

KAROTÁZS TUDOMÁNYOS MŰSZAKI ÉS KERESKEDELMI KFT.
7634 Pécs, Kővirág u. 39., Tel: 20 9372905, 72 224 999
Fax: 20 9397 905, E-mail: posta@karotazs.hu

Akusztikus Impedancia mérésekhez alkalmazásfejlesztés

Projekt azonosítószáma: GOP-1.3.1-11/C-2012-0458

**Alkalmazásfejlesztési kitekintés, Komplex Elektromos
Impedancia Mérő eszköz lehetséges akusztikus alkalmazási
lehetőségei**

(összefoglaló tanulmány, mérési eljárások,
alternatívák kidolgozására, jeladók, érzékelők kiválasztásához)



Pécs, 2012. január 01. – 2012. február 28.

Szerkesztette:

**Vizvári Zoltán Ákos
okl. környezetmérnök**

Jóváhagyta:

**Henézi Ferenc
projektvezető**

Tartalomjegyzék:

1. Előzmények.....	3
2. Bevezetés.....	4
3. Akusztikus rezgés terjedésének leírása [8].....	5
4. Lehetséges jeladók, érzékelők összefoglalása.....	7
4.1. Geofizikai vizsgálatok.....	7
4.1.1. Fúrólukokban.....	7
4.1.2. Felszíni geofizika, mikroszeizmika [1].....	7
4.2. Akusztikus vizsgálatok folyadékokban, reaktorteknika (akusztikus tomográfia és hőmérséklet tomográfia ultrahanggal).....	9
4.3. Léghang akusztikai vizsgálatok (teremakusztika és fülvizsgálat).....	10
4.3.1. Teremakusztikai vizsgálatok.....	10
4.3.2. Fülvizsgálatok.....	12
4.4. Illesztő egységek.....	12
5. Geofizikai célú akusztikus vizsgálatok.....	14
5.1. Hangterjedés szilárd anyagokban [10].....	14
5.2. Akusztikus vizsgálatok fúrólukokban, karotázs.....	15
5.2.1. Méréstervezés.....	15
5.3. Akusztikus vizsgálatok földfelszínen, mikroszeizmika.....	15
5.3.1. Méréstervezés.....	15
6. Akusztikus tomográfia folyadékokban.....	16
6.1. Hangterjedés folyadékokban [10].....	16
6.2. Tomográfiás mérések, méréstervezés [7].....	17
7. Léghang akusztika.....	20
7.1. Lineáris és nem lineáris átviteli tulajdonságok elemzése [8].....	20
7.2. Akusztikus rezgés terjedése levegőben [10].....	21
7.3. Rezonancia jelensége az akusztikában [8].....	22
7.4. Méréstervezés.....	24
8. Méréskiértékelés.....	26
8.1. Hangszintmérés [7].....	26
8.2. Saját mérések kiértékelése.....	27
8.3. Eredmények becslése.....	28
8.3.1. Vizes akusztikus mérések.....	28
8.3.2. Léghang akusztikai mérések.....	28
9. Javaslatok, alkalmazási lehetőségek.....	30

1. Előzmények

A Karotázs Tudományos Műszaki és Kereskedelmi Kft. pályázatot nyert mérőműszer család fejlesztésére. A projekt száma GOP-1.3.1-09/A-2009-0051, címe „Elektromos Impedancia mérésre termékcsoport fejlesztés”, időtartama 2010.03.01 – 2012.10.31.

A kifejlesztett mérőeszközeink főbb paraméterei:

Alkalmazott mérési elv: áram- vagy feszültséggenerátoros gerjesztés, feszültségmérés, detektálás csatornánként digitális lock-in erősítővel

Mérőeszközök felépítése: max. 8 csatornás modulokból,

Maximális csatornaszám (1 eszköz esetében): multiplexálási lehetőségek csatornaszám növelése céljából: 2x8 csatorna multiplexálva idővesztés nélkül, multiplexer hozzáillesztésével minden csatorna esetében 8 multiplexálási lehetőség, tehát összesen 2x8x8, ami maximálisan 128 csatornás mérést tesz lehetővé. Az egyes 8/16/64/128 csatornás egységek master-slave elv felhasználásával elvileg tetszőleges számú EIT eszközzé bővíthetők.

Mérési tartomány: 1 Ohm-100 MOhm és 0-90 fok,

Rendszer pontosság (mérési paramétereiktől függően) minimum: 1 ppm (impedancia abszolút érték) és +/-0,01 fok

Periódushoz szinkronizált, precíz online 12 bit felbontású DC mérés, impedancia mérés ideje alatt

Mérő frekvencia tartomány: 0,01 Hz – 90 kHz,

Az elektromos Impedancia Spektrum (EIS) felbontóképessége az értelmezési tartományban: 0.01 Hz.

