

KŐPÓRC

ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZ
ÉS MŰSZAKI
KERÁMIAGYÁRTÓ VÁLLALAT

1106 BUDAPEST, TÁRNA U. 4. * TELEX: 22-5060

PIEZOKERÁMIA ZÜMMÖGŐK

Bevezetés

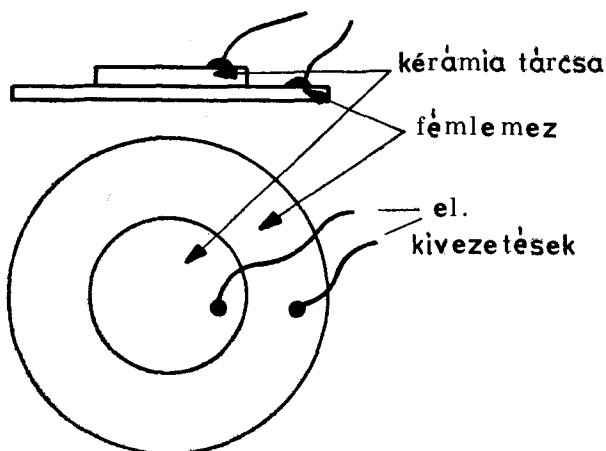
Az angol nyelvű irodalomban buzzer néven ismert hangadó elemeket — zümmögőket — a leggyakrabban az ébresztős karórák zenélő elemeként ismerhetik.

Az utóbbi 4—5 évben az alkatrészpiacon a zümmögők számos változata jelent meg. Felsorolás helyett az irodalomra hivatkozom — [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7] — ahol a típusok ismertetésén kívül az alkalmazás módjára és lehetőségeire is számos példa található.

A zümmögők gyors elterjedésüket annak köszönhetik, hogy kis méret és kis fogyasztás mellett viszonylag nagy hangnyomást produkálnak és elektromos zavarokat nem termelnek. Megbízható és aránylag olcsó termékek.

A zümmögők felépítésüket tekintve három funkcionálisan kapcsolódó részből állnak:

- a hangadó fémkerámia betétből,
- rezonátor dobozból,
- meghajtó áramkörből.



1. ábra. Hangadó betét felépítése

A ZÜMMÖGŐK MŰKÖDÉSE

A hangadó betét felépítése és működése

A hangadó betét (1. ábra) egy fémlemezről és a fémlemezhez ragasztott piezokerámia tárcsából áll. A kerámia tárcsa ragasztott oldali fegyverzete kontaktusban van a fémlemezzel.

Ha egy piezotárcsa fegyverzeteire feszültséget kapcsolunk, a tárcsa megváltoztatja az átmérőjét. Ellentétes irányú feszültséget kapcsolva a tárcsára, az átmérváltozás is ellentétes értelmű lesz.

Jelen esetben — mivel a tárcsa egy fémlemezhez van ragasztva — a tárcsa kitágulása, illetve összehúzódása a tárcsafémlemez együttes meghajlását eredményezi.

Mechanikai szempontból egy ilyen rendszernek a hajlítási rezgésekre nézve számos sajátfrekvenciája van. Ha az elektromos gerjesztés frekvenciája megegyezik valamelyik sajátfrekvenciával, rezonancia lép fel. A legtöbb esetben a kerámia tárcsa és a fémlemez geometriai arányai olyanok, ami lehetővé teszi az alábbi egyszerűsítő elképzelést:

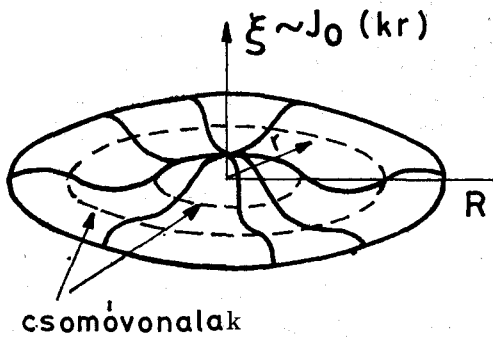
A működés szempontjából a fémlemezt rezgő mechanikai rendszernek tekinthetjük, melynek módusait, sajátfrekvenciáit csak kis mértékben módosítja a ráragasztott kerámia tárcsa. A kerámia tárcsa szerepe csupán a rendszer gerjesztése.

