

ELEKTROAKUSTIKA

Ugrađivanje zvučnika

prof. dr Zoran Milivojević

mr Danijela Aleksić, predavač

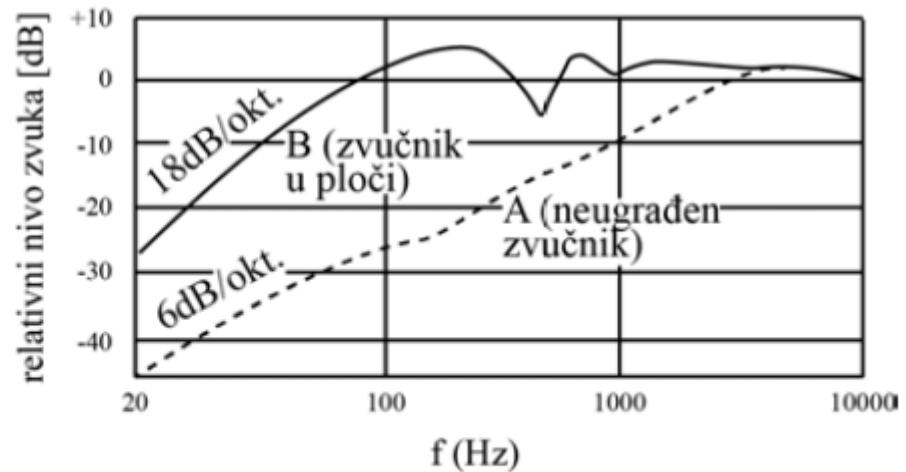
Neugrađen zvučnik

Membrana zvučnika zrači zvučne talase sa svoje obe strane, prednje i zadnje. To zračenje je u protivfazi, kako je šematski prikazano na slici 7.19a. Zvučni talasi koji nastaju na jednoj strani membrane stižu, oko zvučnika, do druge strane membrane gde se poništavaju sa protivfaznim zvučnim talasima koji tamo nastaju. U tom slučaju kažemo da je došlo do *akustičkog kratkog spoja* i zračenje zvučnika je oslabljeno, tim više što se radi o nižim frekvencijama, kriva A na slici 7.19b.

a)



b)



Slika 7.19 – Zračenje zvučnika na niskim frekvencijama: a) akustički kratak spoj, b) frekvencijske karakteristike neugrađenog (A) i zvučnika u ploči (B).

Neugrađen zvučnik

Da bi se popravila reprodukcija niskih frekvencija zvučnici se ugrađuju u tzv. akustičke zastore - ploče ili kutije. Na taj način se razdvaja zračenje prednje i zadnje strane membrane, eliminiše se akustički kratak spoj, i proširuje se radni opseg zvučnika prema niskim frekvencijama, kriva B na slici 7.19b.

Zvučnik zajedno sa elementom u koji je ugrađen (ploča, kutija) radi poboljšanja svojih karakteristika zračenja, čini zvučnički sistem ili zvučničku kombinaciju. Složeniji zvučnički sistemi u svome sastavu imaju više zvučnika i određene elektronske sklopove kao što su: skretnice, oslabljivači, korektori, zaštitna kola itd. Oni zvučnički sistemi kod kojih membrana i drugi zračeći elementi (bas-refleks kanal, pasivni radijator itd.) prenose akustičku energiju direktno u prostor (bez bilo kakvih prilagođivača akustičke impedanse) nazivaju se zvučničkim sistemima sa direktnim zračenjem. Među njima su najpoznatiji: zvučnički sistemi sa zvučnikom u ploči, zvučnički sistemi sa zatvorenom kutijom, zvučnički sistemi sa bas-refleks kutijom, zvučnički sistemi sa pasivnim radijatorom, zvučnički sistemi sa spregnutim komorama i zvučnički sistemi sa labirint-kutijom.

Zvučnički sistemi sa zvučnikom u ploči

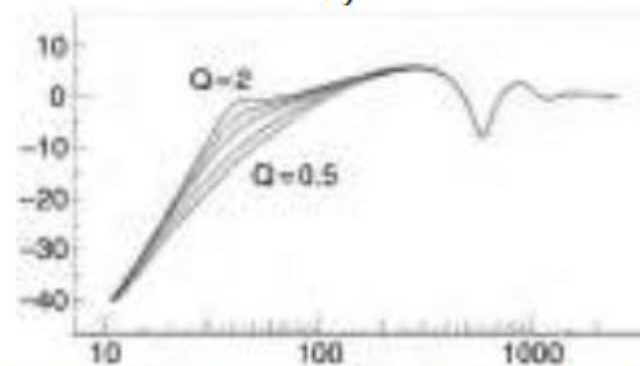
Najprostiji akustički zastor za ugradnju zvučnika je ravna ploča, slika 7.20a. Da bi se efikasno eliminisalo međusobno poništavanje zračenja sa prednje i zadnje strane membrane zvučnika, slika 7.20b, potrebno je da ploča ima što veće dimenzije. Potpuno razdvajanje protivfaznih zvučnih talasa postiglo bi se pločom beskonačno velikih dimenzija. Međutim, u praksi je dovoljno da dimenzije ploče budu veće od $\lambda/2$, gde je λ talasna dužina zvuka na najnižoj frekvenciji od interesa. Za više frekvencije ova ploča će delovati kao da je beskonačno velika, dok na najvišim frekvencijama, slika 7.19b, nema razlike da li je zvučnik ugrađen u ploču ili je „go“, jer su dimenzije korpe zvučnika dovoljne da razdvoje protivfazno zračenje sa dve strane membrane.

