbe megfelel a vonatkozó hangosfilmtechnikai ajánlásnak (Irod. 14). Mégis annak érdekében, hogy például a rádió- és televízióstúdiókban szokásos átviteli jelleggörbét (Irod. 15) is biztosítani lehessen — úgy azonban, hogy a hangsugárzórendszer irányjelleggörbéi 0,8 kHz feletti frekvenciákra hasonlóak legyenek — célszerű gondoskodni arról, hogy a hangsugárzó rendszernek a hallgató helyén mért átviteli jelleggörbéje adott esetben széles hangsávban közel egyenes legyen. Ennek érdekében tapasztalatunk szerint olyan egyedi hangszórókból célszerű összeállítani a magashangsugárzó elemet, amely hangszóróknak tengelybeli átviteli jelleggörbéje a magas hangoknál kifejezetten emelkedő jelleggörbét mutat. Ilyen jelleggörbéjű hangszórók — önmagukban — kifejezetten kellemetlen hanghatást keltenek, azonban a fenti elrendezésű hangsugárzórendszerben előnyösen felhasználhatók.

Emelkedő átviteli jelleggörbéjű hangszórókból az 1., 7. és 8. ábrák szerint kivitelezett hangsugárzó rendszer tengelybeli átviteli jelleggörbéjét mutatja a 10. ábrán a folytonos vonallal ábrázolt görbe; a szaggatott vonalú, a 9. ábrán ábrázolt, közel egyenes átviteli jelleggörbéjű magashangsugárzó elem átviteli jelleggörbéje. Jól láthatjuk, hogy a változás jelentékeny. Tapasztalatunk szerint a diffrakciós lemez hatására bekövetkező változás adott hangszóró típusnál meglehetősen független a felhasznált hangszórók példányai közötti szórástól, ha a hangszórók a szokásos gyártási tolerancián belül vannak.

További javulást eredményező megoldást kaptunk, egy, az ismert megoldások szerint kivitelezett, s a hangsugárzó rendszer erősítőibe — áramköreibe — célszerűen a teljesítményerősítők elé — kapcsolt villamos

korrekciós hálózattal, amely átviteli jelleggörbéinek 1 kHz felett — változtathatóan — legalább 1 oktávnyi sávban, legalább 46 dB/oktávnál kisebb meredeksége volt. Ily módon, a 0,8 kHz feletti frekvenciáknál olyan, a frekvenciától függetlenül gyakorlatilag állandó irányjelleggörbéjű hangsugárzót alakítottunk ki, amely a teremben a lehallgatás helyén az előírástól függően, tág határok között állítható irányítási tényezőt és átviteli jelleggörbét mutat.

A fentiek szerint kialakított hangsugárzó rendszer igen jó eredményt ad, ha a teremben a reflektáló felületektől — pl. a falaktól — elegendően távol helyezzük el. Ha viszont a hangsugárzó rendszer reflektáló felület közelébe kerül, akkor a reflektáló felület hatásának eredményeképpen a hangnyomás a mélyhangoknál erősen megnövekszik (Irod. 7). Mégis ennek ellenére ma is azon igyekeznek a konstruktőrök (Irod. 1., 2., 3., 15), hogy kis frekvenciák irányában a hangsugárzó szabad hangtérben mért átviteli jelleggörbéjét minél szélesebb sávban kiterjesszék és kiegyenlítsék. Tapasztalatunk szerint jó megoldást érhetünk el, ha a reflektáló felületek környezetében működtetett hangsugárzó szabad hangtérben mért átviteli jelleggörbéje kis frekvencián — mintegy 100 Hz alatt kb. 12 dB/oktáv esést mutat. Ebben az esetben ugyanis tapasztalatunk szerint a tényleges működési körülmények között — tehát a teremben mérhető hangnyomás-frekvencia jelleggörbe alakulását kevésbé befolyásolja a környező felületeken létrejövő reflexió. Mindazonáltal tapasztalatunk szerint a hangsugárzót határoló felületek hatása teljes mértékben nem küszöbölhető ki. Ezt mutatja a 11. ábra, amely egy, az előbbi, 100 Hz alatt szabad térben 12 dB/oktáv esésű hangsugárzó rendszer hangnyomás-frekvencia jelleggörbéjének mélyfrekvenciás szakaszát mutatja, egy kb. 0,5 msec utózenésű, 120 m³ térfogatú helyiségben mérve, a hangsugárzótól 3 méter távolságban, úgy, hogy változatlan mérőmikrofon-helyzet mellett az 1. ábra szerinti hangsugárzót egyszer a földön (teljes vonal), majd pedig 2 méter magasan (szaggatott vonal) helyeztük el, szorosan a fal közelében. Hasonló jellegű egyenetlenségeket mutat a 12. ábra, amelynél a mérési eredményeket úgy nyertük, hogy a hangsugárzó hátsó széle a faltól 0,75 m távolságban volt.

Bár a 100 Hz alatti, szabad térben eső jelleggörbe eredményeképpen az egyenetlenség nem túl jelentős, mégis további javulást értünk el egy a hangsugárzórendszer tápláló teljesítményerősítő elé kapcsolt villamos korrekciós hálózattal. A hálózat jelleggörbéjének meredeksége célszerűen mintegy 300 Hz-nál kisebb frekvencián legalább 1 oktávnyi sávban — 6 dB/oktávnál nagyobb és célszerűen folyamatosan szabályozható.

A fentiek világosan rámutatnak arra, hogy a hangsugárzó rendszer átviteli jelleggörbéjét a mély hangoknál célszerűen a hangsugárzó felállítási helyétől függően korrigálva, további javulás érhető el. Ezt a tényt eddig nem vettük figyelembe.

Tapasztalatunk a továbbiakban azt mutatta, hogy a teremnek további hatásával is kell számolnunk, amely hatás különösen televízióüzemben alkalmazott hangsugárzó rendszereknél jelentős. Azt tapasztaltuk, hogy az az állandó irányjelleggörbéjű hangsugárzó, amely szabad térben egyenletes átviteli jelleggörbét mutat a 200—2000 Hz közötti frekvenciasávban, a teremben ennek ellenére ebben a frekvenciasávban a frekvencia szerint lokálisan változó átviteli jelleggörbét — kiemelés mu-

tat. Ennek a kiemelésnek a nagysága és az egyenetlenséghez tartozó sáv szélesség tapasztalatunk szerint ugyancsak a hely függvénye. Ezt mutatja a 13. ábra, amelyet példaképpen egy, a faltól 1,5 méter távolságban elhelyezett, 1. ábra szerinti kialakítású hangszugárzórendszer esetében mértünk, 2 méter távolságban elhelyezett mérőmikrofonnal, úgy, hogy a hangszugárzót egyszer a földön (teljes vonal), majd a földtől 2 méter távolságban (szaggatott vonal) helyeztük el. Az előbbi átviteli jelleggörbe-egyenletlenséget egy, az ismert, jelleggörbét szabályozó villamos áramkörnek melegepontja és földpontja közé beiktatott, sorba kapcsolt ellenállásból, kondenzátorból és induktivitásból álló passzív villamos hálózattal egyenlítettük ki; a hálózat rezonancia frekvenciáját és jósági tényezőjét célszerűen változtathatóvá tettük. A gyakorlati esetek legtöbbszörében erre az áramkörre célszerűen csak akkor van szükség, ha a hangszugárzó rendszerrel szemben rendkívül magas követelményeket támasztunk. Ilyenkor — pl. stúdióüzemben — biztosítva van a hangszugárzó rendszer elhelyezésének állandósága. Így annak érdekében, hogy avatatlanok a célszerűen beállított átviteli jelleggörbét ne módosíthassák, a fenti hálózatot az erősítőkészülék belsejében célszerűen úgy helyeztük el, hogy az egységhez csak az erősítőt rögzítő csavarok megbontása után lehet hozzáférni.

Ilyen, az átviteli jelleggörbét lokálisan korrigáló hálózatot a stúdióüzemben használt hangszugárzó rendszereknél régebben is alkalmaztak (Irod. 2). Nem volt azonban ismeretes az, hogy ez a hálózat célszerűen változtatható kell hogy legyen, s az optimális beállítást a hangszugárzó rendszer elhelyezésétől függővé kell tenni. Ezenkívül ennek a hálózatnak a rezonancia-frekvenciáját az irodalom szerint csak 300 Hz környezetére — a mély és a magas hangszugárzó egység keresztesési frekvenciájának környezetében kell megválasztani.

