

## KOMPARATIVNA MJERENJA NA HIDROAKUSTIČKIM PRETVARAČIMA

**Siniša Fajt,**

suradnik Akademije tehničkih znanosti Hrvatske,  
Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu,  
[sinisa.fajt@fer.hr](mailto:sinisa.fajt@fer.hr)

**Branko Somek,**

emeritus Akademije tehničkih znanosti Hrvatske,  
Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu,  
[branko.somek@fer.hr](mailto:branko.somek@fer.hr)

**Miljenko Krhen,**

Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu,  
[miljenko.krhen@fer.hr](mailto:miljenko.krhen@fer.hr)

**Sažetak:** Mjerenja na hidroakustičkim pretvaračima u vodi su vrlo složena. Zahtijevaju posebnu mjernu opremu, kao i posebne mjerne prostore (npr. gluhi bazen). Uz to, i mehanička konstrukcija samih hidroakustičkih pretvarača mora biti u potpunosti završena kako bi se mogla provesti mjerenja u vodi. Zato je korisno prije završetka radova na hidroakustičkim pretvaračima provesti probna mjerenja u zraku, i na temelju tih mjerenja zaključiti, da li je konstrukcija mehaničkog pretvarača ispravna, i da li zadovoljava osnovne zahtjeve postavljene pri konstrukciji.

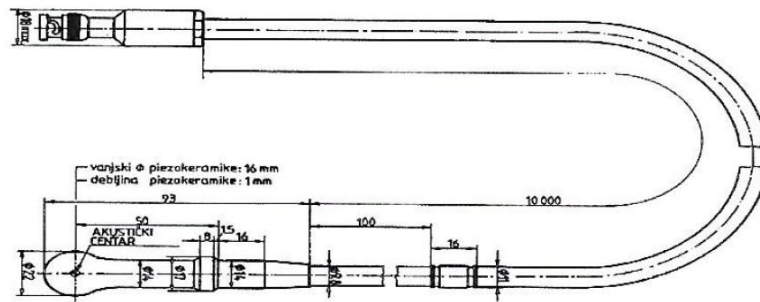
### 1. Uvod

U hidroakustičkim uređajima, u ovisnosti o namjeni i uvjetima eksploatacije, upotrebljavaju se pretvarači koji se razlikuju po parametrima i karakteristikama u režimu zračenja i prijema, frekvencijskom području, načinu pretvaranja energije, po strukturi titrajnih sustava, konstrukciji, težini, dimenzijama i dr. Kako bi se najpotpunije ispunili zahtjevi za projektiranje hidroakustičkog pretvarača (HAP), potrebno je riješiti niz pitanja, posebno pitanja izbora aktivnog elementa, titrajnog sustava, osiguranja mehaničke i električne čvrstoće, tehnološki i ekonomski racionalne konstrukcije, i dr. Kod konstrukcije HAP-a potrebno je poznavati sve početne elemente za projektiranje. Prvenstveno treba poznavati sve tehničke zahtjeve, kao što su namjena, režim rada (zračenje ili prijem), frekvencijsko područje, usmjerenost, osjetljivost, maksimalna radna dubina itd. Napomenimo da je jedan broj zahtjeva i proturječan, i može se rješavati samo kompromisom. U praksi se najčešće razmatra nekoliko varijanti, i onda se obično izabere ono rješenje koje najbolje zadovoljava postavljene zahtjeve s obzirom na korisnost, tehnologiju proizvodnje i posebnost objekta na koji se ugrađuje. Tako smo došli do problema da za sva preliminarna ispitivanja na pretvaračima, ako ih želimo provesti u vodi, moramo do kraja riješiti problem mehaničke konstrukcije HAP-a (potpuno brtvljenje i otpornost na vodu), iako još nismo sigurni da ćemo upravo takvu konstrukciju moći i koristiti. Također je prisutan i problem mjerne opreme predviđene za posebna mjerenja u vodi, kao i problem odgovarajućeg prostora za mjerenja (gluhi bazen). Zato je korisno provesti mjerenja na pretvaračima u zraku, jer je to puno jednostavnije i jeftinije nego u vodi, i na osnovu tih mjerenja uvidjeti eventualne greške u konstrukciji. Međutim, treba imati u vidu da su rezultati mjerenja na pretvaračima u zraku, koji su inače predviđeni za rad u vodi, vrlo ograničeni i vrijede za uče frekvencijsko područje. Također treba imati u vidu i različitost karakteristika medija (zraka i vode).

