

MAGYAR
NÉPKÖZTÁRSASÁG



ORSZÁGOS
TALÁLMÁNYI
HIVATAL

SZABADALMI LEÍRÁS

SZOLGÁLATI TALÁLMÁNY

171882

Bejelentés napja: 1975. X. 22. (EE-2382)

Közzététel napja: 1977. XI. 28.

Megjelent: 1978. XI. 30.

Nemzetközi osztályozás:

H 04 R 7/02



Feltaláló:

Balogh Géza okl.villamosmérnök, Budapest

Tulajdonos:

Elektroakusztikai Gyár, Budapest

Irányított elektroakusztikai átalakító elsősorban kardioid hangszugárzó

1

A találmány tárgya irányított elektroakusztikai átalakító, elsősorban hangszóró és hangszugárzó, amelynek legalább két, önmagában ismert akusztikai fázisforgató tagja van, amelyek egymáshoz és a membránhoz akusztikailag úgy vannak csatolva, hogy a hangszóró kardioid vagy annak különböző típusa szerinti irányjelleggörbével rendelkezik, mellette az ismert megoldásokkal szemben kellően szélessávú frekvencia-menettel is rendelkezik.

Ismeretes, hogy világszerte törekszenek irányított elektroakusztikai átalakítók létrehozására, amelyeknek egyik legfőbb előnye az irányítatlan átalakítókkal szemben az, hogy az akusztikai begerjedési hajlamot, a visszhangosságot csökkentik. Különösen rossz akusztikájú termekben jelentősen növelik az érthetőséget, a műsorközvetítés élethűségét, „tisztaságát”. Ezek az átalakítók lehetőséget adnak hangirány szelekcióra. Természetesen a felsorolt előnyöket külön-külön lehet és kell értelmezni, mind a hangvevők (mikrofonok), mind a hangadók (hangszórók) szempontjából. Mikrofonok terén ma már meglehetősen általános a kardioid típus használata. Szélessávú, egyenes frekvencia-menetű és a teljes sávban kardioid irányjelleggörbéjű mikrofonokat világszerte nagy sorozatban gyártanak és ezek a típusok gyakorlatilag kiszorították az irányítatlan típusú átalakítókat. Kardioid átalakítókhoz ún. fázisforgató tagokat alkalmaznak, amelyeket elsőfokra vagy másodfokra egyenlítenek ki. [Weingartner: Das dynamische Zweiwegmikro-

2

fon” Funktechnik 20. 5. 1965., továbbá Iding: „Unidirectionally radiating loudspeakers” AES Konf. 14-16. 3. 1972. München.]

Kondenzátor mikrofon esetén a kardioid irányjelleggörbe megvalósítása a működési elveknek köszönhetően szinte problémamentes. Elektrodinamikus lengőtekerccses mikrofonok esetében a membrán önrezonanciája felett a kardioid irányjelleggörbe megvalósítása kézenfekvő és a kondenzátor mikrofonhoz hasonlóan egyszerűen egyetlen fázisforgató taggal kompenzációk nélkül létrehozható, egyenes frekvenciamenet mellett. Tekintettel arra, hogy a membrán önrezonanciája általában elég alacsonyra tehető, azaz az átviteli sáv alacsonyfrekvenciás tartományában, közel a szükséges alsó határfrekvenciához található, viszonylag egyszerű feladatot jelent a kardioid irányjelleggörbe megtartása mellett az átviteli sávot a szükségesre bővíteni. E feladatra jó néhány ma már közismert és bevált megoldás született.

Nem ez a helyzet az elektrodinamikus lengőtekerccses hangszórók, hangszugárzók terén. A magasabb frekvenciás tartományban – mivel a sugárzó membrán összemérhető a hullámhosszal – az irányítottság önmagából adódik, azt nem kell külön létrehozni. [Beranek: „Acoustics” -Mc. Graw-Hill 1954. London 104. old.] Ellenkezőleg, sok esetben az okoz problémát, hogy az irányítottság túlzott mértékű, különösen a mélyebb frekvenciákhoz viszonyítva, s ezt a túlzott irányítottságot (nyalábolt

irányjelleggörbe) igyekeznek megszüntetni. [Beranek: „Acoustics” 201–203. old., továbbá Olson: „Elements of Acoustical Engineering”, New-York 1947. 135–144. old.] Közepes frekvenciákon már szükséges az irányítottság fokozása. Erre közismert módszer a több hangszóró együttes alkalmazásával a sugárzó felület növelése. Ilyen elgondolás alapján születtek például a hangoszlopok is, amelyek legalább az egyik irányban, a vertikális irányban irányítottabbakká válnak (nyalábolt irányjelleggörbe). [Lamoth E. és társai: „Nagycsoport-hatású hangoszlop” 1 157 232 lajstromszámú magyar szabadalmi leírás]. A hátrafelé sugárzást különösen a mélyebb frekvenciák felé ezek a megoldások sem csökkentik. Ez érhető is, hiszen ahhoz, hogy például 100 Hz-en 9–10 dB értékű előre/hát-raviszonyt érjünk el – könnyen kiszámítható – hogy kb. 2 m átmérőjű sugárzó felületre van szükség. (Idézett Beranek mű, 104. oldal.) A hangszóróknál az ismert fázisforgató tagok oly módon történő használata, mint a mikrofonoknál szokás, szintén nem vezet célra. Ennek az az oka, hogy a hangszóró membránjához csatolt fázisforgató tag még ideálisan tömeggátolt membrán esetén is a fázisforgató tag τ időállandója által megszabott