Tapasztalatunk szerint állandó irányjelleggörbéjű hangszugárzó rendszer esetében ezt a korrekciós hálózatot célszerűen a keresztesési frekvenciánál kisebb frekvenciára kell elhelyezni, hogy az adott környezetben a legmegfelelőbb eredményt kaphassuk. Az említett hálózatot kialakíthatjuk a szabályozó ágba szorosan épített párhuzamos rezgőkörrel vagy rezgőkörökkel is, amelyek ellenállást, kondenzátort és induktivitást foglalnak magukba.

A hangszugárzó rendszer homloklapján a magashangszugárzó elem előtt elhelyezett, diffrakciót előidéző, 8. ábra szerinti elemet célszerűen úgy alakítottuk ki, hogy az egyúttal része a hangszugárzó rendszer homloklapfelületét fedő lemeznek, amely külső felületén, hangátteresztő szövetekkel — hangszóró selyemmel — van bevonva.

Mindezen elemek együttes alkalmazásával optimális eredményt érhetünk el. A kialakított hangszugárzó rendszerénél alkalmazott kapcsolás tömbvázlatát a 14. ábra mutatja. A rajzon 14 bemeneti egységhez 15 szintszabályozón keresztül 16 korrekciós hálózat csatlakozik, amely után mélyhangszugárzó 18 csatorna ágra és magashangszugárzó 19 csatorna ágra ágazik szét a kapcsolás a 17 elágazási pontban, a megfelelő 20 kereszteszési szűrők segítségével. A kereszteszési szűrőkhöz mindkét ágban 21 szintszabályozók és hangfrekvenciás 22 teljesítményerősítőkön át csatlakoznak a mélyhangszugárzó 4 és magashangszugárzó 6 hangszórók.

Az egyik, általunk alkalmazott 16 korrekciós háló-

zat jelleggörbéjét példaképpen a 15. ábrán láthatjuk: a vonalkázott terület a megvalósított szabályozási tartomány.

A 16. ábra a 20 hangváltókban alkalmazott alul- és felüláteresztő szűrők átviteli jelleggörbéit mutatja. A 17. ábra „A” görbéje az összes felsorolt intézkedés egyidejű alkalmazásának megfelelő esetben egy $V = 120 \text{ m}^3$ térfogatú, $T = 0,5 \text{ s}$ állandó utózengetésű helyiségben, a sugárzótól 2 m távolságban mért egyenletes hangnyomás-frekvencia jelleggörbét mutat, amely kielégíti a rádió és televízió stúdiók üzemvitelének ellenőrzésénél szokásos követelményt. A „B” görbe, amely az előbbtől abban különbözik, hogy a magas hangszín szabályozó potenciométer megfelelő beállításával az előerősítő egyenes átviteli jelleggörbét mutat, kielégíti a kellemes hallgatás követelményeit, míg a „C” görbe a hangosfilm-technikában ajánlott átviteli jelleggörbének tesz eleget. Mindegyik átviteli jelleggörbe úgy volt megvalósítva, hogy a magas hangszín szabályozásra szolgáló potenciométert a kiemelő állásából folyamatosan a lesabályozott állása felé forgattuk, mindaddig, amíg az előírt jelleggörbét kaptuk. A kisfrekvenciás sávban mutatkozó egyenletes átviteli jelleggörbét a mélyhangszín szabályozó potenciométer középállásában kaptuk, s alkalmaztuk a földön álló, s a faltól 1,5 m-re elhelyezett hangszugárzó rendszer jelleggörbének kiegyenlítéséhez szükséges, 13. ábrán látható korrekciót.

A hangszugárzó rendszer a különböző követelményeknek megfelelő, üzemszerű követelmények között mért jelleggörbe mellett mind a horizontális, mind pedig a vertikális síkban mintegy $\pm 60^\circ$ -os kúpszögben a frekvenciától függetlenül gyakorlatilag álló irányjelleggörbét mutat. Ezt a 18. ábra (xy sík) és a 19. és 20. ábrák (xz sík) segítségével igazoljuk. Az irányjelleggörbéket szabad hangtérben mértük, a hangszugárzótól 2 m távolságban és fésíkokra tüntettük fel.

A felhasznált szakirodalom

1. D. E. L. Shorter: A Survey of Performance Criteria and Design Considerations for High-Quality Monitoring Loudspeakers. Journ. Audio Eng. Soc. Vol 7 (1959) 13—28, 54.
2. F. K. Schröder, K. Bertram: Stúdióellenőrző hangszugárzók követelményei II. Ak. Konf. Budapest, 1961, 22/1—5.
3. E. Kammerer: Studiolausprecher Europhon Siemens Zeitschr. 44 (1970) H 10. 642—647.
4. D. Huszty, A. Illényi, Mrs. H. Magos, T. Szele: Some Problems of the Studio Monitoring Loudspeakers. VIIth Int. Congr. Acoustics, Budapest, 1971. 23 E 9.
5. E. Wente: The Characteristics of Sound Transmission in Rooms. Journ. Acoust. Soc. Am. Vol 7 (1935) 123—126.
6. D. Huszty: The Response of the Electroacoustical Chain and the Subjective Sensation. VIIIth Int. Congr. Acoustics Budapest, 1971. 26 G 2.
7. T. S. Korn, J. Hougardy: Mesures des haut-parleurs dans les lieux d'utilisation — Acoustica 9 (1959) 121—126.
8. Techn. Comm. OIRT Recomm. 22 TK—XVII—14 (1963) Moscow.

9. E. Seszták: The Sound Field in a Room at Different Excitation. VIIth Int. Congr. Acoustics, Budapest, 1971. 21 A 11.
10. L. Beranek: Acoustic Measurements. John Wiley, New York. 1949. 682.
11. Mrs. H. Magos: On the Crossover Frequency of Multiway Loudspeakers. VIIth Int. Congr. Acoustics, Budapest, 1971. 20 E 9.
12. D. Huszty: A rövid időre átlagolt műsorjel statisztikai tulajdonsága. Előzetes kutatási jelentés. Elektroakusztikai Gyár, 1970. május.
13. W. Kuhl: Die Verbesserung von Presenz und Natürlichkeit bei Lautsprechern mit räumlichen Klangbild. Frequenz, Bd 16 (1962) 86—90.
14. Draft Proposal for Standardizing Acoustics Response of a Monitoring chain in Motion-Picture Control Rooms. Journal of the S.M.P.T.E. Vol 78 (1969) 1045.
- 15 D. Orth: Physikalische Eigenschaften einer Studio-abhöreinrichtung mit optimaler Wiedergabequalität. RFT Mitt. der Nachrichten und Messtechnik Vol 3 (1965) 22—30.

Szabadalmi igénypontok

1. Hangsugárzó, amely két, egymástól elhatárolt tér-
részben elhelyezett mély- és magashangsugárzó egy-
ségeből áll és elektronikus láncba egy vagy több teljesít-
ményerősítőt, valamint alul- és felüláteresztő szűrőket
tartalmaz és magashangsugárzó egysége a 159.124 lajst-
romszámú magyar szabadalmi leírásban ismertetettnek
felel meg, amely hangsugárzó egy vagy több hangsugár-
zó elemből van felépítve és egy hangsugárzó elem leg-
alább három egyszerű és/vagy összetett hangszórót tar-
talmaz, továbbá a hangszórók sugárzó felületein átfek-
tetett legalább három sík egymáshoz képest 180° -tól
eltérő szöget zár be és a síkok metszésvonalai egymással
párhuzamosak, míg ezen metszésvonalakra merőleges
síknak az említett síkokkal való metszésvonala tört-
vonal, míg az egyes szomszédos hangszórók sugárzási
(szimmetria) tengelyei, illetve azoknak az említett merő-
leges síkon levő vetületei váltakozva a törtvonal előtt
levő metszéspontokban és a törtvonal mögött levő met-
széspontokban metszik egymást, míg a szomszédos
hangszórók sugárzási központjai egymástól a hang-
frekvenciás sáv felső határfrekvenciájához tartozó hang-
hullám tízszeres hosszánál kisebb távolságban vannak,
azzal jellemezve, hogy magashangsugárzó egysége
legalább négy hangszórót tartalmaz és ehhez egyetlen
mélyhangsugárzó hangszóró van rendelve, amelynek
középpontja a tőle legtávolabb eső magashangsugárzó
hangszóró középpontjától legfeljebb a mélyhangsugárzó
hangszóró átmérőjének 1,5-szeres távolságára van; to-

vább a mély- és magashangsugárzó egységek kereszte-
zési frekvenciájához tartozó hullámhossz a mély- és
magashangsugárzó elemeket magába foglaló doboznak
a mélyhangsugárzó hangszóró nyílásának síkjával pár-
huzamos felületen mért legkisebb kiterjedési méretét
nem haladja meg.