Ha pontosabb képet szeretnénk kapni az ilyen rendszerek működéséről, a lemezek hajlítási rezgéseit kell közelebbről megvizsgálni. (Ezt talán az is indokolja, hogy nemcsak a zümmögők, hanem a piezohangszórók, piezomikrofonok, bizonyos ultrahangadók, illetve -vevők is hasonló elven működnek.)

A jelenséget sokan tanulmányozták. Pl. egyszerű poligonális lemezek rezgéseit [8], illetve azonos átmérőjű piezokerámia és fémlemez rezgéseit [9].

Lemezek hajlítási rezgéseit az (1) egyenlet írja le [10]

$$\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \Delta^2 \xi + \rho h \dot{\xi} - P = 0, \quad (1)$$



2. ábra. Fémlemez forgásszimmetrikus rezgése

ahol:

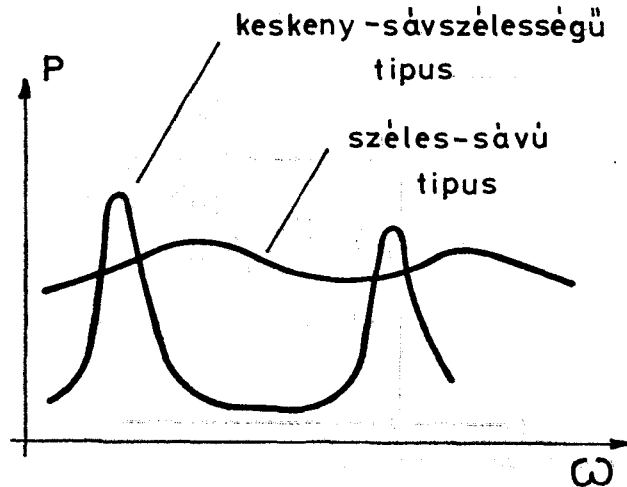
- ξ — a lemez normális irányú elmozdulása;
- E — Young-modulus;
- σ — Poisson-szám;
- ρ — sűrűség;
- h — a lemez vastagsága;
- P — a lemez normálisa irányába ható külső erő (nyomás dimenziójú).

Az (1) egyenlet első tagja a lemez meghajlásából származó normális irányú visszatérítő erőt reprezentálja. A második tag a lemez egységnyi felületének normális irányú gyorsulását adja. P pedig most a lemez és a környező levegő közti kölcsönhatást reprezentáló nyomás. Tehát: $P \sim \xi$.

Ha az (1) egyenletben a P nyomás elhanyagolható a másik két taghoz képest, pl. vastag lemezek esetén, akkor (1) csillapítatlan rezgést ír le. (Kör alakú lemezeknél a perem feltételeket kielégítő megoldás a Bessel-függvényekből állítható össze, amely ismeretében a sajátfrekvenciák meghatározhatók.) Pl. a forgásszimmetrikus rezgések esetén (2. ábra) $\xi \sim J_0(kr)$ és a sajátfrekvenciák:

$$\omega_n = \left(\frac{X_n}{R}\right)^2 \sqrt{\frac{Eh^2}{12\rho(1-\sigma^2)}} \quad (2)$$

Itt X_n a $J_1(x)=0$ egyenlet n -edik gyöke. Gerjesztett rezgések esetén (természetesen kis csillapítással) szá-



3. ábra. Hangadó elemek elméleti hangnyomása

mottevő amplitúdójú rezgés és így $P \sim \xi$ miatt — számottevő hangnyomás csak a sajátfrekvenciák kis környezetében lép fel. Ez a keskenysávú hangadók esete. Ahogy P szerepe nő az (1) egyenletben (pl. a lemezvastagság csökkentésével), úgy válnak a rezonanciagörbék egyre laposabbakká és a hangnyomás a nem rezonáns helyeken is számottevő. Ez a széles-sávú hangadók esete. A viszonyokat a 3. ábra szemlélteti.

A rezonátor doboz

Általában egy szabadon rezgő betét és a levegő között a csatolás elég laza. A rezonátor doboz a betét alkalmas megfogásán kívül a levegő és a betét közti csatolást teszi szorosabbá.