frekvencia ($f_h = \frac{1}{2\pi\tau}$) félértéke alatt egységnyiél

kisebb átviteli tényezőt ad, amely a mélyebb frekvenciák felé további 6 dB/oktáv esést mutat (3. ábra). Az így konstruált hangszórók frekvencia menete csak néhány esetben (például információközvetítés esetén) kielégítő a mélyfrekvenciák felé mutatott jelentős esés miatt. A mikrofonoknál szokásos módszerek egyszerű alkalmazása azért nem vezet célra, mert azok a membrán rezonanciájának csökkentésére irányulnak, azonban a hangszórók esetén – mint láttuk – a problémát nem ez jelenti.

Találmányunk a hangszóróknál felsorolt problémákra ad megoldást és biztosítja, hogy kardioid hangszóró irányítottsága mellett közel egyenes frekvencia menettel rendelkezzen, még az alacsony frekvenciás tartományban is. Ezzel olyan kardioid hangszórót hoztunk létre, amelynek széles sávja van, tehát zenei műsor hallgatására is alkalmas és egyidejűleg hasznosítható a kardioid irányjelleggörbe által nyújtott összes előny is. Felismertük azt a tényt, hogy egy fázisforgató tag legfeljebb időállandója által megszabott frekvencia fele és kétszerese között alkalmazható, úgy hogy irányítása mellett az átviteli tényező értéke és ingadozása is még kielégítő. Ezért olyan akusztikai hálózati megoldást kerestünk és találtunk, amellyel biztosítjuk azt, hogy legalább két fázisforgató tagot csatolunk a membránhoz oly módon, hogy mindkettőnek a hasznosítható sávját felhasználjuk. Ez hangszóró, illetve hangszóró esetén azt jelenti, hogy az irányítás okozta átviteli tényező értéke az egységnyi érték körüli kisebb ingadozástól eltekintve, az alacsonyabb frekvenciákon is közel egyenest mutat. Ugyanezen megoldás mikrofonok esetén értelemszerűen azt eredményezi, hogy a mikrofon frekvencia menete az alacsonyabb frekvenciák felé kb. 6 dB/oktáv meredekséggel egyre emelkedik.

A felismert lehetőség és annak megvalósítása elvileg és gyakorlatilag bizonyítottan csak szigorú feltételek és viszonyok között jön létre, és éppen ezeket a feltételeket hasznosítottuk a szélessávú kardioid hangszóró megalkotásában.

A találmány tárgya irányított elektroakusztikai átalakító, elsősorban kardioid irányjelleggörbével rendelkező elektrodinamikus lengőtekercses hangszóró, illetve hangszóró rendszer, amely legalább két, önmagában ismert, célszerűen ún. másodfokra kiegyenlített fázisforgató tagot tartalmaz, amelyek a hangszóró membránjához vannak csatolva, és a fázisforgató tagok ismert módon szabad hangtérbe vezető nyílással, illetve nyílásokkal rendelkeznek, amelye nyílás(ok) a membrán elülső sugárzó oldalához képest adott (átlagos) hangút távolságra vannak. A találmány lényege abban van, hogy a legalább két fázisforgató tag oly módon van a membránhoz csatolva, hogy a kisebb (átlagos) hangút távolsággal rendelkező fázisforgató tag közvetlenül, vagy legalább egy akusztikai ellenállásból és/vagy legalább egy segédmembránnal megvalósított kapacitással van csatolva a membránhoz, a többi, nagyobb (átlagos) hangút távolsággal bíró fázisforgató tag pedig legalább egy akusztikai ellenállással és/vagy legalább egy tömeggel van csatolva a membránhoz, s ugyanakkor a két fázisforgató tagnak a csatoló elemek által megszabott keresztelési frekvenciájához tartozó hullámhossz negyede legalább azonos értékű, de legfeljebb négyszeres értékű, mint a kisebb átlagos hangút távolság. Előnyös tulajdonságú a találmány szerinti irányított átalakítóknak azon kiviteli változata, amelyekben a nagyobb hangút távolság legfeljebb négyszerese a kisebb hangút távolságnak. Viszonylag egyszerű felépítést biztosít a találmány azon kiviteli változata, amelyekben mindkét fázisforgató tag RC típusú és a kisebb hangút távolsággal bíró fázisforgató tag közvetlenül, míg a nagyobb hangút távolsággal bíró fázisforgató tag egy parallel kapcsolt akusztikai ellenálláson és tömegesen keresztül van a membránhoz csatolva, úgy, hogy az ellenállás és a tömeg által megszabott időállandó kisebb, mint a hangutak arányával szorzott keresztelési kör-frekvencia reciproka. Előnyös átviteli jellemzőkkel bír a találmány előző kiviteli változata, ha a csatolást végző tömeg értéke kisebb, mint a membrán által képviselt akusztikai tömeg. Előnyös geometriai méreteket biztosít a találmány tárgyának azon kiviteli változata, amelyiknél a kisebb hangút távolsággal bíró fázisforgató tag RC típusú és egy segédmembránnal megvalósított akusztikai kapacitással és egy akusztikai ellenállással van a membránhoz csatolva oly módon, hogy a segédmembrán által képviselt kapacitás nagyobb mint a fázisforgató tag kapacitása. Még szélesebb átviteli sávot biztosít a találmány azon kiviteli változata, mely szerint a nagyobb hangúttal rendelkező fázisforgató taghoz további egyre nagyobb hangúttal bíró fázisforgató tagokat csatolunk oly módon, mint ahogy az első kettő van egymáshoz csatolva.

