

# ELEKTROAKUSTIKA

prof. dr Zoran Milivojević

mr Danijela Aleksić

# Podela mikrofona

Postoji mnogo različitih vrsta mikrofona i mnogo kriterijuma prema kojima ih je moguće podeliti. Tako mikrofone delimo prema nameni, prema načinu korišćenja, prema karakteristici usmerenosti, prema fizičkoj veličini zvučnog polja (pritisak, brzina čestica) koja izaziva kretanje membrane, prema načinu generisanja elektromotorne sile itd. Zadnja dva kriterijuma (veličina zvučnog polja koja izaziva kretanje membrane i način generisanja elektromotorne sile mikrofona) su posebno značajni kod proučavanja načina rada i konstrukcije mikrofona i na njima se zasnivaju akustička i električna podela mikrofona.

# Akustička podela mikrofona

Akustička podela mikrofona uzima u obzir način na koji promene u zvučnom polju izazivaju kretanje membrane. Prema ovoj podeli razlikujemo:

- presione mikrofone ili mikrofone koji rade na pritisak, kod kojih su brzina ili pomeraj membrane srazmerni pritisku u zvučnom polju;
- gradijentne mikrofone ili mikrofone koji rade na razliku pritiska, kod kojih su brzina ili pomeraj membrane srazmerni gradijentu pritiska u zvučnom polju,
- kombinovane mikrofone ili mikrofone kod kojih na kretanje membrane utiču, kombinovano, i pritisak i gradijent pritiska.

Svaka prethodno pomenuta klasa mikrofona ima specifične oblike karakteristike usmerenosti. Tako je kod presionih mikrofona karakteristika usmerenosti kružna, kod gradijentnih bidirekciona (dvokružna ili osmica), a kod kombinovanih imamo različite forme kardioidne karakteristike.

# Električna podela mikrofona

Električna podela se zasniva na fizičkim principima koji su iskorišćeni kod pretvaranja oscilacija kretnog sistema u elektromotornu silu na izlazu mikrofona. Najznačajnije grupe mikrofona prema ovoj podeli su: ugljeni, elektrodinamički (sa kalemom i sa trakom), piezoelektrični ili kristalni i elektrostatički (kondenzatorski i elektret).

Ugljeni ili kontaktni mikrofoni su oni kod kojih se u električnom kolu javlja promenljiva struja zbog promene kontakata ugljenih zrnaca pri kretanju membrane.

Elektrodinamički mikrofoni sa kalemom imaju provodnik u obliku kalema koji se nalazi u magnetnom polju stalnog magneta. Kretanje kalema ima za posledicu stvaranje napona proporcionalnog brzini kalema, dužini provodnika u kalemu i gustini magnetnog fluksa u procepu.

Elektrodinamički mikrofon sa trakom ima tanku metalnu traku koja se nalazi u magnetnom polju stalnog magneta. Pomeranje trake prouzrokuje pojavu napona koji je proporcionalan brzini trake, dužini trake, gustini magnetnog fluksa u vazдушnom procepu i odnosu transformacije prilagodnog transformatora koji se nalazi u sastavu ovog mikrofona.

# Električna podela mikrofona

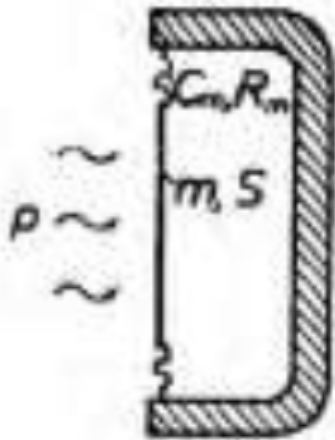
Piezoelektrični ili kristalni mikrofon ima tzv. „bimorf“ element od kristala ili keramike. Mehaničke deformacije ovog elementa, izazvane kretanjem membrane dovode do pojave električnog opterećenja na elektrodama koje taj element obuhvataju.

Kondenzatorski mikrofon se sastoji od pokretne membrane postavljene na određenom rastojanju od nepokretne zadnje ploče. Između membrane i zadnje ploče deluje jednosmerni polarizacioni napon. Kada je polarizacioni napon konstantan oscilacije membrane izazivaju odgovarajuće promene izlaznog napona.

Elektret mikrofon se sastoji od pokretne samopolarizovane membrane, postavljene na odgovarajućem rastojanju od nepokretne zadnje ploče. Promena amplitude pomeranja membrane dovodi do odgovarajućih promena izlaznog napona.