2. Az 1. igénypont szerinti hangsugárzó kiviteli
alakja, azzal jellemezve, hogy legalább két magas-
hangsugárzó hangszórójának hangnyomás-frekvencia
jelleggörbéje 2 kHz—15 kHz frekvenciatartományban
nem előjellegű.

3. Az 1. vagy 2. igénypont szerinti hangsugárzó ki-
viteli alakja, azzal jellemezve, hogy a hangsugárzó
sugárzási felületének legalább egy része előtt akadály-
ként átmenő lyukakat tartalmazó lemez van elhelyezve.

4. A 3. igénypont szerinti hangsugárzó kiviteli alakja,
azzal jellemezve, hogy legalább a magashangsugárzó
sugárzási felületét takarja a lyukakat tartalmazó lemez,
amelynek külső felülete hangáteresztő szövetekkel van
bevonva.

5. Az 1—4. igénypontok bármelyike szerinti hang-
sugárzó kiviteli alakja, azzal jellemezve, hogy elektro-
nikus láncba átviteli jelleggörbét szabályozó önmagá-
ban ismert — célszerűen állítható — áramkör van iktat-
va, amely áramkör átviteli jelleggörbéjének meredek-
sége 300 Hz frekvencia alatt legalább 1 oktávnyi sáv-
ban — 6 dB/oktávnál nagyobb és 1 kHz felett legalább
1 oktávnyi sávban + 6 dB/oktávnál kisebb.

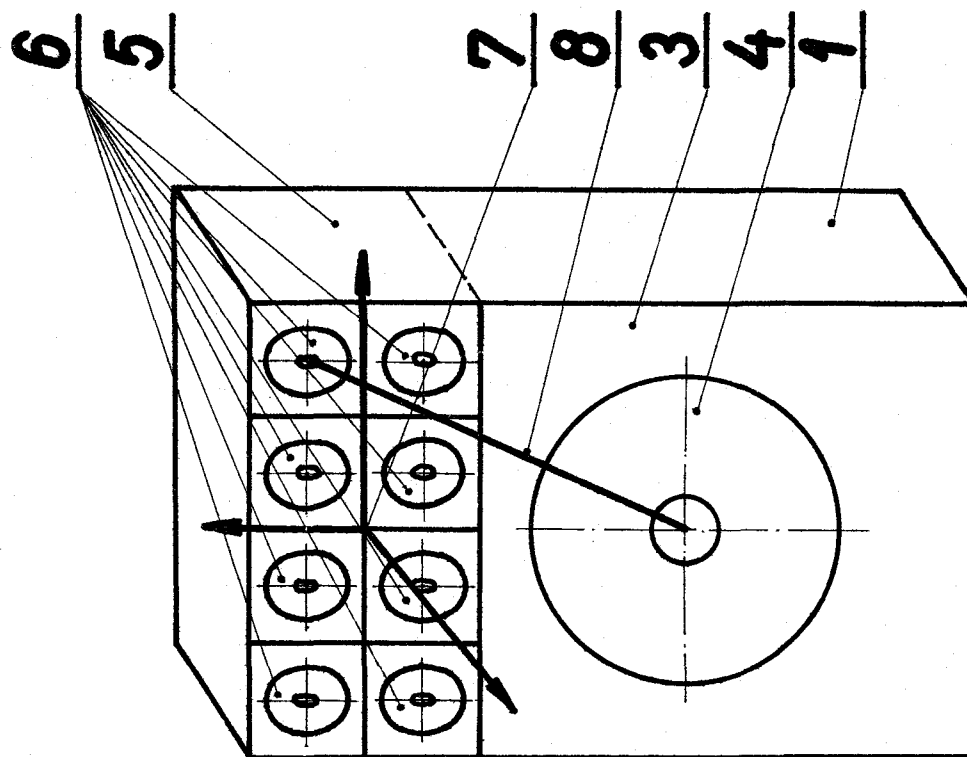
6. Az 5. igénypont szerinti hangsugárzó kiviteli alak-
ja, azzal jellemezve, hogy jelleggörbét szabályozó
áramköre legalább egysoros rezgőkört tartalmaz,
amely a melegpont és a földpont közé iktatott, sorosan
kapcsolt ellenállást, kondenzátort és induktivitást fog-
lal magában és legalább egynek rezonancia-frekvenciája
a keresztezési frekvenciánál kisebb.

7. Az 5. igénypont szerinti hangsugárzó kiviteli alakja
azzal jellemezve, hogy jelleggörbét szabályozó áram-
köre legalább egy párhuzamos rezgőkört tartalmaz,
amely(ek) a melegpontra csatlakozó ágba van(nak) sorba
kötve és párhuzamosan kapcsolt ellenállást, kondenzá-
tort és induktivitást foglal magában és legalább egynek
rezonancia-frekvenciája a keresztezési frekvenciánál
kisebb.

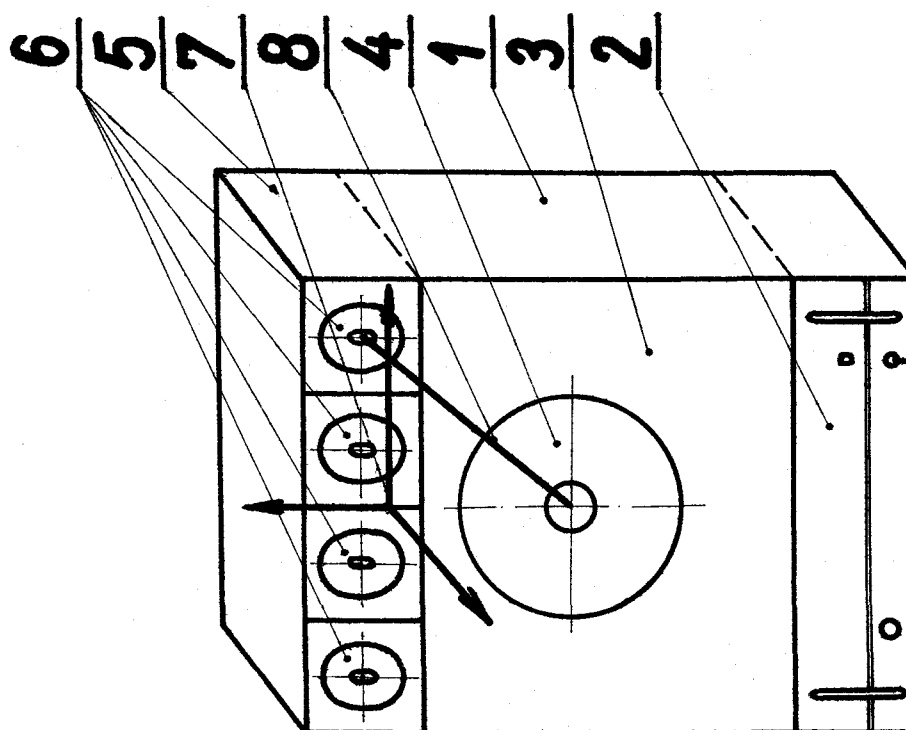
8. Az 5—7. igénypontok bármelyike szerinti hang-
sugárzó kiviteli alakja azzal jellemezve, hogy a sza-
bályozó áramkör és kezelő szervei a készülék belsejében
elzárva vannak elhelyezve.