A találmány szerinti megoldás előnye abban van, hogy hangszóró esetében széles átviteli sávot biztosít, úgy hogy eközben az irányítottságról sem kell lemondani. Igy rossz akusztikájú termekben is

jóminőségű zeneközvetítés biztosíthat, a termék nagy utözengési idejének zavaró hatása nagymértékben csökkenthető.

A találmány szerinti hangsugárzó vagy hangszóró rendszerrel a közvetített műsor tisztasága, zengésmenassége, érthetősége nagymértékben megjavul, a begerjedés veszélye csökken. Sztereo közvetítésnél a sztereo hatás területe megnő. Mikrofonok esetében speciális kivitelű mikrofonra ad lehetőséget, amelynek frekvenciamenete a mélyfrekvenciák felé emelkedő jellegű és ugyanakkor a magas frekvenciás érzékenység változatlan értékű.

A találmány tárgyát a továbbiakban kiviteli példák kapcsán, rajz alapján ismertetjük részletesebben.

Az 1. ábra egy ismert kardiodid hangszóró elrendezést mutat.

A 2. ábra az 1. ábrán bemutatott hangszóró villamos helyettesítő képe.

A 3. ábra az 1. és 2. ábrán bemutatott kardiodid hangszóró relatív átviteli tényezőjének frekvencia menetét ábrázolja.

A 4. ábra egy találmány szerinti kardiodid átalakítót szemléltet.

Az 5. ábra a 4. ábrán bemutatott átalakító villamos helyettesítő képe.

A 6. ábra a 4. és 5. ábrán bemutatott átalakító hangszóró – üzemmódban mutatott relatív átviteli tényezőjének frekvenciamenetét szemlélteti.

A 7. ábra a 4. és 5. ábrán bemutatott átalakító frekvenciamenetét ábrázolja mikrofon üzemmódban.

A 8. ábra egy találmány szerinti kardiodid hangszóró egy másik elrendezését mutatja.

A 9. ábra a 8. ábrán bemutatott hangszóró villamos helyettesítő képét ábrázolja.

Az 1. ábrán egy ismert kardiodid hangszóró elrendezést mutatunk be. Itt a Z_1 membrán mögött, ahhoz csatolva működik az RC típusú R_2 és C_0 akusztikai ellenállás és kapacitásból álló fázisforgató tag, amelyet M_2 akusztikai tömeg egészít ki úgy, hogy ismert módon másodfokra kiegyenlített hálózatot biztosít. A fázisforgató tag szabadba vezető nyílása és a membrán elülső oldala közötti (átlagos) d hangút távolságú. Amennyiben az R_2 akusztikai ellenállás és M_2 akusztikai tömeg elemeket több nyílással valósítjuk meg, úgy a hangút távolságot egy átlagos érték adja meg. A C_0 kapacitást a doboz térfogata adja.

A 2. ábrán az 1. ábra szerinti hangszóró villamos helyettesítő képét mutatjuk be. A jobb érthetőség érdekében a két ábrán azonos jelöléseket alkalmaztunk. A Z_{s1} a membrán sugárzási impedanciáját, Z_{s2} a fázisforgató tag szabadba vezető nyílásának sugárzási impedanciáját jelöli. A fázisforgató tag időállandója ideális kardiodid jellegű görbe esetén ismert módon azonos a hangterjedési idővel, amelyet a d hangút távolságra vonatkoztatunk, azaz $\tau = R_2 C_0 = \frac{d}{c}$. Itt a c hangterjedési sebessége a levegőben. Az időállandó reciproka adja az átviteli tényező frekvencia-menetre jellemző f_h frekvencia helyét éspedig

$$f_h = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi R_2 C_0} = \frac{c}{2\pi d}$$

A 3. ábrán az 1. és 2. ábrán bemutatott kardiodid hangszóró irányítottságából eredő A_i átviteli tényező frekvencia-menetét ábrázoltuk a hangszóró „előre” ($\Theta = 0^\circ$) és „hátra” ($\Theta = 180^\circ$) irányában.

