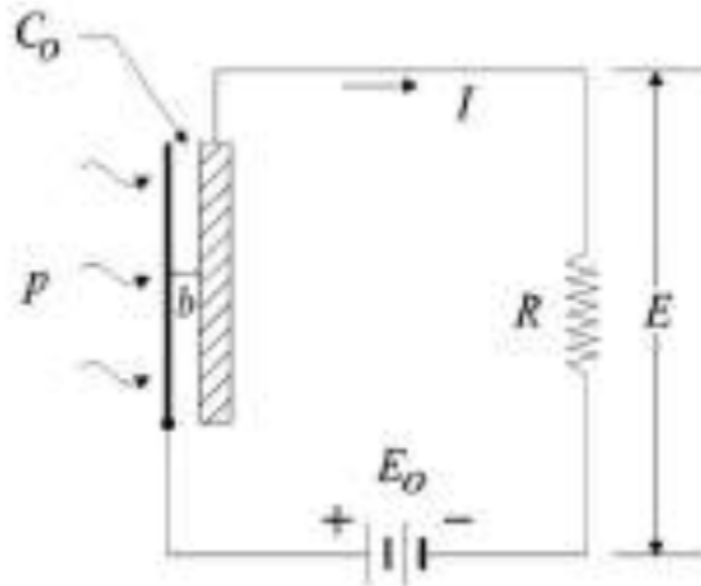


ELEKTROAKUSTIKA

prof. dr Zoran Milivojević
mr Danijela Aleksić, predavač

Kondenzatorski mikrofoni

Kondenzatorski mikrofoni su mikrofoni najvišeg kvaliteta. Primjenjuju se u studijskoj tehnici za snimanje zvuka kao i u akustičkim merenjima. Imaju ravnu frekvencijsku karakteristiku, osetljivi su, otporni su na udare i vibracije, dobro reprodukuju prelazne pojave a izrađuju se kao neusmereni (presioni), dvosmerni (gradijentni) i usmereni (kombinovani) mikrofoni. Njihov glavni nedostatak je nemogućnost rada bez izvora napajanja. Naime potrebno je obezbediti kako napajanje (polarizaciju jednosmernim naponom) same kapisle, tako i pretpojačavača ugrađenog u kućištu mikrofona. Ovaj zahtev ih čini nepodesnim za prenosne uređaje kao i za široku upotrebu.



Slika 6.38 – Princip rada kondenzatorskog mikrofona

Kondenzatorski mikrofoni

Princip rada ovog mikrofona je prikazan na slici 6.38. Sastoji se od kondenzatora sa dve obloge, vezane na izvor jednosmernog napona, između kojih je dielektrik vazduh. Jedna obloga je punija i nepokretna, dok drugu oblogu čini tanka, laka i kruta membrana mikrofona koja vibrira pod uticajem zvučnog pritiska. Na slici 6.39 prikazan je presek presionog kondenzatorskog mikrofona.

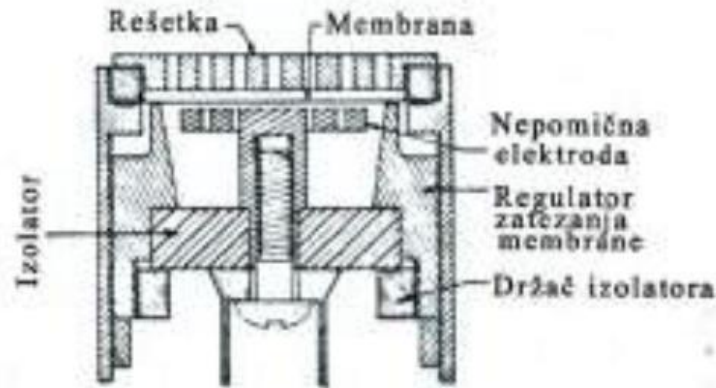
Kada membrana miruje kapacitet mikrofona je C_0 . Ako na membranu deluje zvučni pritisak ona vibrira u ritmu pritiska menjajući rastojanje od nepokretne obloge. Pomeraj membrane Δx izaziva promenu kapaciteta mikrofona za ΔC , a ova promena dovodi do pojave struje u izlaznom kolu mikrofona, odnosno do pojave izlaznog napona E na otpornosti opterećenja R . Dobijeni napon E odnosi se prema jednosmernom naponu u kolu E_0 kao promena kapaciteta ΔC prema kapacitetu mikrofona C_0 , tj:

$$\frac{E}{E_0} = \frac{\Delta C}{C_0} = \frac{\Delta x}{b} \quad (6.20)$$

odakle se dobija da je:

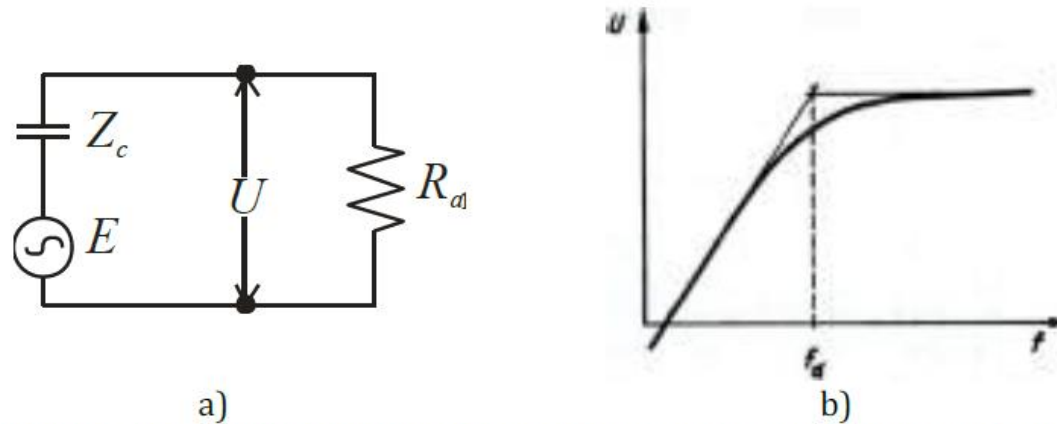
$$E = E_0 = \frac{\Delta x}{b} \quad (6.21)$$

Kondenzatorski mikrofoni



Slika 6.39. Presek presionog kondenzatorskog mikrofona

Membrana kondenzatorskog mikrofona je metalna ili metalizirana folija debljine oko 10 do 15 μm . Rastojanje između membrane i nepomične elektrode je oko 10 do 20 μm a kapacitet mikrofona oko 40 do 50 pF.



Slika 6.40 – Kondenzatorski mikrofoni kao generator unutrašnje impedanse Z_c

Kondenzatorski mikrofoni

Kondenzatorski mikrofoni, posmatran kao naponski generator, ima kapacitivnu unutrašnju impedansu koja sa otpornošću opterećenja predstavlja visokopropusni filter prvog reda, slika 6.40. Donja granična frekvencija (-3 dB) ovoga filtra dobija se izjednačavanjem unutrašnje impedanse generatora sa otpornošću opterećenja, odnosno:

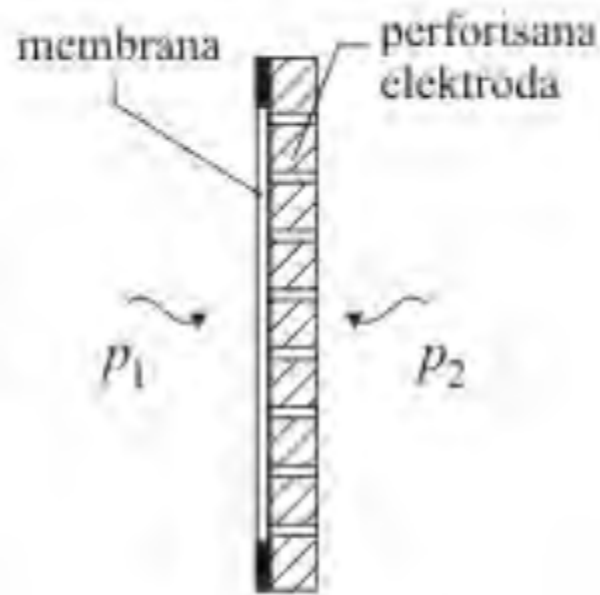
$$Z_c = \frac{1}{2\pi f_d C} = R_{al}, \text{ odakle je}$$
$$f_d = \frac{1}{2\pi R_{al} C} \quad (6.22)$$

Ako je kapacitet mikrofona 45 pF, za donju graničnu frekvenciju od 20 Hz otpornost opterećenja mora biti najmanje 180 MΩ.