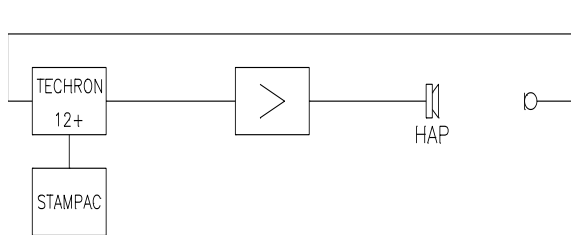
### 2. Opis inovacije

Mjerenja na hidroakustičkim pretvaračima spadaju u grupu hidroakustičkih mjerenja, kojima se općenito određuju parametri akustičkog polja u vodenoj sredini i karakteristike hidroakustičkih uređaja i pretvarača. Za hidroakustička mjerenja potreban je određeni komplet korektno kalibrirane mjerne opreme. Kalibracija je posebna grana mjerne tehnike, pod kojom razumijevamo općenito mjerni proces kojim dobijemo točnu količinsku ocjenu određenih parametara mjernog uređaja. U osnovna mjerenja na hidroakustičkim pretvaračima spadaju: mjerenje osjetljivosti pretvarača, mjerenja karakteristike usmjerenosti, mjerenje frekvencijske karakteristike i mjerenje električne impedancije. U sklopu naših istraživanja izvršili smo ispitivanja na mjernim pretvaračima čije karakteristike u vodi točno znamo. To su mjerni pretvarači Brüel&Kjær BK8105, čija je mehanička konstrukcija prikazana na sl.1. i Massa TR14A. Pretvarač BK8105 je kuglasti, dok je TR14A cilindrični. Mjerali smo ih u režimu predaje, i to na dva načina, kako bismo bili sigurni u vjerodostojnost dobivenih rezultata, a istovremeno mogli i usporediti rezultate dobivene na više načina. U prvom slučaju smo

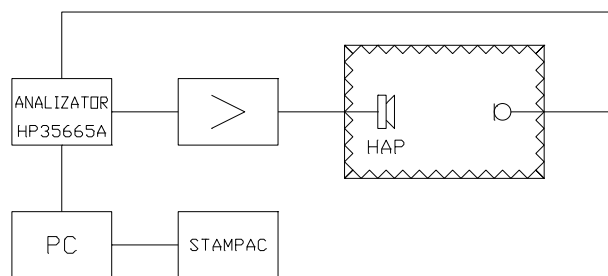
mjerjenja vršili TDS metodom (Time Delay Spectrometry), pomoću uređaja Techron 12+, prema blok shemi na sl.2. Drugo mjerjenje smo radili s analizatorom HP35665A, u gluhoj komori, sl. 3.