# Presioni mikrofoni

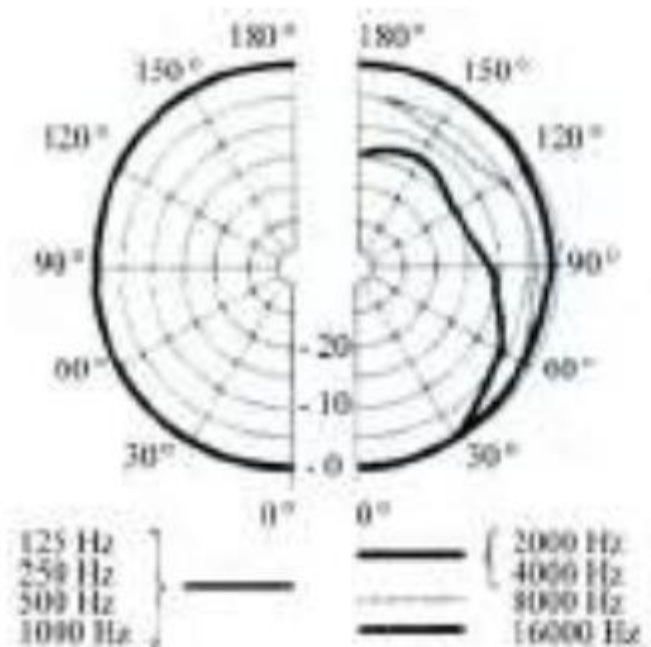
Presioni mikrofoni imaju samo jednu stranu membrane izloženu dejstvu zvučnih talasa, slika 6.4. Karakteristiku usmerenosti im je kružna pa kažemo da su nedirektivni ili neusmereni.



*Slika 6.4 – Skica presionog mikrofona*

To je zbog toga što oni rade na pritisak koji je skalarna veličina koja nema pravac i smer delovanja. Na višim frekvencijama, gde dimenzije mikrofona postaju uporedive sa talasnom dužinom zvuka, usled difrakcije i povećanja pritiska na membranu u smeru ose mikrofona, karakteristika usmerenosti presionih mikrofona se sužava, slika 6.5. Što su dimenzije mikrofona manje to je ova karakteristika u širem frekvencijskom pojasu bliža kružnom obliku.

# Presioni mikrofoni



*Slika 6.5 - Karakteristika usmerenosti presionog mikrofona na različitim frekvencijama*

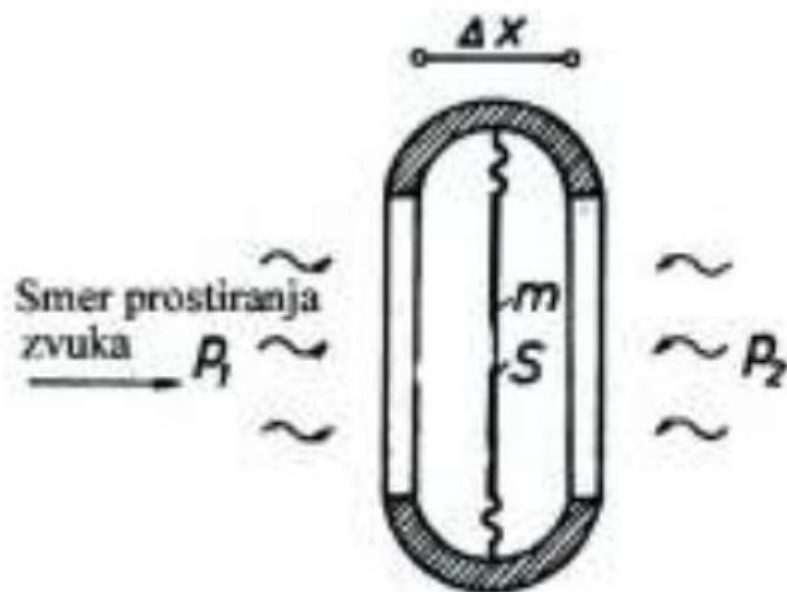
Presioni ili neusmereni mikrofoni najčešće se koriste za snimanje ambijenta kod višekanalnog snimanja muzike, snimanje većeg broja sagovornika, zatim manjih vokalnih ili instrumentalnih sastava pri kružnom rasporedu, za snimanje šumova u prirodi itd.