Na niskim frekvencijama oblik frekvencijskog odziva zvučnika će zavisiti od vrednosti njegovog Q faktora, slika 7.20c, dok se na najnižim frekvencijama nagib krive odziva približava vrednosti od 18 dB/oktavi [43]. Ploča ne treba da ima pravilan simetrični oblik, kao što su krug ili kvadrat, jer tada dolazi do nepoželjnih interferencija talasa sa prednje i zadnje strane zvučnika pa se u frekvencijskoj karakteristici pojavljuje naglašen usek, slika 7.21a. Frekvencijsku karakteristiku je moguće popraviti i tako, što će se zvučnik ugraditi nesimetrično, izvan središta ploče, 7.21b [31].

Zvučnički sistemi sa zvučnikom u ploči



c)



Slika 7.20 – Zvučnik u ploči: a) izgled zvučnika ugrađenog u ploču, b) arakteristika usmerenosti, c) frekvencijske karakteristike za različite vrednosti njegovog Q faktora

Zvučnički sistemi sa zvučnikom u ploči

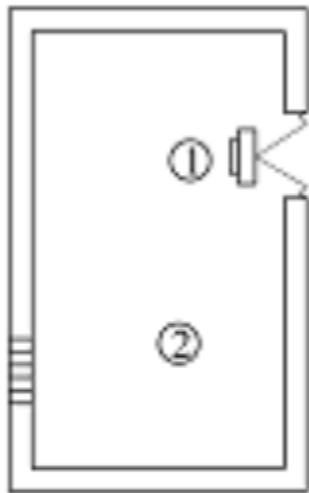
Ploče kao akustički zastori za ugradnju zvučnika su nepraktično velikih dimenzija ako je potrebna reprodukcija iole nižih frekvencija. Usled toga ih nećemo sresti u praktičnoj primeni, izuzev u mernim laboratorijama, slika 7.22. gde se koriste pri merenju pojedinih karakteristika zvučnika.



Slika 7.22 – Standardizovana ploča za merenje karakteristika zvučnika sa nesimetričnim mestom za ugrađnju mernog uzorka