Sl. 1 Mehanička konstrukcija BK8105

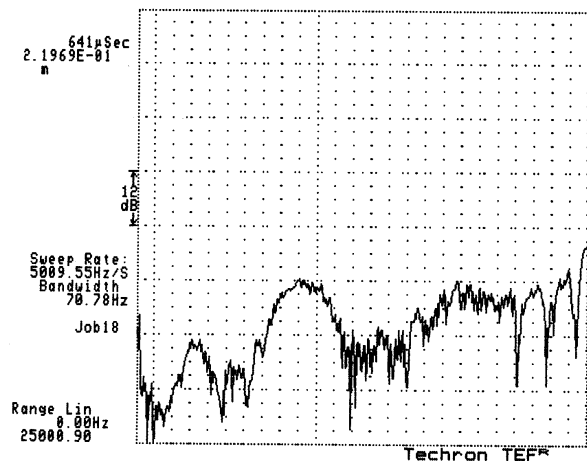


Sl. 2 Blok shema mjerenja TDS metodom

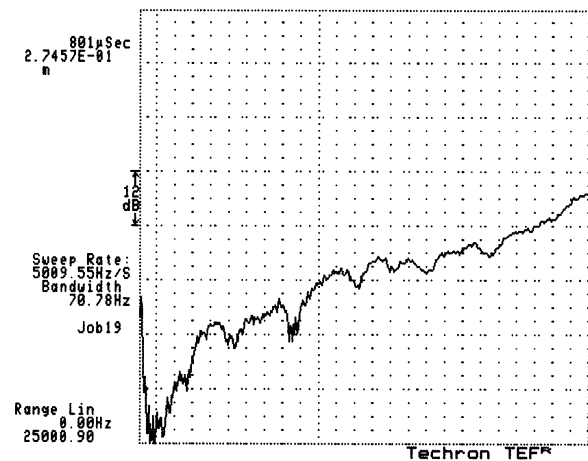


Sl. 3 Blok shema mjerenja s HP35665A

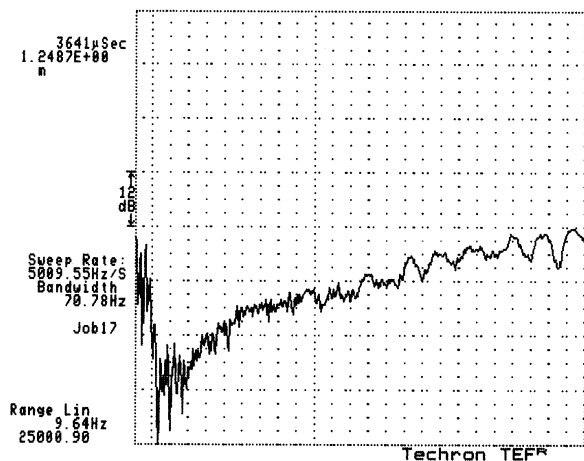
Rezultati tih mjerjenja prikazani su u dijagramima. Na sl. 4 i 5 prikazane su frekvencijske karakteristike HAP-a B&K8105 u režimu zračenja mjenog u zraku TDS metodom. Sl. 6 i 7 prikazuju rezultate istih mjerjenja (TDS), ali HAP-a TR14A, i to pod različitim kutevima ( $0^\circ$  i  $90^\circ$ ) u odnosu na os, u frekvencijskom području 0 - 25 kHz. Sl. 8 i 9 prikazuju frekvencijske karakteristike istih pretvarača, mjenjenih pod istim uvjetima s analizatorom HP35665A, u gluhoj komori. Frekvencijsko područje je od 10 Hz do 25 kHz.



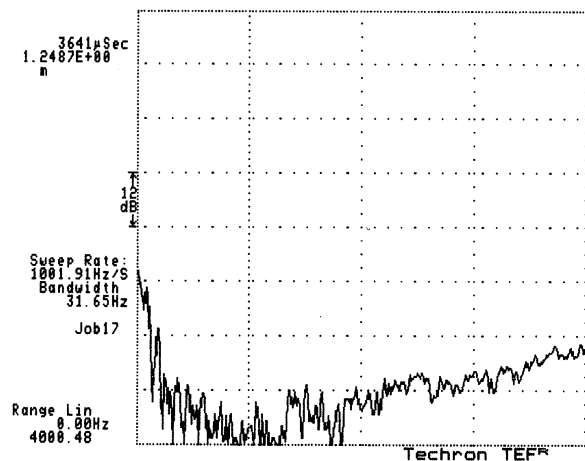
Sl. 4 Frekvencijska karakteristika HAP-a BK8105 u području 9 Hz do 25 kHz