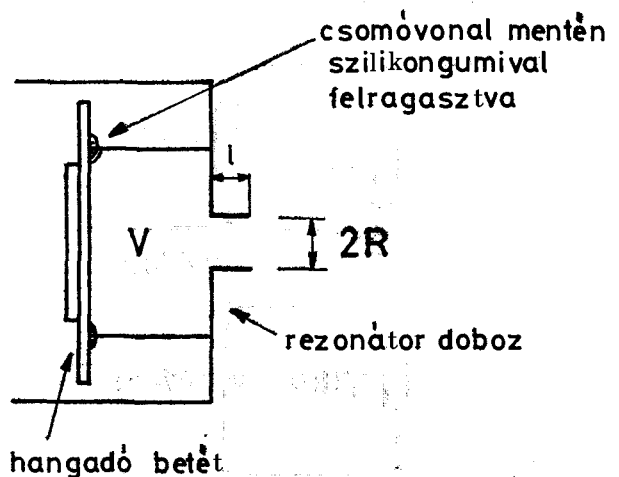
A rezonátor dobozok a Helmholtz-rezonátorok elvén [11] működnek (4. ábra). A működési elv a következő: a V térfogat és a környezet közötti gázcsera kis nyíláson keresztül történik. Ha pl. a V térfogatban a környezethez képest túlnyomás van, a levegő a nyíláson keresztül kiáramlik. Ez az áramlás azonban a levegő tehetetlensége miatt nem szűnik meg a nyomáskülönbség eltűnésével, hanem ellentétes irányú nyomáskülönbséget hoz létre, amely a levegő visszaáramlását idézi elő.

Végül is a rendszer rezgő jellegű, melynek rezonancia frekvenciáját a V térfogat és a nyílás geometriája határozza meg a (3) képlet szerint.

$$\omega = c \sqrt{\frac{R^2\pi}{V(1+\pi/2R)}} \quad (3)$$

ahol: c a hang terjedési sebessége, a többi betű jelentése pedig a 4. ábráról olvasható le.

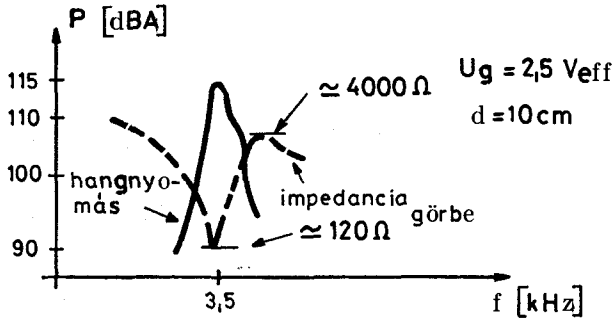
Rezonátordobozt elsősorban a keskenysávú hangadó elemeknél célszerű alkalmazni, ahol a doboz és a betét frekvenciájának megfelelő összehangolása esetén a hangnyomás kb. a kétszeresére nő a rezonátor nélküli esethez képest. Szélessávú hangadó elemek esetében, ha a frekvenciamenet korrekcióra szorul, szintén előnyösen alkalmazható a rezonátor.



4. ábra. Hangadó betét a Helmholtz-rezonátorban

Elektromos sajátosságok és a meghajtás módjai

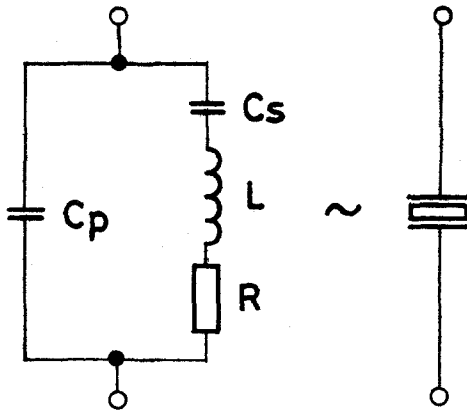
A betét és a rezonátoregyüttes két lényeges jellemzője a hangnyomás és az impedancia jelleggörbe. Az 5. ábrán egy keskenysávú hangadó hangnyomás jelleggörbéje látható.



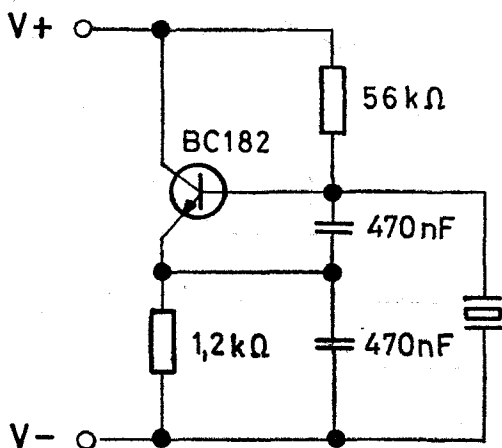
5. ábra. Keskenysávú zümmögő impedancia és hangnyomás jelleggörbéje

A rezonancia frekvencia környezetében a hangadó impedanciájának viselkedését a 6. ábrán látható elektromos helyettesítő képpel lehet figyelembe venni.