12 rajz, 20 ábra

ELEKTROAKUSZTIKAI GYÁR

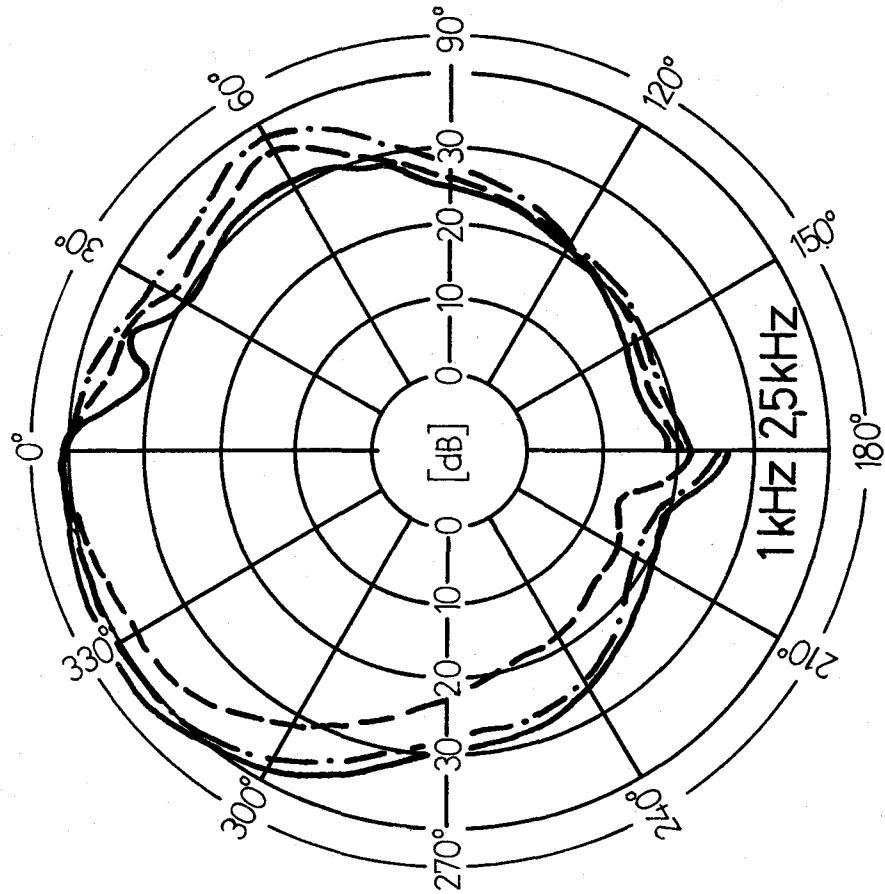


2. ábra

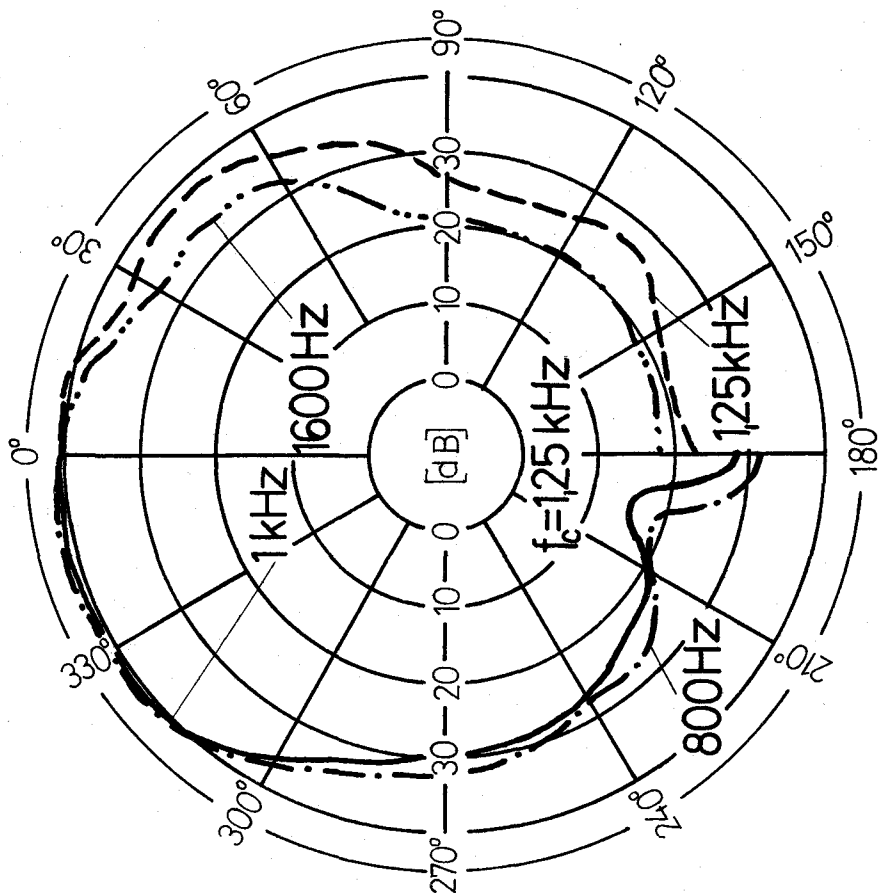


1. ábra

ELEKTROAKUSZTIKAI GYÁR

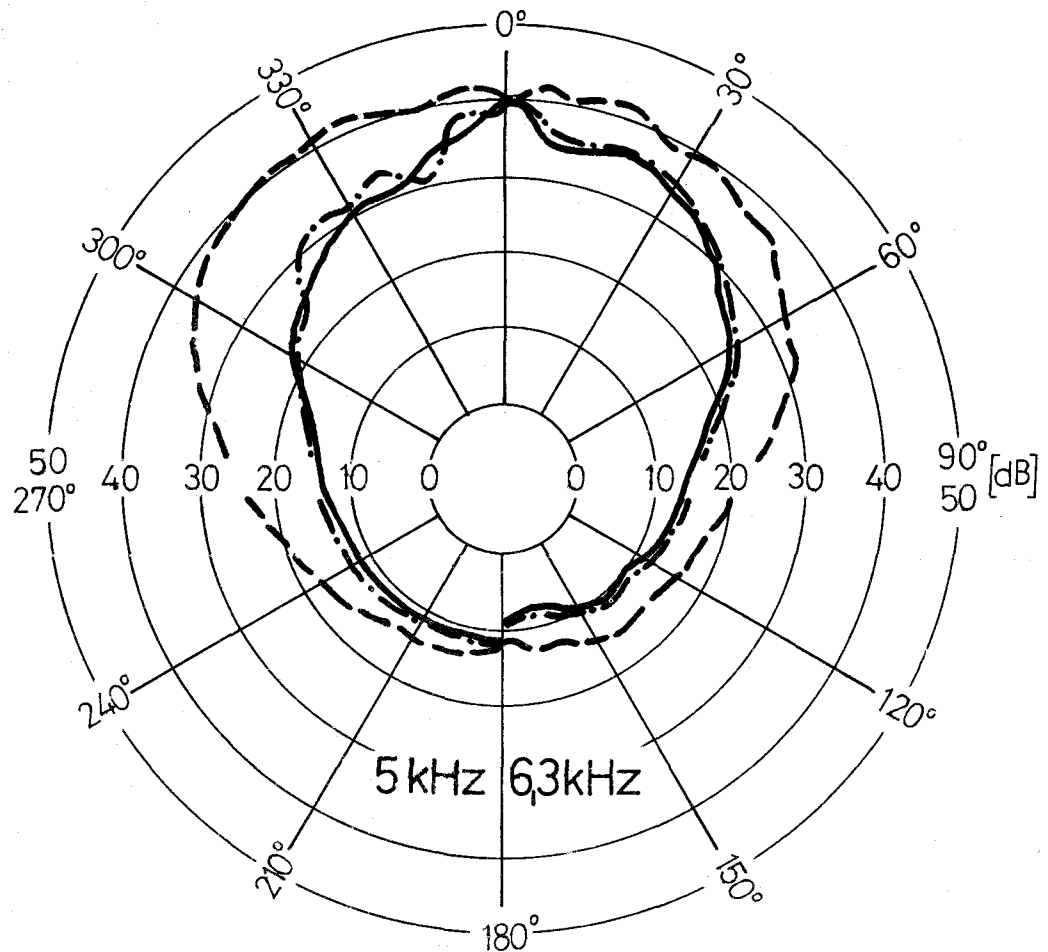


4. ábra