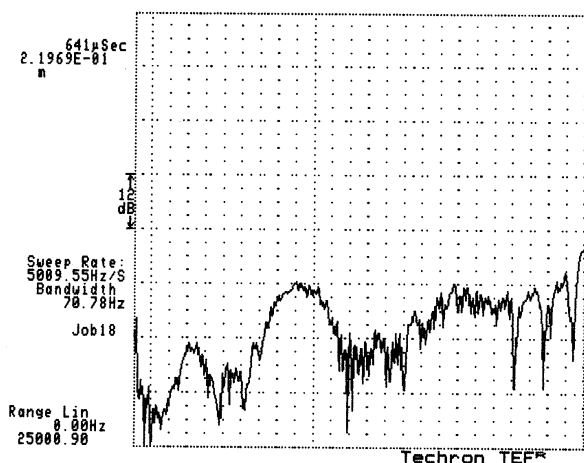
Sl. 5 Frekvencijska karakteristika HAP-a BK8105 u području 0 do 4 kHz



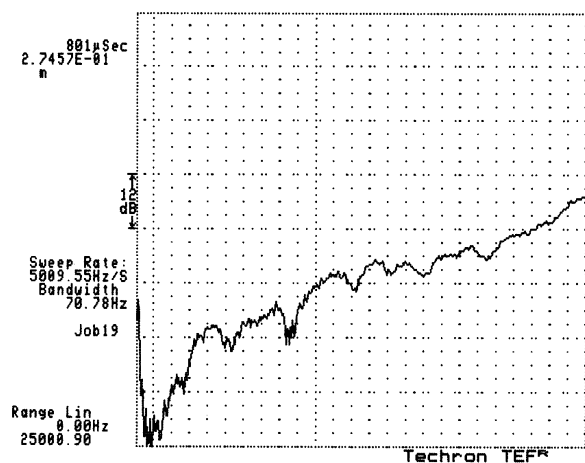
Sl. 6 Frekvencijska karakteristika HAP-a TR14A 0° u odnosu na os



Sl. 7 Frekvencijska karakteristika HAP-a TR14A 90° u odnosu na os



Sl. 8 Frekvencijska karakteristika HAP-a BK8105



Sl. 9 Frekvencijska karakteristika HAP-a TR14A

### 3. Zaključak

Na temelju dobivenih rezultata mjerenja u zraku na hidroakustičkim pretvaračima poznatih karakteristika, možemo vidjeti da rezultati dobiveni u zraku ne odgovaraju onima dobivenim u vodi. To je i očekivani rezultat s obzirom na različitost sredine rada (voda-zrak). Rezultati dobiveni mjerenjem na najjednostavniji način, u zraku, ukazuju nam da li konstrukcija približno odgovara postavljenim zahtjevima, prije završne obrade hidroakustičkog pretvarača, kada više nisu moguće nikakve promjene. S druge strane, ova mjerenja nam također pokazuju ispravnost mjernih metoda, jer se rezultati dobiveni na istim pretvaračima podudaraju. Podudarnosti rezultata dobivenih različitim metodama ukazuju nam na prednost TDS metode, koja ne zahtijeva posebne mjerne uvjete i prostore. Izmjerene karakteristike hidroakustičkih pretvarača u zraku se mogu koristiti u kontroli kvalitete i ispravnosti mehaničke konstrukcije kod serijske proizvodnje, što je bio i cilj naših istraživanja koji je korišten u praksi tijekom izradbe hidroakustičkih pretvarača.

### Literatura

- [1] Ž. Lazarević: Tehnička hidroakustika, Split 1987.
- [2] P.J. Kielczynski, W. Pajewski, M. Szalewski: Ring Piezoelectric Transducers Radiating Ultrasonics Energy into the Air, IEEE Trans. on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, Vol. 37, January 1990.
- [3] Brüel& Kjær: Instruction Manual, Hydrophones Types 8105, 8103, 8104, 8105, Copenhagen, 10/ 1986.