A helyettesítő kép alapján a hangadókhöz ugyanúgy kell oszcillátor kapcsolást tervezni, mint a szokványos R-L-C elemekből felépített két pólusúhoz.

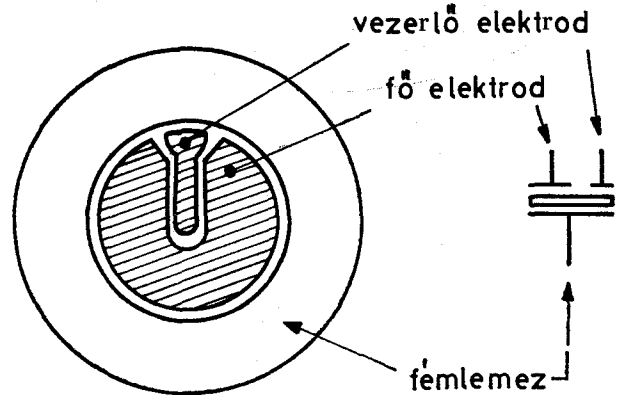


6. ábra. Zümmögők elektromos helyettesítő képe



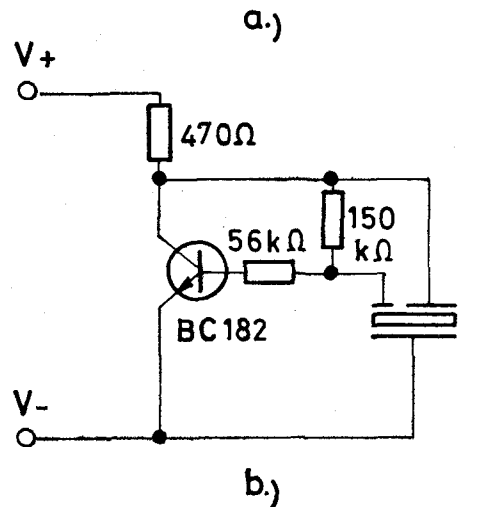
7. ábra. Colpitts-oszcillátor zümmögővel

A 7. ábrán pl. egy Colpitts oszcillátoros hangadó látható. Nagyobb hangnyomás érhető el akkor, ha a piezokerámián osztott fegyverzeteket képeznek ki — pl. a 8. ábrán látható módon — és a kisebbik fegyverzetet visszacsatoló elektródaként használják.



8. ábra. Zümmögő betét visszacsatoló elektródával

A megfelelő kapcsolás a 9a ábrán látható. A 9b ábrán látható megoldás további jelentős — kb. 6 dB — hangnyomás növekedést eredményez, ami a booster tekercs által megemelt kollektor feszültséggel hozható összefüggésbe.



9. ábra. Önzáró oszcillátor áramkörök

a) Egyszerű „R” munkaellenállással

b) Booster tekercssel

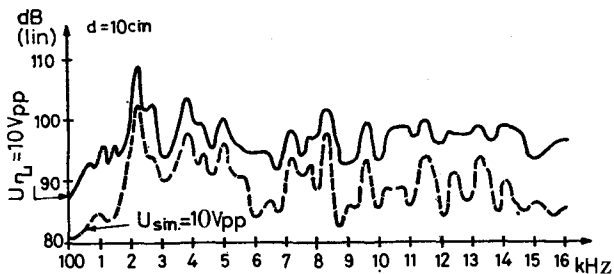
TÍPUSVÁLASZTÉK ÉS ALKALMAZÁS

Jelenleg a KŐPORC három zümmögő típust gyárt. Egy szélessávú elektronika nélküli zümmögőt — a PKZ 42—9.-et és két elektronikával ellátott keskenysávú zümmögőt — a PKZ 36—21.-et és a PKZ 21—13.-at. (Jelölés: PKZ=piezokerámia zümmögő). (Az első szám a doboz átmérője mm-ben, a második szám pedig a doboz magassága mm-ben.)