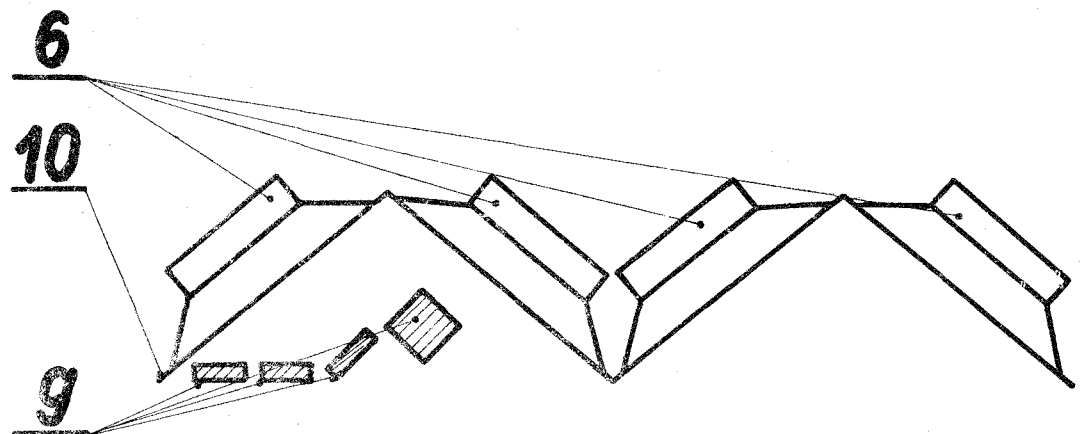


3. ábra

ELEKTROAKUSZTIKAI GYÁR

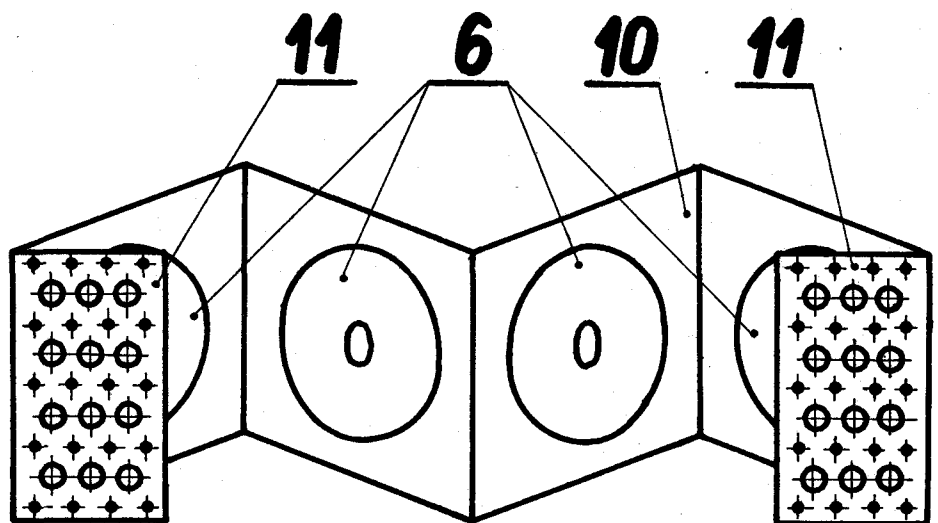


5.ábra

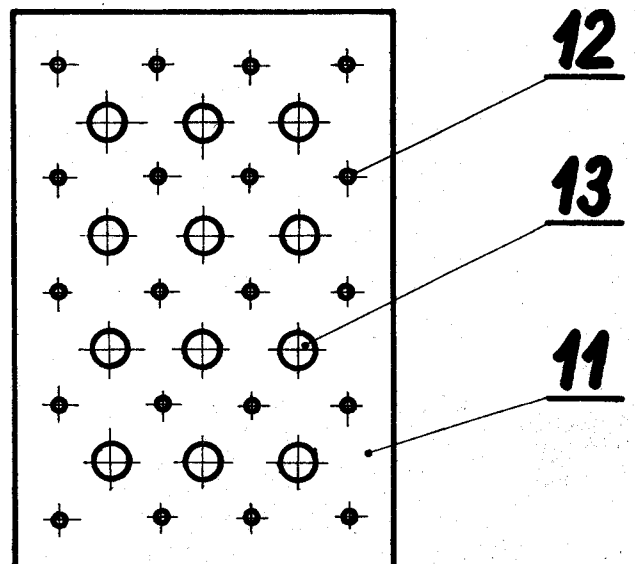


6.ábra

ELEKTROAKUSZTIKAI GYÁR

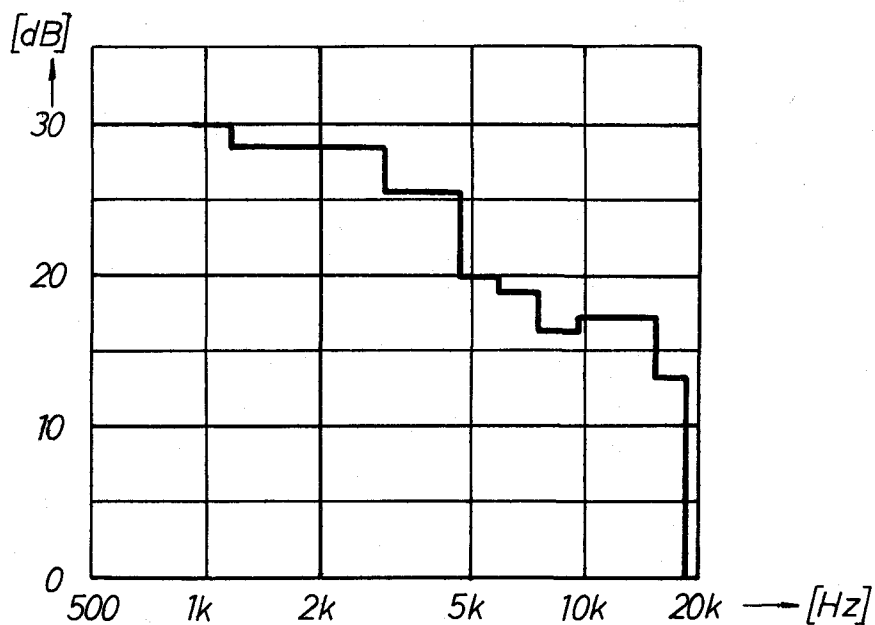