# Gradijentni mikrofon

Gradijentni mikrofoni su tako konstruisani da zvučni pritisak ima pristup membrani sa obe strane, slika 6.6. Zvučni talas stiže do zadnje strane membrane sa određenim vremenskim kašnjenjem usled čega između pritisaka  $p_1$  i  $p_2$  nastaje fazna razlika koja iznosi:

$$\varphi = \frac{2\pi\Delta x}{\lambda} = k \Delta x = \frac{\omega}{c} \Delta x \quad (6.8)$$

gde je:  $\Delta x$  - povećanje dužine puta zvučnih talasa od prednje do zadnje strane mikrofona,  $k = 2\pi/\lambda = \omega/c$  - talasni broj.



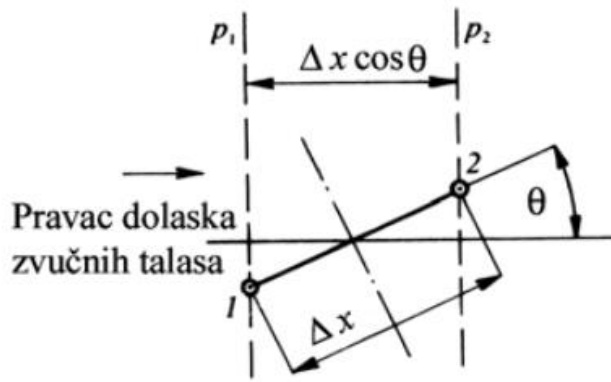
*Slika 6.6 – Skica gradijentnog mikrofona*



# Gradijentni mikrofon

Pokazuje se da je ova sila proporcionalna gradijentu pritiska i brzini čestica a ne pritisku kao kod presionih mikrofona. Zbog toga se ovi mikrofoni i nazivaju gradijentni ili brzinski.

Kada zvučni talasi dolaze pod uglom  $\theta$  u odnosu na osu mikrofona, kako je prikazano na slici 6.7, onda je razlika u dužini puta  $\Delta x \cos \theta$  umesto  $\Delta x$ , što smo imali u dosadašnjim izrazima gde smo smatrali da se pravac dolaska zvučnih talasa poklapa sa osom mikrofona. Iz ove činjenice zaključujemo da će elektromotorna sila na izlazu gradijentnog mikrofona biti,  $\cos \theta$  puta manja kada zvučni talasi dolaze pod uglom  $\theta$  nego kada se njihov pravac dolaska poklapa sa osom mikrofona.

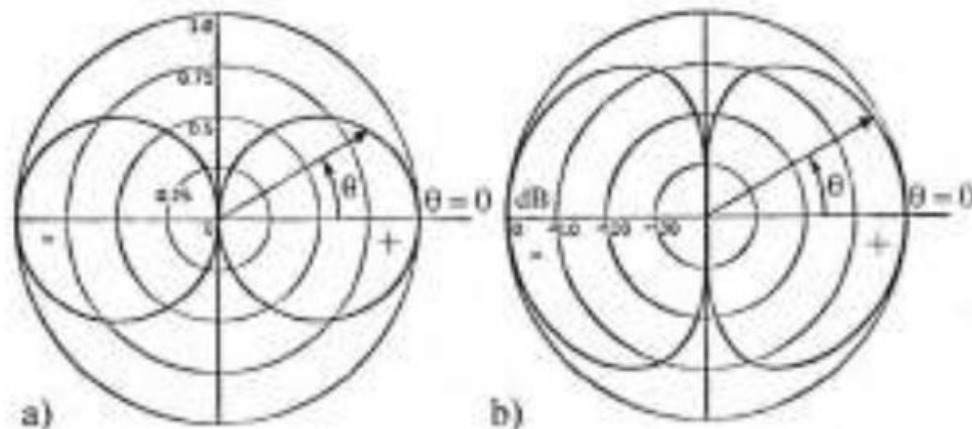


Slika 6.7 - Smanjenje razlike dužine puta zvučnih talasa ( $\Delta x$ ) u zavisnosti od ugla  $\theta$ . Prednja i zadnja strana mikrofona su na pozicijama 1 i 2, respektivno.