A PKZ 42—9 típus

A zümmögő geometriai méreteit és legfontosabb műszaki paramétereit — a többi zümmögőével együtt — a cikk végén közöljük. Ez a típus előnyösen alkalmazható azokban az esetekben, amikor egy berendezés előállítja a megfelelő hangfrekvenciás feszültséget, amit „indikálni” kell. Különösen akkor előnyös a típus használata, ha a hangfrekvenciás jel frekvenciája változik. A 10. ábrán a zümmögő frekvencia hangnyomás görbéje látható 10 V_{pp} szinuszos és 10 V_{pp} négyszögjellel való meghajtás esetén. A zümmögő impedanciája a vizsgált tartományban 1 és 10 kohm között van.

Ez a típus mikrofonként is működik, természetesen gyenge frekvenciaátviteli tulajdonságokkal, de elég jó érzékenységgel. (Mérést nem végeztünk, csak kiprobáltuk.) Hangérzékelőnek, vagy játékoknál való felhasználásra alkalmas.



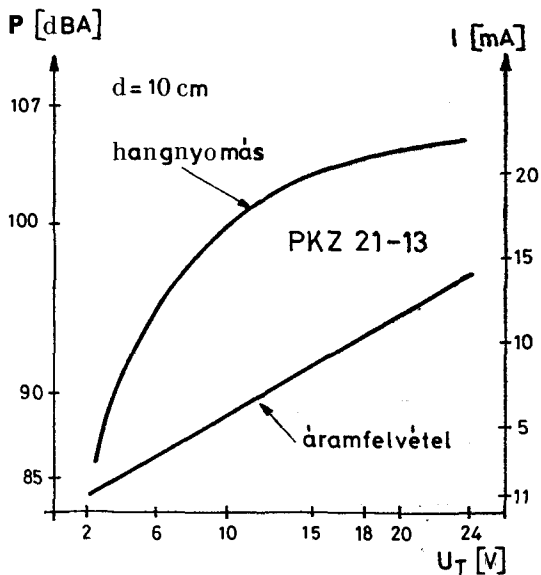
10. ábra. A PKZ 42—9 zümmögő hangnyomás görbéje szinuszos és négyszög meghajtás esetén

A PKZ 21—13 típus

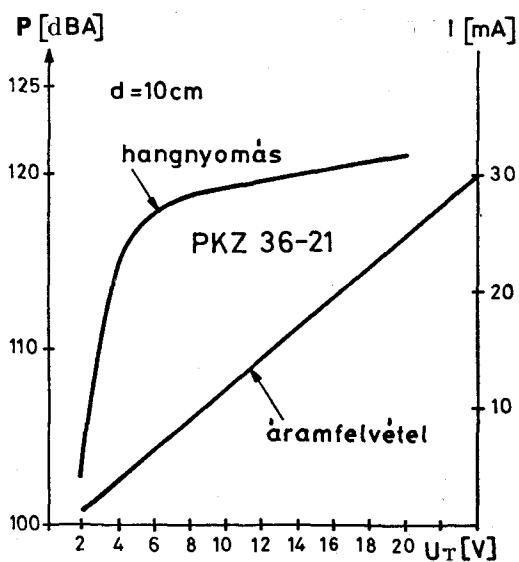
Általános felhasználású, elektronikával ellátott típus. Viszonylag kis méret és kis fogyasztás mellett elfogadható hangnyomást produkál. Felhasználható a műszeriparban számítógépeknél, autókba figyelmeztető vagy kontroll hangjelzések keltésére. A 11. ábrán a típus hangnyomás és áramfelvétele látható a tápfeszültség függvényében.

A PKZ 36—21 típus

Elektronikával ellátott — viszonylag nagy hangnyomású — típus. Viszonylag zajos környezetben is alkalmas figyelmeztető hangjelzések keltésére. A hangnyomás és az áramfelvétel tápfeszültségtől való függését a 12. ábra mutatja.