7.ábra

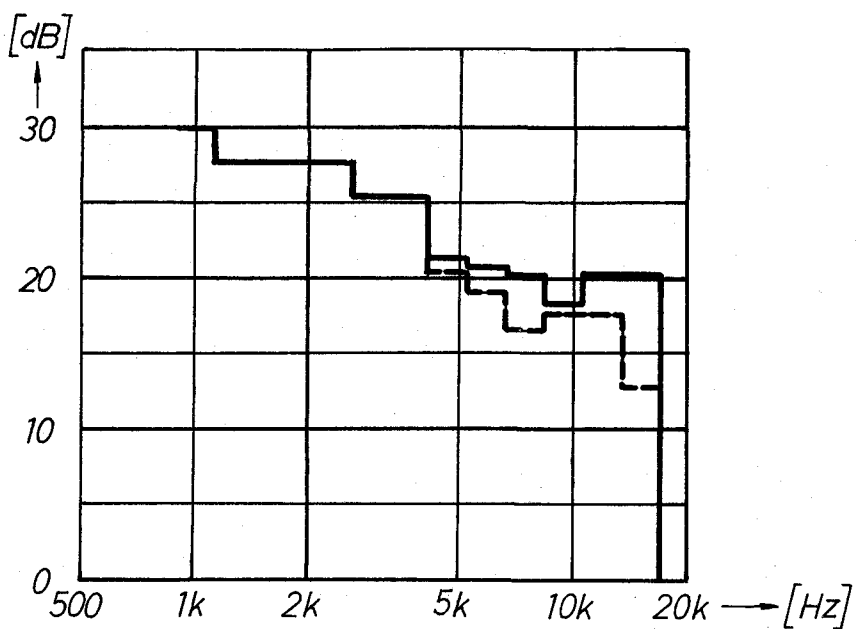


8.ábra

ELEKTROAKUSZTIKAI GYÁR

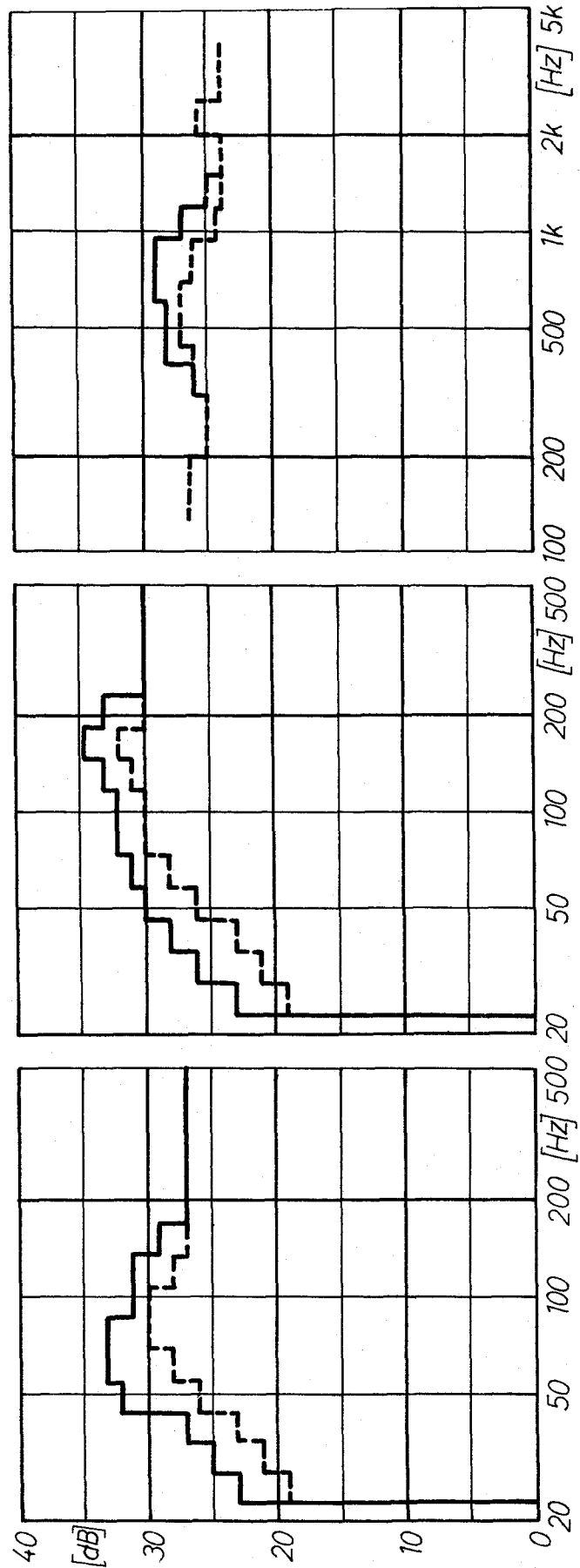


9.ábra



10.ábra

ELEKTROAKUSZTIKAI GYÁR

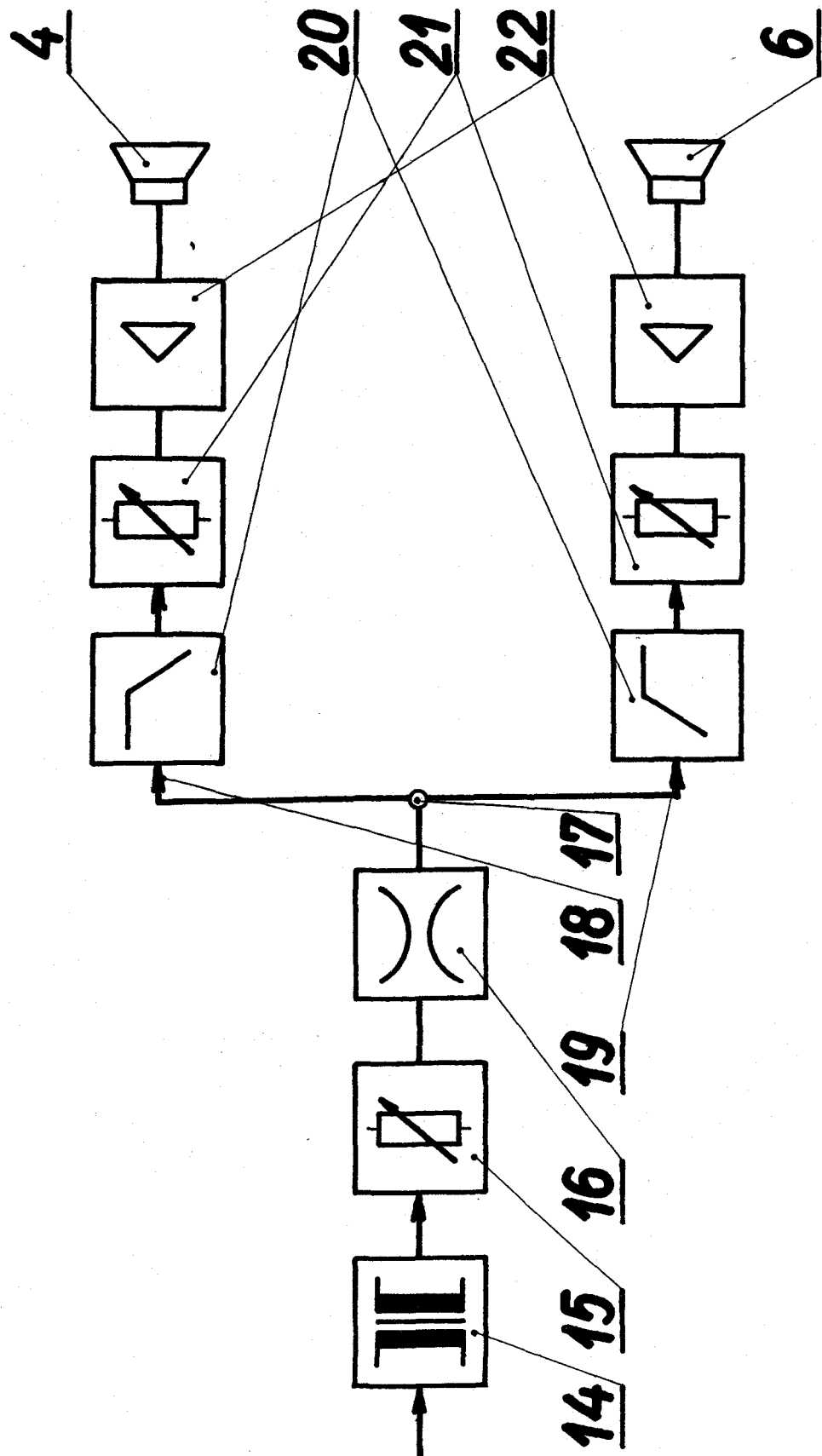


13.ábra

12.ábra