Jól látható, hogy $f < \frac{f_h}{2}$ frekvenciákon az átviteli

tényező 1 érték alá esik $f > 2f_h$ frekvenciákon pedig az irányítottságot jellemző ún. előre-hátra viszony romlik el.

A 4. ábrán bemutatunk egy a találmány szerinti kardiodid irányjelleggörbével rendelkező átalakító példaképpeni kiviteli alakját, míg az 5. ábrán ennek villamos helyettesítő képét ábrázoltuk. A Z_1 membránhoz közvetlenül van csatolva a d_2 hangút távolsággal rendelkező RC típusú fázisforgató tag, amely jelen esetben M_2 akusztikai tömeggel van kiegészítve és így másodfokra ki van egyenlítve. A fázisforgató tag időállandója célszerűen a

$\tau_2 = R_2 C_{02} = \frac{d_2}{c}$, egyenlőséget kielégíti (kardiodid

irányjelleggörbe), ennek megfelelően a jellemző

frekvenciája $f_{h2} = \frac{1}{2\pi\tau_2}$. A d_2 hangút távolságnál

nagyobb d_3 hangút távolsággal rendelkező RC típusú fázisforgató tag, amely ($R_3 C_{03}$ M_3 akusztikai ellenállás, akusztikai kondenzátor és akusztikai tö-

meg elemekből áll, időállandója $\tau_3 = R_3 C_{03} = \frac{d_3}{c}$ és

így $f_{h3} = \frac{1}{2\pi\tau_3}$ egy parallel kapcsolt R_c akusztikai

ellenállással és m_c tömeggel van a Z_1 membránhoz csatolva.

Kiegészítésképpen egy soros r_c tagot is kapcsolunk az m_c tömeghez. Az így kialakított átalakító két fázisforgató tagja és a csatoló impedancia meghatároz egy keresztelési frekvenciát, melynek értéke:

$$f_k = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{d_2 (R_3 + r_c) + d_3 R_2}{d_2 R_3} \cdot \frac{1}{m_c C_{02}}} \sim$$

$$\sim \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{d_3 R_2}{d_2 R_3} \cdot \frac{1}{m_c C_{02}}}$$

Az egyes fázisforgató és csatoló elemek értékeit, azaz az f_k frekvenciát úgy választottuk meg, hogy

a hozzátartozó $\lambda_k = \frac{c}{f_k}$ hullámhossz negyede leg-

alább azonos, de legfeljebb négyszeres értékű, mint

a d_2 hangút távolság, azaz $d_2 \leq \frac{\lambda_k}{4} \leq 4d_2$. Annak

érdekében, hogy az irányítottságot magas frekvenciákon is megtartsuk, célszerűnek bizonyult a csa-

toló impedancia τ_c időállandóját úgy választani, hogy a $\frac{d_3}{d_2}$ hangút viszonytal szorzott keresztvezési kör-frekvencia reciprokánál kisebb legyen. Szám-
szerűen:

$$\tau_c = \frac{m_c}{R_c} < \frac{1}{\frac{d_3}{d_2} \omega_k} \quad \text{ahol } \omega_k = 2\pi f_k$$

Még nagyobb sávzélesség elérésére további fázisforgatókat célszerű csatolni a fentiekkel megegyező módon. Így a d_4 hangút távolsággal bíró RC típusú fázisforgató tagot m_c , r_c és R_c csatoló tömeggel, akusztikai ellenállásokkal csatoljuk az előző fázisforgató taghoz. Erre a csatolásra is fennállnak az első kettő csatolásánál elmondottak. Így értelemszerűen a keresztvezési frekvencia:

$$f_k = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{d_3(R_4 + r_c) + d_4 R_3}{d_3 R_4} \frac{1}{m_c' C_{03}}} \sim \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{d_4 R_3}{d_3 R_4} \frac{1}{m_c' C_{03}}}$$

Z_{s1} a membránnak, míg Z_{s2} , $Z_{s3} \dots$ a fázisforgató tagok szabadba vezető nyílásának sugárzási impedanciáját jelöli. Amennyiben egy fázisforgató tag szabadba vezető nyílását több nyílással valószínűsítjük meg, úgy értelemszerűen ezen nyílások által képviselt $R_2 \cdot m_2$, illetve $R_3 \cdot m_3$ akusztikai ellenállások és csatoló tömegek eredője adja át. Ugyanakkor a nyílásokhoz tartozó hangút távolságok egy átlagos hangút távolságot eredményeznek.