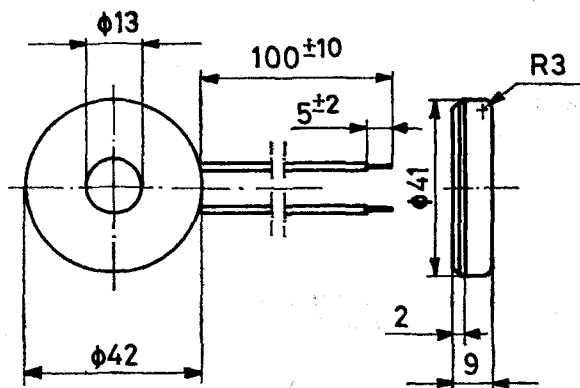
11. ábra



12. ábra

KERATON ZÜMMÖGŐK

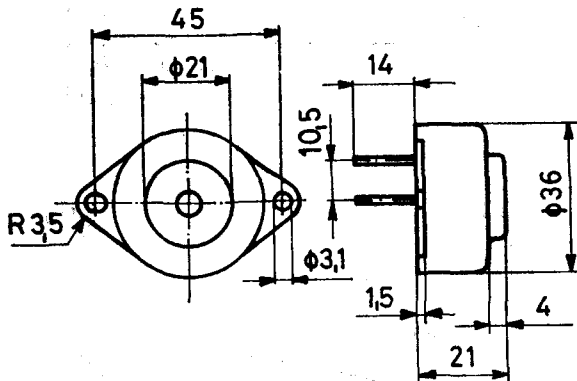
PKZ 42-9 típus



PKZ 42—9 típus

Frekvenciatart.	1,5...16 kHz
Hangnyomás (3 V _{eff} , meghajtó feszültség esetén 0,1 m távolságból tengely- irányban mérve)	90±10 dB
Megengedett feszültség	max. 10 V _{eff}
Kapacitás (1 V-os mérőfeszültséggel 100 Hz- en mérve)	40±10 nF
Klímakategória	10/70/21

PKZ 36—21 típus



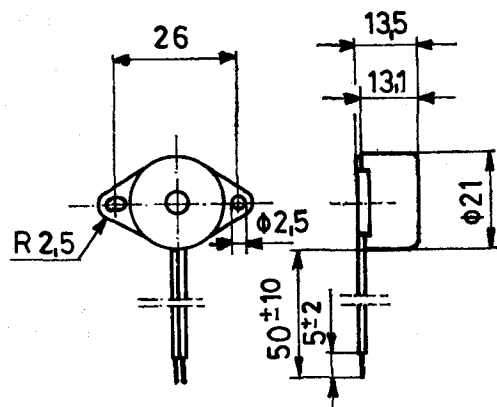
PKZ 36—21 típus

Frekvencia	3,2±0,6 kHz
Hangnyomás (1 m távolságból 10 V feszültséggel tengelyirányban mérve)	95±5 dB
Tápfeszültség	2—20 V
Áramfelvétel (10 V fesz. esetén)	10±3 mA
Klímakategória	10/70/21

PKZ 21—13 típus

Frekvencia	3,2±0,6 kHz
Hangnyomás (0,1 m távolságból 10 V feszültséggel tengelyirányban mérve)	min. 90 dB

PKZ 21-13 típus



Áramfelvétel (10 V fesz. esetén)	7±3 mA
Klímakategória	10/70/21

IRODALOM

- [1] J. Kuwabara; H. Li; N. Yoshida; Y. Suzuki „Piezoelectric Buzzer Applications Expand”. JEE (11) 50—53. 1979.
- [2] Kenroku Tani „Piezoelectric Ceramic Buzzers Achieve High Sound Levels”. JEE (1) 71—74. 1980.
- [3] Kenroku Tani, Toshihiro Yamazoe „Piezoelectric Ceramic Buzzers Achieve High Sound Levels” JEE (2) 74—77. 1980.
- [4] „Piezoelectric Ceramic Buzzers Achieve High Sound Levels”. AEU (6) 84—95. 1980.
- [5] Piezoelectric Buzzer Manual, Piezo Buzzer Application. Murata Mfg. Co., Ltd. 1982.
- [6] Tadashi Takaya „Role of Piezoelectric Speakers. In the Speech Synthesis Era”. JEE (6) 35—41. 1982.
- [7] Electronic Buzzers Moving Rapidly to New Applications. JEE (5) 32—34+73. 1982.
- [8] Toshihiro Irie, Gen Yamada, Kazuo Umesato „Free vibration of regular polygonal plates with simply supported edges”. J. Acoust. Soc. Am. 69 (5) 1330—1336. 1981.
- [9] N. T. Adelman; Y. Stavsky „Flexural-extensional behavior of composite piezoelectric circular plates”. J. Acoust. Soc. Am. 67 (3) 819—822. 1980.
- [10] L. D. Landau; E. M. Lifszitz. Elméleti Fizika VII. Tankönyvkiadó, Budapest, 1973.
- [11] L. D. Landau; E. M. Lifszitz. Elméleti Fizika VI. Tankönyvkiadó, Budapest, 1980.

Dr. Gyarmati Csaba

Fejlesztési főosztályunk (telefon: 573-111/478) várja felhasználóink érdeklődését és mindenkor készséggel áll rendelkezésükre.