Zvučnički sistemi sa zatvorenom kutijom

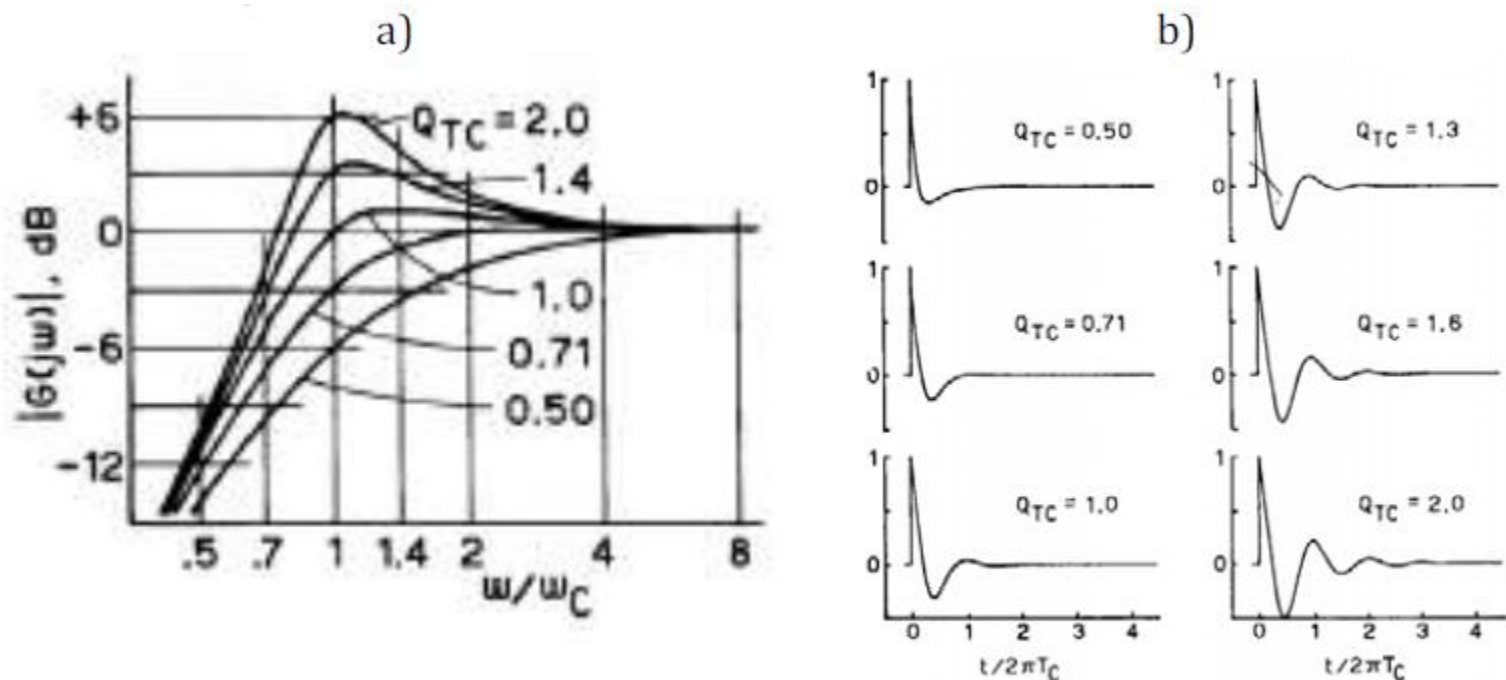
Zvučnički sistem sa zatvorenom kutijom, slika 7.23, najprostiji je od svih sistema sa direktnim zračenjem (ne računajući zvučnički sistem sa pločom koji nema praktični značaj). Sastoji se iz potpuno zatvorene kutije na čijoj je jednoj strani montiran zvučnik.



Slika 7.23 - Zvučnički sistem sa zatvorenom kutijom: 1) zvučnik, 2) kutija

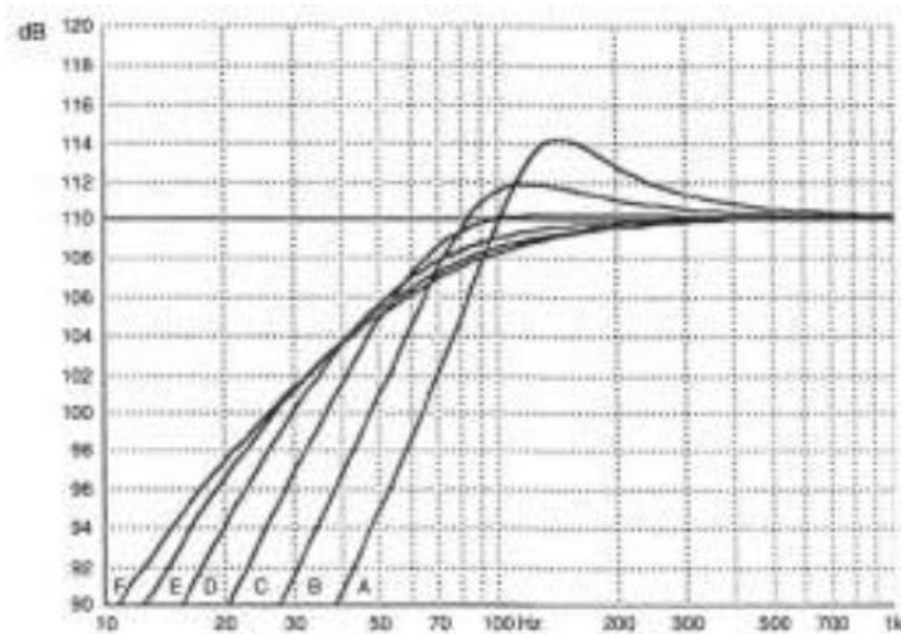
Sa naglim razvojem „hi-fi“ reprodukcije zvuka počinje i masovnija primena zvučničkih sistema sa zatvorenom kutijom relativno malih dimenzija i zvučnikom velike elastičnosti vešanja membrane. U literaturi se ovakvi sistemi nazivaju kompresioni sistemi sa zatvorenom kutijom. Rezonansu sistema određuje elastičnost vazduha u kutiji (koja je mnogo manja od elastičnosti vešanja zvučnika) i masa kretnog sistema zvučnika.