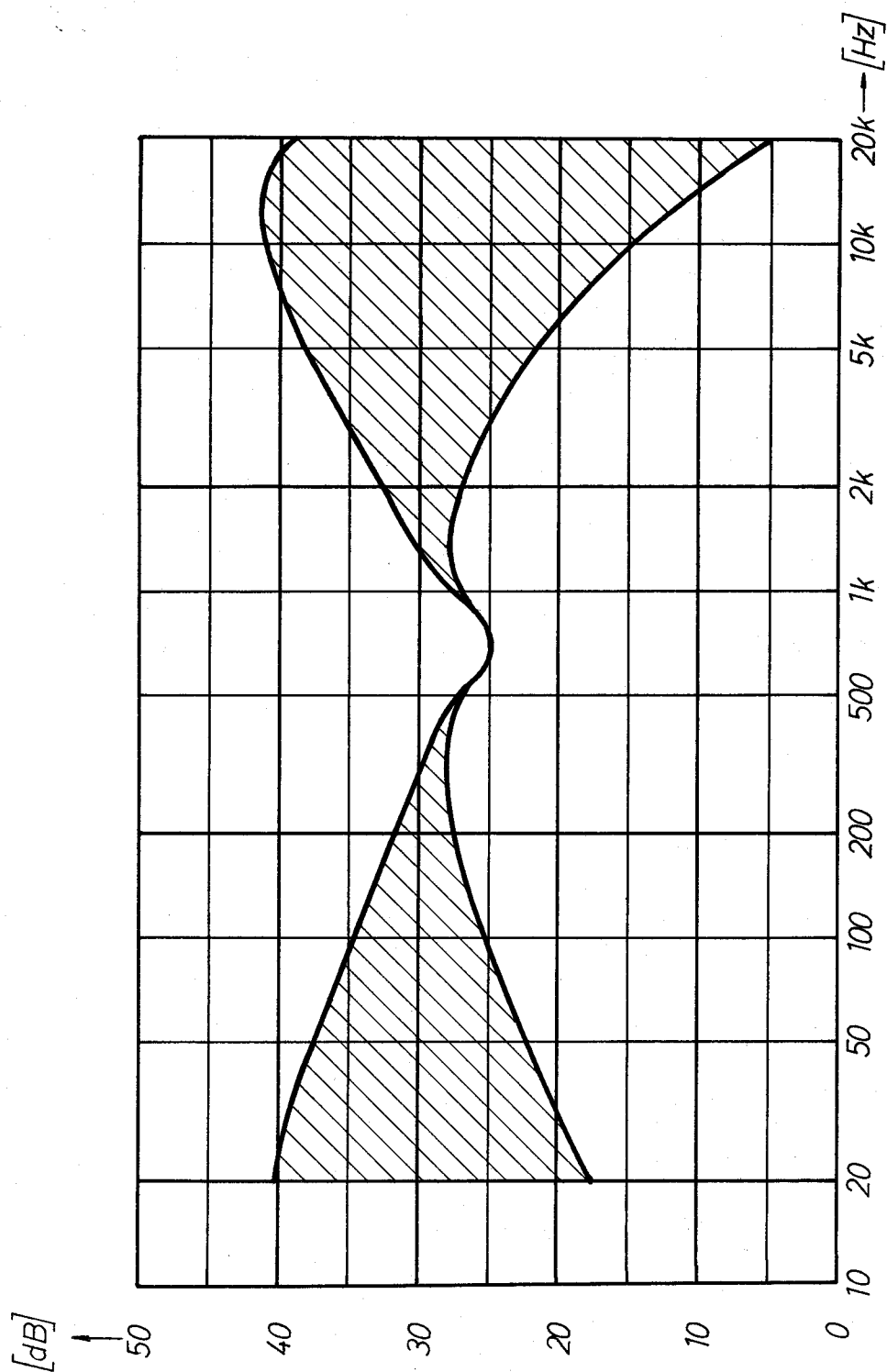
11.ábra

ELEKTOAKUSZTIKAI GYÁR



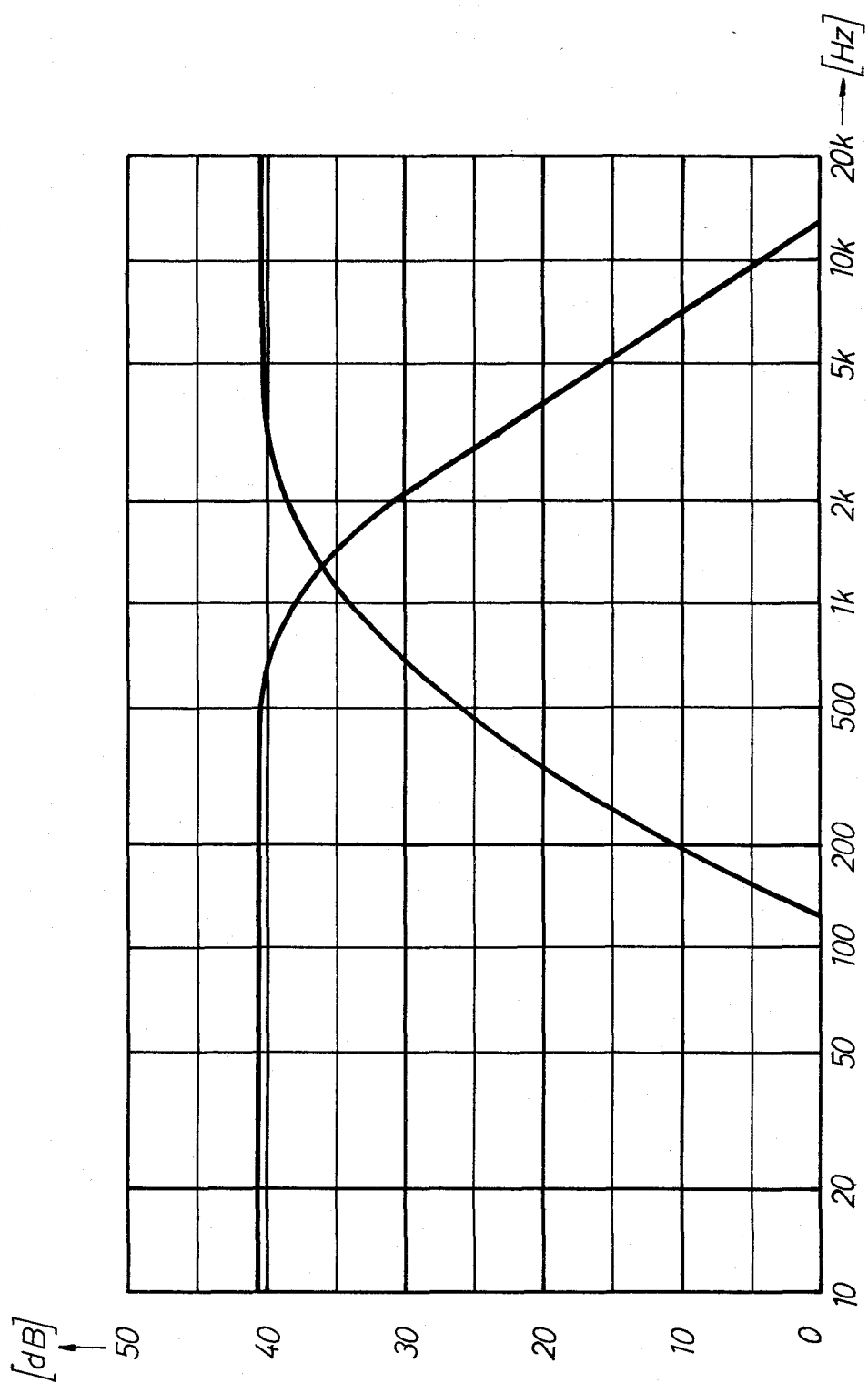
14. ábra

ELEKTROAKUSZTIKAI GYÁR



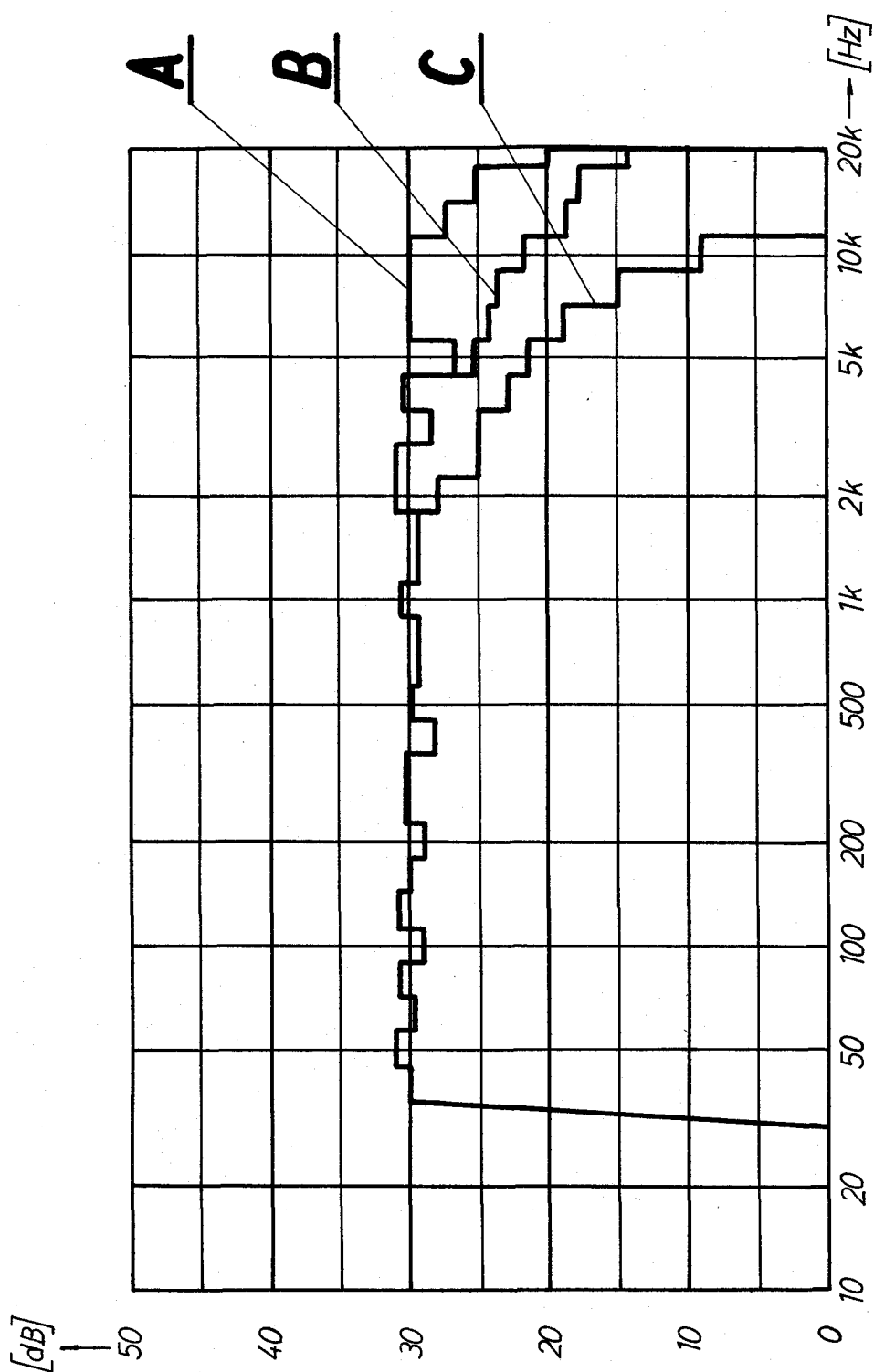
15. ábra

ELEKTOAKUSZTIKAI GYÁR