Očigledno, možemo pisati izraz:

$$\Gamma(\theta) = \frac{T_\theta}{T_0} = \cos \theta, \quad (6.10)$$

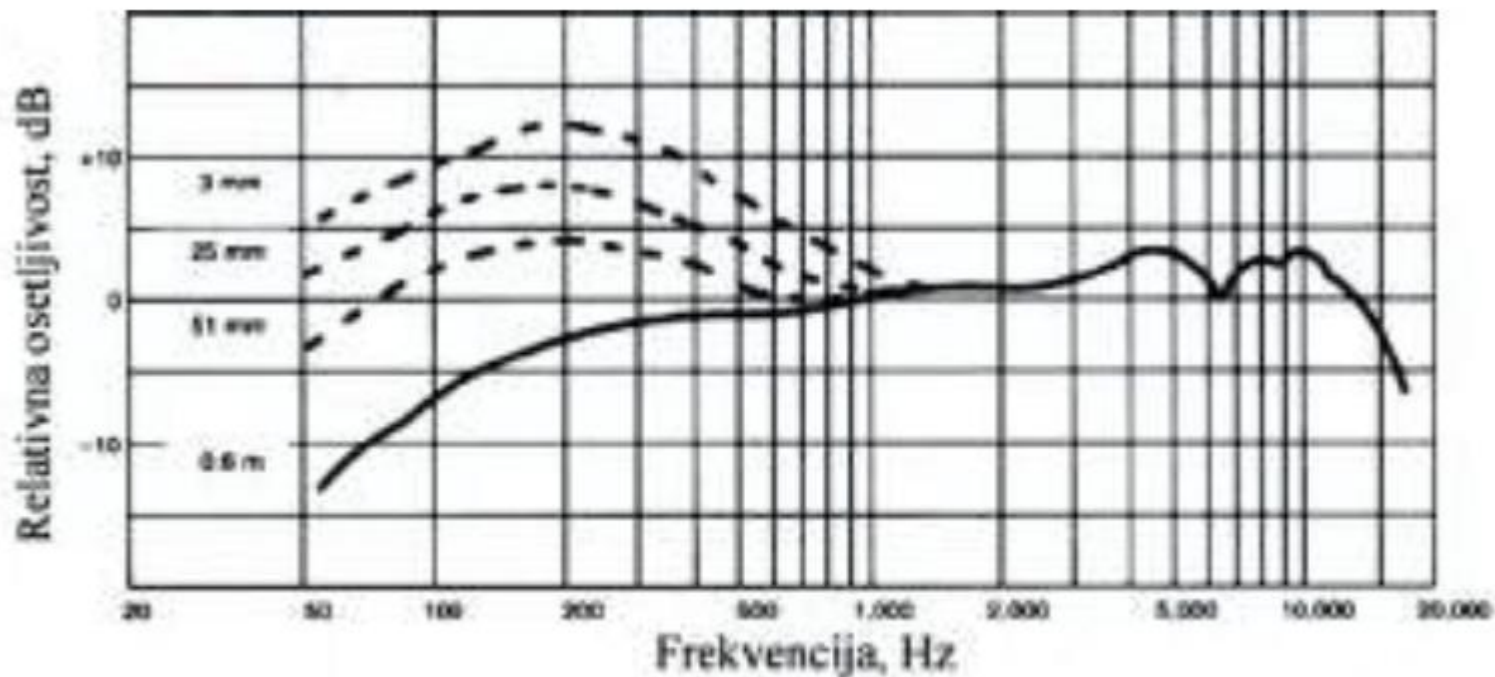
koji predstavlja karakteristiku usmerenosti gradijentnog mikrofona. Ovu karakteristiku čine dva kruga koja se dodiruju u jednoj tački, slika 6.8a, pa se često naziva dvokružna karakteristika ili „osmica“ pošto liči na oborenu cifru osam. Mikrofonu sa ovakvom karakteristikom usmerenosti nazivaju se dvosmerni mikrofoni.



Slika 6.8 - Karakteristike usmerenosti gradijentnog mikrofona:  
a) na linearnoj skali, b) na logaritamskoj skali

# Gradijentni mikrofon - Efekat blizine

Gradijentni mikrofoni imaju ravnu frekvencijsku karakteristiku samo u polju zvučnih talasa čija se amplituda pritiska ne menja na putu od prednje do zadnje strane membrane. To je polje ravnih talasa. Ako se gradijentni mikrofon nađe u blizini „tačkastog“ izvora zvuka ovaj uslov nije ispunjen.



*Slika 6.11 - Frekvencijske karakteritike tipičnog gradijentnog mikrofona na različitim rastojanjima od izvora zvuka*

• **HVALA NA PAŽNJI**