A 6. ábrán bemutatjuk a 4. és 5. ábrán bemutatott átalakító hangszóró üzemmódban mutatott átviteli tényezőjének frekvencia-menetét. Az ábrán jól látható, hogy az egyes fázisforgató tagokat f_k majd f_k' keresztvezési frekvenciánál váltja a nagyobb hangút távolsággal bíró fázisforgató tag. Szaggatott vonallal húztuk be azokat a frekvencia-meneteket, amelyeket váltás nélkül biztosítanak a fázisforgató tagok. Az ábráról egyben az is leolvasható, hogy az egyes keresztvezési frekvenciák könnyűszerrel mérhetők, amennyiben a következő fázisforgató tag működését meggátoljuk. Ez elérhető a csatoló impedancia lezárásával (befogásával), így pl. f_k keresztvezési frekvencia esetében m_c és R_c csatoló tömeg és akusztikai ellenállás (lefedésével). Az A_1 átviteli tényező ingadozása annál

kisebb értékűre tehető, minél kisebb a $\frac{d_3}{d_2}$ hangút

távolságok viszonya. Éppen emiatt bizonyult célszerűnek, ha az egymást követő hangút távolságok

viszonya nem haladja meg a négyet, azaz $\frac{d_3}{d_2} \leq 4$ úgyszintén $\frac{d_4}{d_3} \leq 4 \dots$ stb.

A 7. ábrán bemutatjuk a 4. és 5. ábrán vázolt átalakító mikrofon üzemmódban mutatott

A_1 átviteli tényezőjének frekvencia-menetét. A mikrofon frekvencia-menete a mélyfrekvenciák felé emelkedő jellegű és 6 dB/oktávval emelkedő egyenes körül ingadozik. Szaggatott vonallal most is az egyes fázisforgató tagok frekvencia-menetét ábrázoltuk.

A 8. ábrán egy találmány szerinti kardiod hangszóró másik lehetséges elrendezését mutatjuk be, míg a 9. ábrán ennek az elrendezésnek villamos helyettesítő képét ábrázoltuk. A jobb érthetőség érdekében most is azonos jelöléseket alkalmaztunk.

A Z_1 membránhoz a d_2 hangút távolsággal bíró RC típusú fázisforgató tag, (amely R_2, C_{02} akusztikai ellenállás, akusztikai kondenzátor, és M_2 akusztikai tömeg-elemekből áll) C_c kapacitással és R_{cc} akusztikai ellenállással van a membránhoz csatolva. A C_{cc} kapacitást egy segédmembrán valószínűsíti meg, amelynek értéke célszerűen nagyobb, mint a C_{03} akusztikai kapacitás értéke. A d_3 hangút távolsággal bíró RC típusú fázisforgató tag (amely R_3, C_{03} akusztikai ellenállás és akusztikai kondenzátor és M_3 akusztikai tömegelemekből áll) paralel kapcsoló m_c csatoló tömeggel és R_c akusztikai ellenállással van a membránhoz csatolva. Az m_c csatoló tömeg esetleg r_c ellenállással van még csatlápitva. Mivel egyik fázisforgató tag sincs közvetlenül a membránhoz csatolva, ezért szükségszerűen járulékos C_0 kapacitást kell alkalmazni. Természetesen mind a 4., mind a 8. ábrán bemutatott elrendezés kardiod irányjelleggörbével és annak összes változataival is megvalósítható, kezdve a hyper-kardiod irányjelleggörbétől egészen a közel „8” alakú irányjelleggörbéig. Ennek ismert feltétele az, hogy kardiod jelleggörbe esetében fázisforgató tagok időállandói a hangút távolságokhoz tartozó

futási idővel azonosak legyenek (azaz $\tau = \frac{d}{c}$) míg

hyper-kardiod, vagy közel „8” irányjelleggörbe esetében $\tau \neq \frac{d}{c}$. Az egyenlőtlenség mértéke határozza

meg – ismert módon – az ideális kardiod irányjelleggörbétől való eltérés mértékét.

Szabadalmi igénypontok:

1. Irányított elektroakusztikai átalakító, elsősorban kardiod irányjelleggörbével rendelkező elektrodinamikus, lengőtekerccses hangszóró, illetve hangsugárzórendszer, amely legalább két, önmagában ismert, célszerűen ún. másodfokra kiegyenlített fázisforgató tago(ka)t tartalmaz, a fázisforgató tagok ismert módon a szabadhangtérbe vezető nyílással, illetve nyílásrendszerrel rendelkeznek, amely nyílás, illetve nyílásrendszer a membrán elülső oldalához képest adott hangút-távolságra van, azzal jellemezve, hogy a fázisforgató tagok közül a legkisebb hangút-távolsággal (d_2) bíró tag közvetlenül, vagy akusztikai ellenállással (R_{cc}) és/vagy segédmembránnal megvalósított kapacitással (C_{cc}), mint csatolóelem(ek)kel van a membránhoz (Z_1) csatolva, míg a többi, nagyobb hangút-távolsággal ($d_3, d_4 \dots$) bíró tag legalább egy-egy akusztikai ellen-

állással, (R_c, R_c', r_c, \dots) és/vagy legalább egy-egy csatoló tömeggel (m_c, m_c') mint csatolóelem(ek)kel van a membránhoz (Z_1) csatolva, oly módon, hogy a hangút-távolsággal (d_2 és d_3) rendelkező fázisforgató tag és a csatolóelemek által megszabott keresztelési frekvenciához (f_k) tartozó hullámhossz (λ_k) negyede legalább azonos értékű, de legfeljebb négyszeres értékű, mint a legkisebb hangút-távolság (d_2), azaz

$$d_2 \leq \frac{\lambda_k}{4} \leq 4d_2$$

2. Az 1. igénypont szerinti irányított elektroakusztikai átalakító kiviteli változata, azzal jellemezve, hogy a nagyobb hangút-távolság (d_3) legfeljebb négyszerese a kisebb hangút-távolságnak (d_2), azaz $d_2 \leq d_3 \leq 4d_2$.