Kimenő áram tartomány: 10 μA_{p-p} - 50 mA_{p-p} ,

Kimenő feszültség: 10 mV_{p-p} -10 V_{p-p} ,

Impedancia mérés esetén lehetőség van két ponton egy időben 4 frekvencián mérni, valamint egy frekvencián sok ponton mérni.

Lehetőség van egy időben két csatornán mért jel FFT spektrumának mérésére

Impedancia valós és képzetes rész kimenet: 2x48 bit felbontás

Minden paraméter PC programból állítható, programozható.

Az említett projektünkre épülő kutatás-fejlesztési projekt (GOP-1.3.1-11/C-2012-0458) címe „Akusztikus Impedancia mérésekhez alkalmazásfejlesztés”, időtartama: 2012. 11.01. – 2012.10.31.

2. Bevezetés

Akusztikus impedancia: bármely közeg akusztikus impedanciája: hasonlóan az elektromos impedanciához az inhomogén extenzív (nyomáskülönbség) és az létrejött intenzív (részecskesebesség) aránya: $Z = p/c$. A reflexió kizárólag két különböző akusztikus impedanciájú közeg határfelületén jön létre.

Célkitűzés: a fennálló analógiák alapján, az EI fejlesztések berendezéseinek kisebb mértékű átalakításával alkalmassá tenni Akusztikus Impedancia (AI) mérésekre.

Várható hasznosítás: különböző alkalmazásfejlesztésekhez saját szolgáltatások, eladható berendezések, mérési módszerek kifejlesztése az elektromos impedancia mérések kiegészítése, egymás alternatívájaként.

Tervezett felhasználási területek:

1. Karotázs: akusztikus mérések, VSP, Akusztikus mérések (10-25 kHz, 1-5 W), VSP (5 – 500 Hz, 50-500 W sekély),
2. Felszíni geofizika, környezetvédelem, mérnökgeofizika, monitoring:

Felszíni forrásból kibocsátott és a reflektált akusztikus hullámok kutakban, fúrásokba, különböző mélységekben, geofonokkal (hidrofonokkal) való rögzítése. Porózus képződményeknél függ a porozitás mértékétől, és a pórust kitöltő anyagtól is. A szeizmikus kutatásoknál 10 Hz és néhányszor 100 Hz közötti a gerjesztő frekvencia.

3. Műszaki akusztikus vizsgálatok amplitúdó fázis vizsgálatok

A műszaki akusztikus vizsgálatokat csoportosíthatjuk esetünkben aszerint, hogy a akusztikai teret milyen közegben hozzuk létre. E szerint:

- Akusztikus vizsgálat folyadékokban: a folyadékbeli akusztikus nyomástér kialakulását vizsgáljuk tomográfiásan.
- Teremakusztikai vizsgálatok: zárt térben létrehozott akusztikai tér jellemzőinek a vizsgálata energiatárolók észrevétele, rezonanciák kimutatása (wobler és tomográfiás méréssel)
- Akusztikus impedancia vizsgálatok hangszerek esetében: napjainkban az akusztikus impedancia mérés egyik legelterjedtebb alkalmazási területe, fúvós hangszerek akusztikus impedanciájának spektrális elemzése.

4. Hallásvizsgálat

Az akusztikus impedancia-vizsgálat a dobhártya és hallócsontláncolatnak a hangrezgésekkel szembeni ellenállását elemzi. Egy mikrofont és egy folyamatos hangot kiadni képes hangforrást tartalmazó eszközt illesztenek a hallójáratba.

Az eszköz alkalmazásának nagyon nagy előnye egyben a hátránya is, hiszen a lock-in technika alkalmazása egy olyan szemszögű vizsgálatot tesz lehetővé, ami eddig a szakmai gyakorlatban nem volt bevett szokás. E szerint amíg a szakma az akusztikus vizsgálatokat időtartományban vizsgálta (idő mérés, sebességek számítása), addig a mi eszközünk nem impulzusos, hanem időben stacionárius akusztikus terek vizsgálatát teszi lehetővé a két paraméter (csillapítás és fázis) mérésével.

3. Akusztikus rezgés terjedésének leírása [8]

Ha a rezgés forrása pontszerű és a térben (pl. a levegőben) a rezgés minden irányban akadálytalanul terjedhet, akkor gömbhullámok jönnek létre. Kellően nagy távolságra a forrástól az azonos fázisú gömbfelületek már alig görbülnek, így ezeket már síkhullámoknak tekinthetjük.



3.1 ábra: A térben kialakuló rezgéstér (gömbhullámok) pontforrás esetében

A rezgés terjedésének nagyon fontos paramétere az intenzitás. Definíció szerint az intenzitás a felületegységen áthaladó (rezgés)energia átlaga, ahol a felület merőleges a terjedésre, az időegység pedig a másodperc. Más szóval, az intenzitás 1 m^2 felületen, 1 s alatt átáramlott (átlag)energia.