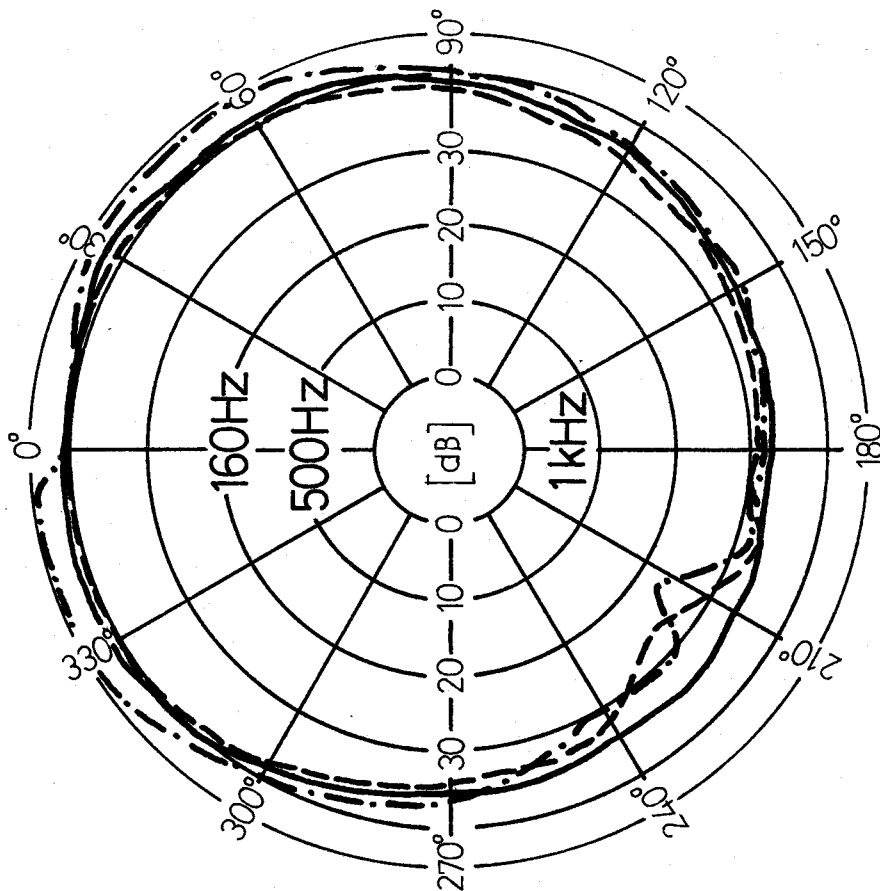
16. ábra

ELEKTROAKUSZTIKAI GYÁR

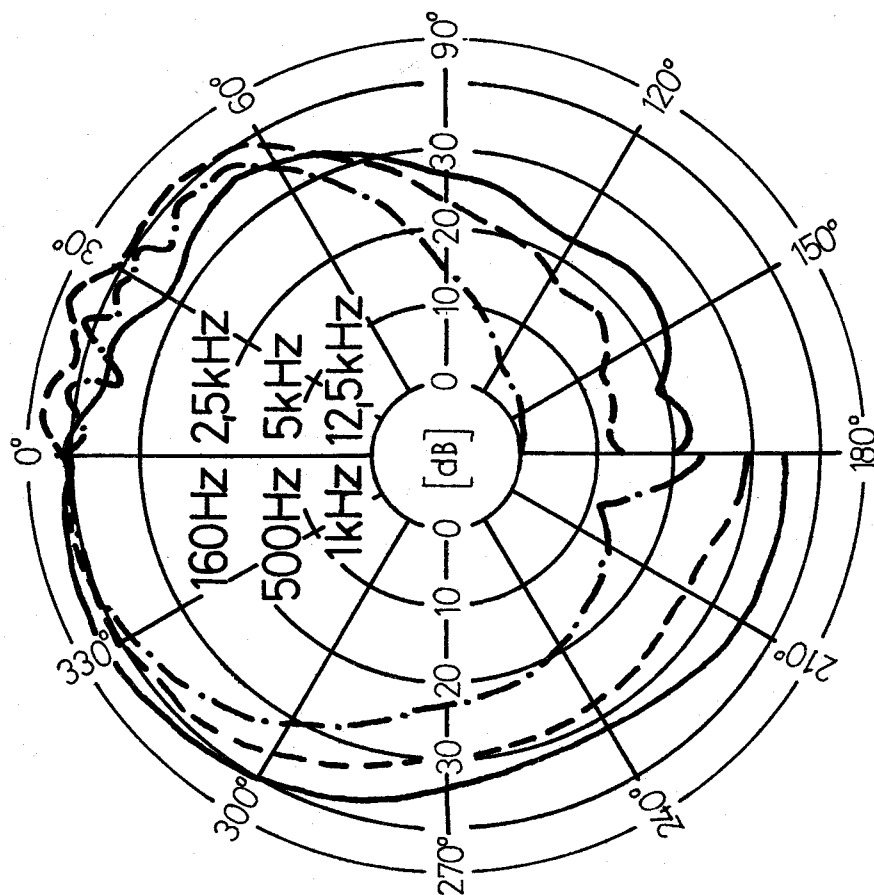


17. ábra

ELEKTROAKUSZTIKAI GYÁR

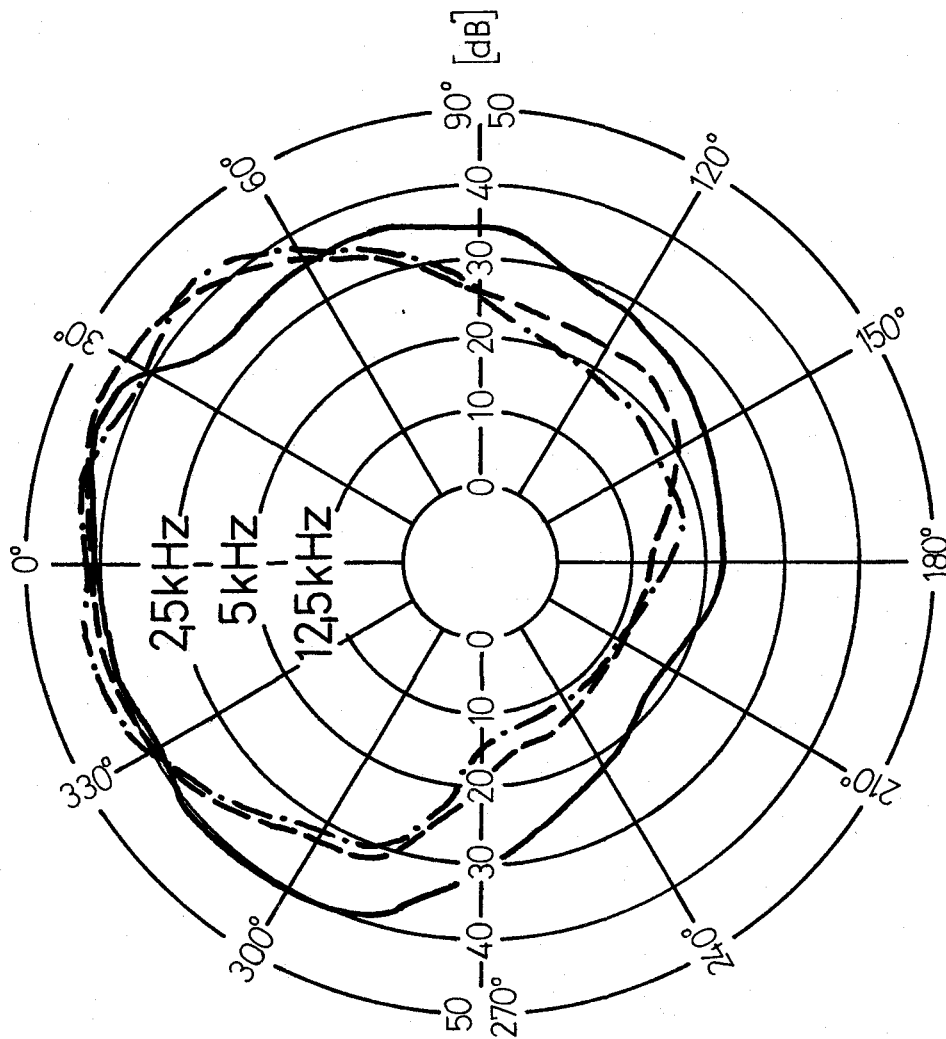


19. ábra



18. ábra

ELEKTROAKUSZTIKAI GYÁR



20. ábra