3. Az 1. vagy 2. igénypont bármelyike szerinti irányított elektroakusztikai átalakító kiviteli alakja, azzal jellemezve, hogy valamennyi fázisforgató tag RC típusú és célszerűen másodfokra van kiegyenlítve, míg a legkisebb hangút-távolsággal (d_2) bíró fázisforgató tag közvetlenül, külön csatolóelem nélkül, a nagyobb hangút-távolsággal (d_3) bíró fázisforgató tag egy parallel kapcsolt akusztikai ellenállással (R_c) és csatoló tömeggel (m_c) van csatolva a membránhoz (Z_1) oly módon, hogy az akusztikai ellenállás (R_c) és a csatoló tömeg (m_c) által megszabott időállandó kisebb, mint a hangút-távolságok arányával (d_3/d_2) szorzott keresztelési kör-frekvencia (ω_k) reciproka, azaz

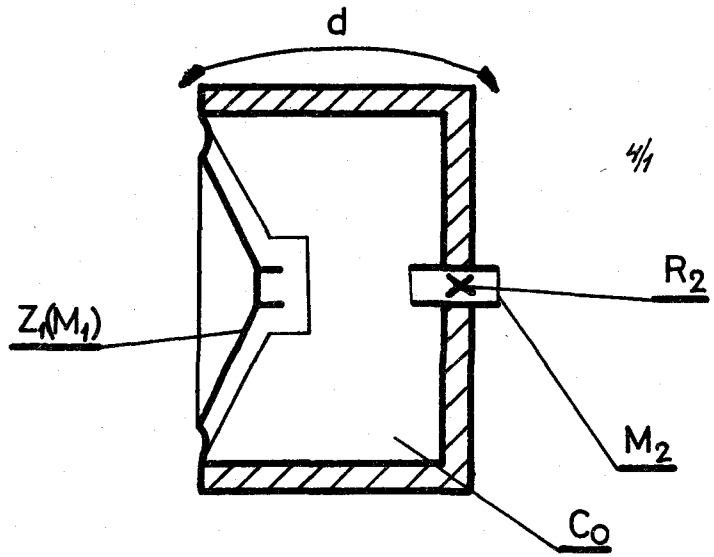
$$\frac{m_c}{R_c} < \frac{1}{\frac{d_3}{d_2} \omega_k}$$

4. Az 1–3. igénypontok bármelyike szerinti irányított elektroakusztikai átalakító kiviteli alakja, azzal jellemezve, hogy a nagyobb hangút-távolsággal (d_3) bíró fázisforgató tagot a membránhoz csatoló tömeg (m_c) értéke kisebb a membrán által képviselt akusztikai tömegnél (M_1) azaz $m_c < M_1$.

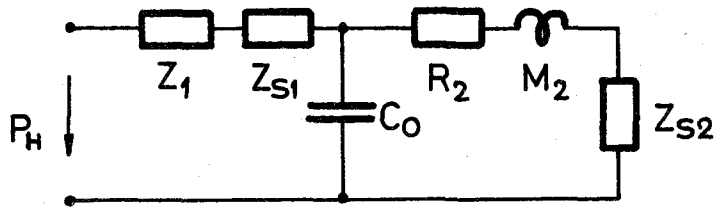
5. Az 1. vagy 2. igénypont bármelyike szerinti irányított akusztikai átalakító kiviteli alakja, amelyenél a fázisforgató tagok RC típusúak, azzal jellemezve, hogy a kisebb hangút-távolsággal (d_2) rendelkező fázisforgató tag egy segédmembránnal megvalósított kapacitással (C_c) és egy akusztikai ellenállással (R_{cc}) van csatolva a membránhoz oly módon, hogy a segédmembránnal megvalósított kapacitás (C_c) nagyobb értékű, mint a fázisforgató tag kapacitása (C_{02}), azaz $C_c > C_{02}$.

6. 1–5. igénypontok bármelyike szerinti irányított elektroakusztikai átalakító kiviteli alakja, azzal jellemezve, hogy több, egymást követően növekvő hangút-távolsággal (d_2, d_3, d_4, \dots) rendelkező RC típusú fázisforgató tagot tartalmaz, amelyek egymás után oly módon vannak egymáshoz csatolva, hogy két, egymást követő fázisforgató tag keresztelési frekvenciájához tartozó hullámhossz negyede legalább megegyezik a megelőző fázisforgató tag hangút-távolságával és legfeljebb ezen hangút-távolság négyszeresével egyenlő.