A hangnyomással és a részecskesebességgel megadva:

$$i = p v \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (3.1)$$

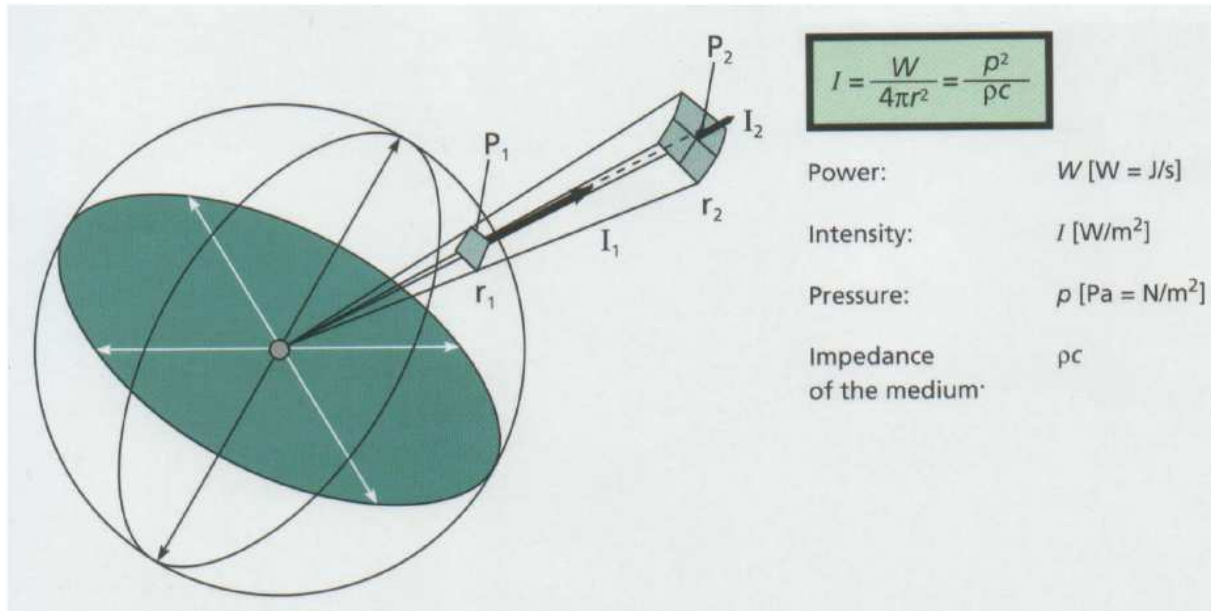
Az intenzitás teljesítmény-jellegű mennyiség, továbbá vektoriális, iránya is van. Az irány a részecskesebességből öröklődik, hiszen a nyomás skaláris mennyiség. Ha a terjedés iránya nem egyezik meg az intenzitás vektor irányával, akkor az eltérés szögének koszinuszával is be kell szorozni az értéket.

Az intenzitás definíciójában az energiát és a teljesítményt is bevehetjük, hiszen a kettő arányos egymással. A definíció szerinti mértékegység az energiát helyettesítve: $\text{J/m}^2\text{s}$ lenne, hiszen ez pontosan megfelel a m^2 -en másodperc alatt átáramlott energiával. Azonban egyszerűbb a J/s -ot W -al helyettesíteni. Az intenzitás megadási formái különböző rezgéstér esetében:

$$I_{\text{haladó síkhullám}} = P^2/\rho c = \rho c v^2 \quad (3.2)$$

$$I_{\text{diffúz hangtér}} = P^2/4\rho c \quad (3.3)$$

Az intenzitás megjelenítése. A hangteljesítmény (W) a kisugárzott teljes energia nagysága másodpercenként. Az intenzitás az energia áramlása felületegységen. A hangteljesítmény a forrásra jellemző és független a mérési pont távolságtól ellentétben a hangnyomásszinttel és az intenzitással. Szabadtéri terjedésnél a sugár (távolság) duplázásával az intenzitás negyedére, a hangnyomásszint felére esik. Az intenzitás vektoriális mennyiség.



3.2. ábra: Akusztikus rezgés terjedésének energiaviszonyai gömbszimmetrikus akusztikus tér esetében

Ezekben a képletekben P a hangnyomás effektív értéke. A legegyszerűbb szinuszos esetben az effektív érték a csúcserték gyököttes része. A hanghullámnak van mozgási energiája (a részecskesebesség miatt) és potenciális energiája is (a nyomás miatt), és ez az energia hangsebességgel terjed. Az energiasűrűség megadja a térfogategységre eső energiát:

$E = \text{energia/térfogategység}$ [Ws/m^3].

Síkhullámra a végeredmény egyszerű:

$$E_{\text{síkhullám}} = \frac{P_{\text{RMS}}^2}{\rho \cdot c} \quad (3.4)$$