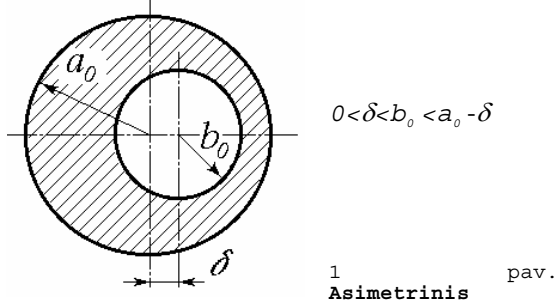


# Asimetrinio pjezinio pjezelemento akustinio lauko teorinis tyrimas

N. Sajauskas, S. Sajauskas

Kauno technologijos universitetas  
K. Donelaičio g. 73, 3006 Kaunas

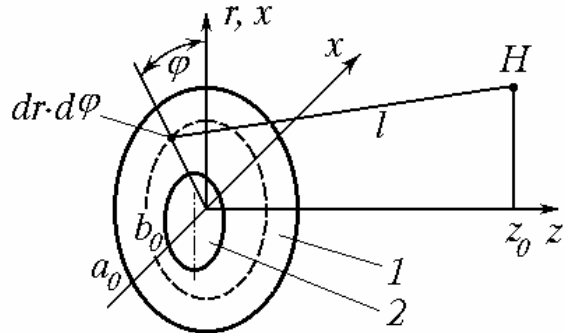
Vienu iš galimų būdų išvengti diskinio pjezelemento pačialinio radialinio virpesio modų yra asimetrinės kiaurymės jame padarymas [1,2]. Diskinis pjezelementas su asimetrine kiauryme (asimetrinis pjezopjėdas) (1 pav.) yra tarpinis variantas tarp pjezolektrinio disko ir pjėdo, todėl jo sukuriama akustiniam laukui aprašyti netinka nei diskinio [3] nei pjėdinio [4] pjezelemento lauką aprašanios lygtys.



1 pjezopjėdas

Asimetrinio pjezopjėdo akustiniam laukui suskaičiuoti pasinaudojome metodika, aprašyta [3]. Ėia akustinis

laukas Frenelio srityje skaičiuojamas pagal lygtis, išvestas iš Reilio formulės, ávertinančias pjezelemento virpesio pasiskirstymą spinduliuojančiame paviršiuje.



2 pav. Asimetrinio pjezopjėdo schema: 1 - pjezopjėdas; 2 - kiaurymė

Asimetrinio plokščiojo pjezopjėdo normuotas akustinio slėgio laukas Frenelio srityje (2 pav.) aprašomas lygtimi

$$p_n(x,z) = \frac{p(x,z)}{p_{max}(x,z)} = \omega \rho c \left\{ \sqrt{\left[ \int_0^{1/2\pi} \int_0^{1/2\pi} \frac{U_1(r) \cos ka_0 l_1}{l_1} R_1 dR_1 d\varphi \right]^2 + \left[ \int_0^{1/2\pi} \int_0^{1/2\pi} \frac{U_1(r) \sin ka_0 l_1}{l_1} R_1 dR_1 d\varphi \right]^2} - \sqrt{\left[ \int_0^{1/2\pi} \int_0^{1/2\pi} \frac{U_2(r) \cos kb_0 l_2}{l_2} R_2 dR_2 d\varphi \right]^2 + \left[ \int_0^{1/2\pi} \int_0^{1/2\pi} \frac{U_2(r) \sin kb_0 l_2}{l_2} R_2 dR_2 d\varphi \right]^2} \right\},$$

ėia  $\omega = 2\pi f$ ,  $f$  - virpesio dabinis;  $\rho$  - terpės tankis;  $c$  - garso greitis terpėje;  $U_1(r), U_2(r)$  - realus

virpesio pasiskirstymai pjezopjėdo ir tariamas pasiskirstymas kiaurymės apertūrose;  $k = 2\pi/\lambda$ ,  $\lambda$  - akustinės bangos ilgis;

$$l_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2 + Z_1^2 - 2R_1 X_1 \cos \varphi},$$

$$l_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2 + Z_2^2 - 2R_2 X_2 \cos \varphi} \quad \text{- lauko}$$

taško atstumas nuo pjezopjėdo paviršiaus taško ir nuo kiaurymės taško,  $R_1 = r/a_0$ ,  $X_1 = x/a_0$ ,

$Z_1 = z/a_0$ ;  $R_2 = r/b_0$ ,  $X_2 = (x+\delta)/b_0$ ,  $Z_2 = z/b_0$  - normuotas pjezopjėdo paviršiaus ir kiaurymės

koordinatės cilindrinėje koordinatėse sistemoje,  $a_0$  ir  $b_0$  - išorinis pjezopjėdo ir kiaurymės radiusai,  $\delta$  - kiaurymės postūmis pjezopjėdo atpvilgiu (1 pav.).

Asimetrinio pjezopjėdo akustinio lauko trimačio pasiskirstymo skaičiavimas reikalauja gana daug kompiuterio resursų, todėl jis buvo vykdomas greitaveikiu IBM - 486/120 MHz kompiuteriu, naudojant profesionalų programų paketą Mathcad 6.0 Plus. Siekiant ávertinti

asimetrinės kiauromės atakà akustiniam laukui Frenelio ( $z \leq z_0 \approx a_0^2/\lambda$ ) srityje, kaip etaloninis buvo suskaičiuotas pjezodisko akustinis laukas, esant  $a_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ ,  $f = 2 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ ,  $a_0/\lambda = 2,66$ ,  $z_0 = 0,533 \text{ m}$ , virpanèio vandenyje ( $c = 1500 \text{ m/s}$ ,  $\rho = 1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ) (3 pav.). Paprastumo dèlei visuose skaièiavimuose priimta, kad virpesiø

pasiskirstymas visame virpanèiame pavirðiuje yra tolygus ( $U_1(r) = U_2(r) = 1$ ). 3a pav. parodytas pjezodisko trimatis akustinis laukas. Nepiûrint á trimaèio akustinio lauko vaizdumà, jo konfiguracijai ir simetriðkumui ávertinti patogesnis yra akustinio lauko atvaizdavimas vienodo lygio lauko linijomis (3b pav.).

a)  
b)

3 pav. Pjezodisko akustinis laukas vandenyje ( $c = 1,5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ ,  $\rho = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ ) Frenelio srityje: a) - trimatis normuoto slègio vaizdas, b) - normuoto slègio vienodo lygio linijø laukas.  $a_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ ;  $f = 2 \cdot 10^6 \text{ Hz}$

a)  
b)

4 pav. Asimetrinio pjezopiedo ( $a_0 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ ;  $b_0 = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ ;  $f = 2 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ ) akustinis laukas vandenyje Frenelio srityje: a) -  $\delta = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ ; b) -  $\delta = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

Asimetrinio pjezopiedo akustinio suskaièiuoti laukai asimetriniø lauko asimetriðkumui ávertinti pjezopiedø su kiaryme ( $b = 0,01 \text{ m}$ ),



DOI: 10.5755/j01.u.26.1.7835