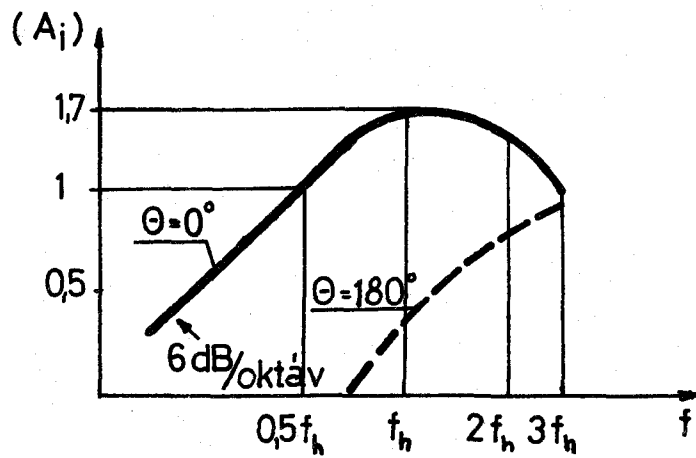
4 rajz, 9 ábra



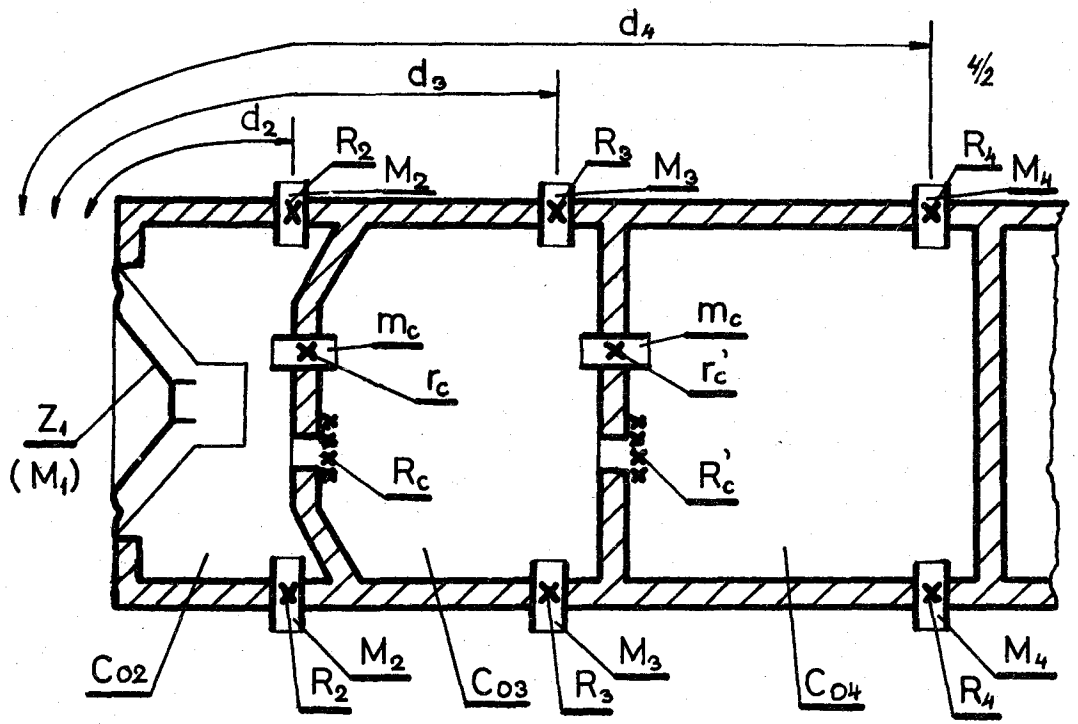
1. ábra



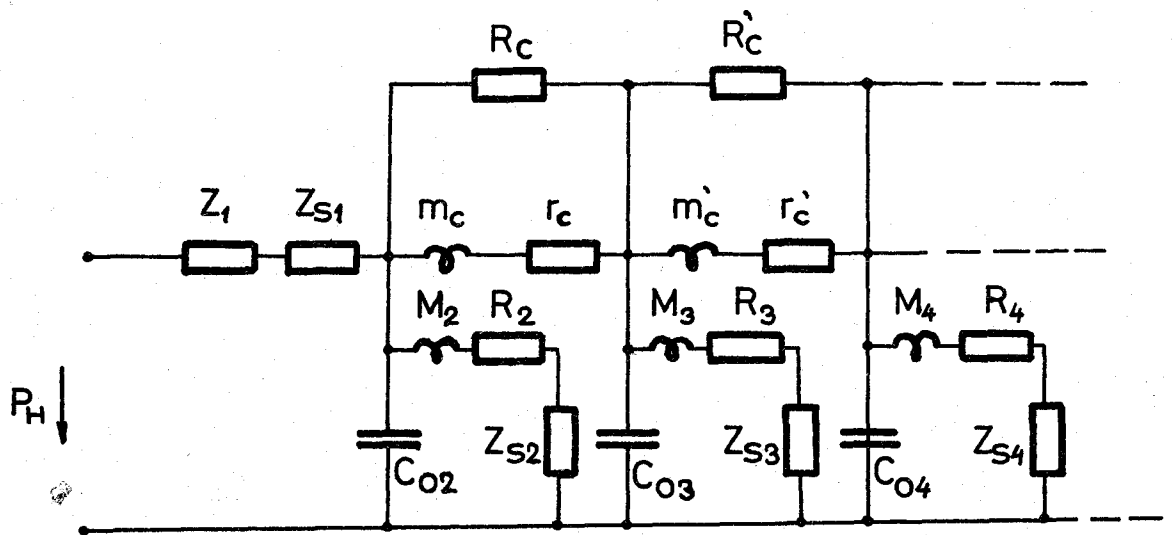