Zvučnički sistemi sa zatvorenom kutijom



Slika 7.24 - Karakteristike zvučničkog sistema sa zatvorenom kutijom:
a) amplitudska karakteristika, b) odziv na impulsnu pobudu [6]

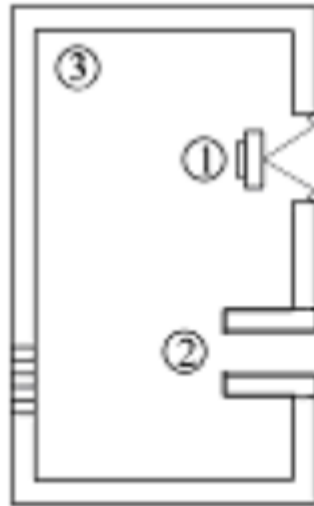
Zvučnički sistemi sa zatvorenom kutijom



Slika 7.25 – Amplitudske karakteristike zvučničkog sistema sa zatvorenom kutijom kada se isti zvučnik ugradi u kutije različite zapremine (zapremina kutije raste idući od krive A do krive F)[43].

Iz ovog porasta f_3 moglo bi se pogrešno zaključiti da veća kutija ima lošiju reprodukciju niskih frekvencija nego manja. Međutim, ako se posmatra donja granična frekvencija f_a za neko drugo slabljenje, recimo -10dB, onda se jasno vidi da su kod veće kutije jače izražene niske frekvencije. Drugim rečima, čini se da bi za poređenje sistema sa zatvorenom kutijom više odgovarala donja granična frekvencija f_{10} nego f_3 . Ovo pokazuje da su niske frekvencije jače izražene kod sistema sa manjim Q_{tc} iako slabljenje amplitudske karakteristike počinje na višim frekvencijama.

Zvučnički sistemi sa bas-refleks kutijom

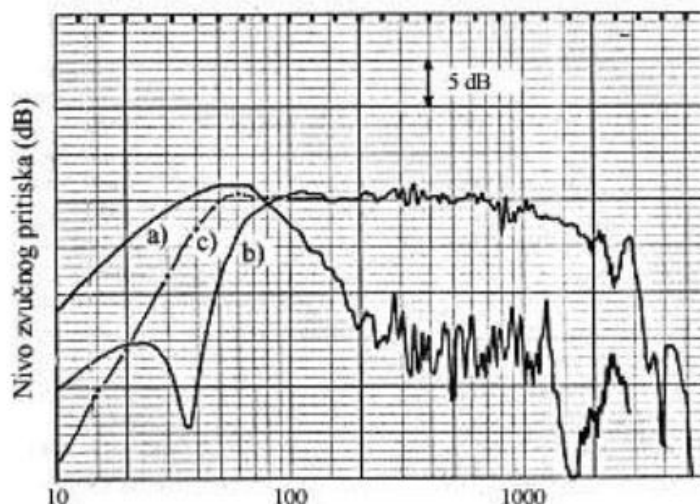


Slika 7.26 - Zvučnički sistem sa bas-refleks kutijom:
1) zvučnik,
2) bas refleks kanal,
3) kutija.

Zvučnički sistem sa bas-refleks kutijom je karakterističan po tome, što je kod njega primenjen princip Helmholtsovog rezonatora za poboljšanje zračenja na niskim frekvencijama. Na kutiji, pored ugrađenog zvučnika, postoji slobodan otvor ili kanal, slika 7.26, u kojem se vazduh pomera napred-nazad zavisno od varijacije pritiska u kutiji. Ovo kretanje vazduha u otvoru doprinosi povećanju akustičkog protoka sistema na niskim frekvencijama, a time i povećanju njegove akustičke snage.

Zvučnički sistemi sa bas-refleks kutijom

Naime, vazduh u otvoru deluje kao akustička induktivnost koja na određenoj frekvenciji stupa u rezonansu sa akustičkom kapacitivnošću kutije. U okolini frekvencije rezonance zračenje zvučničkog sistema je veoma pojačano. U praksi se područje ove rezonanse postavlja na niskim frekvencijama, tako da se proširuje koristan frekvencijski opseg zvučničkog sistema.



*Slika 7.27 –
Frekvencijske
karakteristike zračćih
elemenata tipičnog bas
refleks zvučničkog
sistema a) bas-refleks
kanala, b) membranae,
i c) kompletnog sistema*

U okolini frekvencije rezonanse kutije (izraženi minimum na krivoj b na slici 7.27) ukupno zračenje uglavnom potiče od bas-refleks kanala (kriva a na slici 7.27) dok je, idući prema višim frekvencijama, njegov uticaj sve slabiji. Ispod frekvencije rezonanse zračenja membrane i bas-refleks kanala su u protivfazi i međusobno se oduzimaju zbog čega ukupna amplitudska karakteristika sistema (kriva c na slici 7.27) u ovom opsegu brzo opada sa smanjivanjem frekvencije.

• **HVALA NA PAŽNJI**