2. ábra



3. ábra

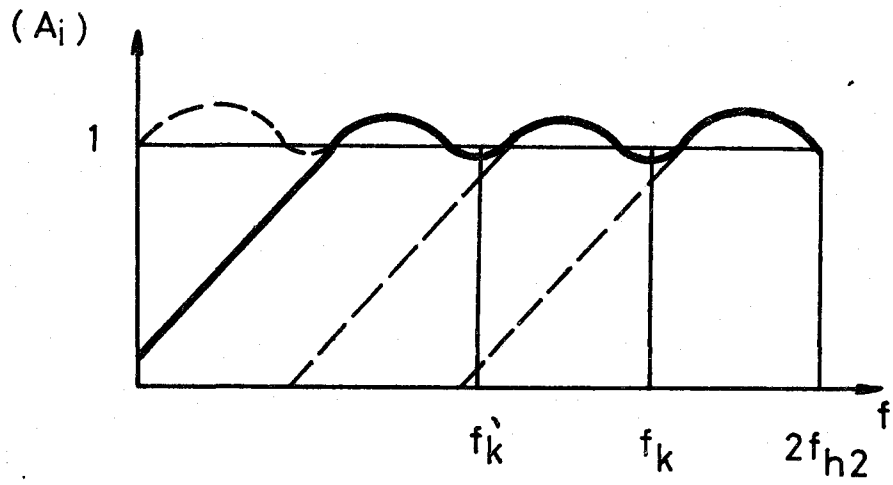


4. ábra

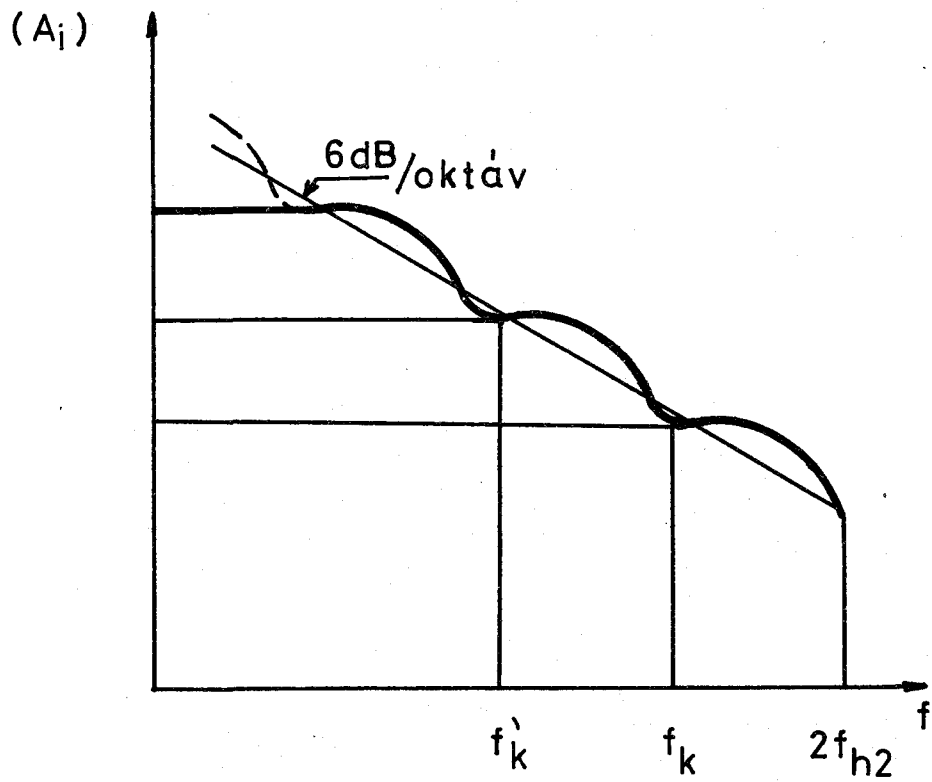


5. ábra

4/3



6. ábra



7. ábra