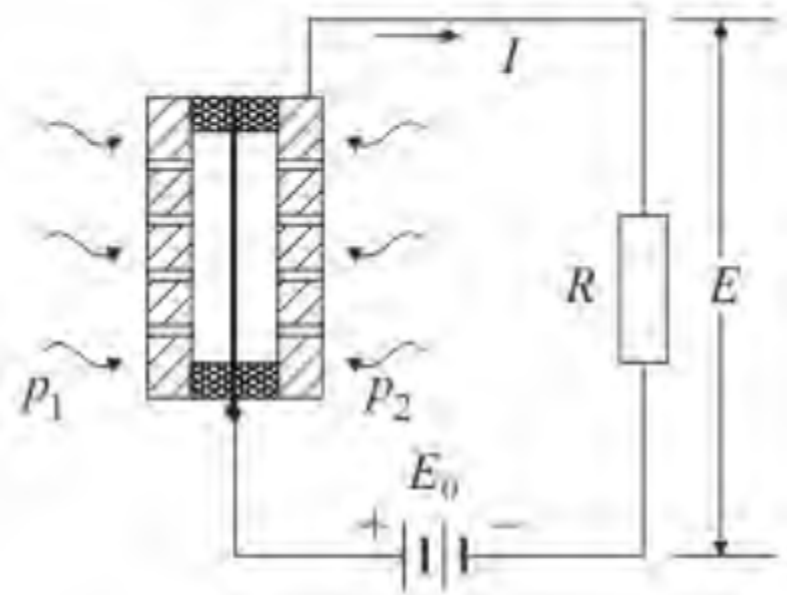
Kao što smo prethodno rekli kondenzatorski mikrofoni se izrađuju ne samo kao presioni već i kao gradijentni i kombinovani. Princip rada presionog kondenzatorskog mikrofona prikazan je na slici 6.41. Ovde je membrana izložena zvučnom pritisku sa obe strane, tako što je druga, nepomična elektroda izbušena. Da bi se ostvarila simetrija obično se i ispred

Kondenzatorski mikrofoni

membrane postavlja slična elektroda koja nije vezana u električno kolo, slika 6.42.



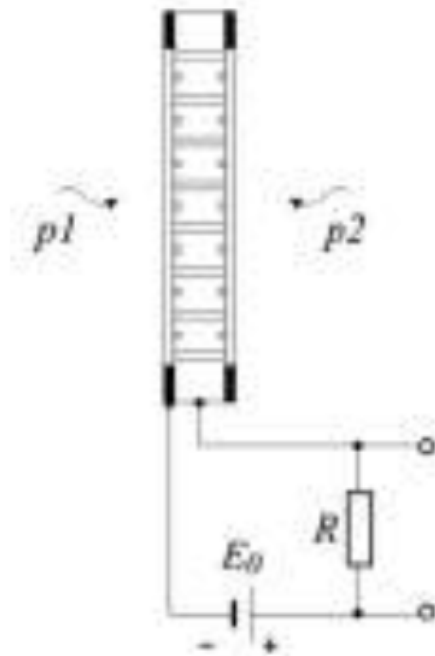
Slika 6.41 – Kondenzatorski mikrofona na gradijent pritiska-princip rada



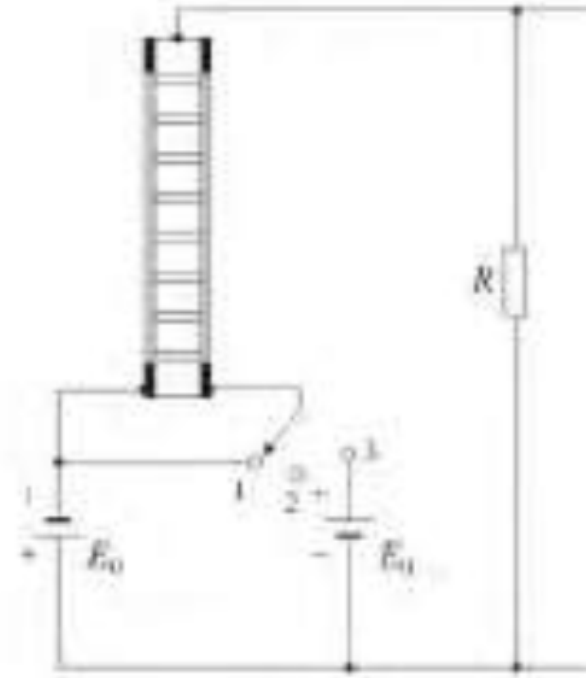
Slika 6.42 – Kondenzatorski mikrofona na gradijent pritiska u simetričnoj vezi

Kombinovani kondenzatorski mikrofona ima takođe simetričnu konfiguraciju ali sa dve membrane, od kojih je samo jedna električki aktivna, slika 6.43, ali su kroz otvore nepomične elektrode akustički povezane.

Kondenzatorski mikrofoni



Slika 6.43 – Kombinovani kondenzatorski mikroskop



Slika 6.44 – Kombinovani kondenzatorski mikroskop sa preklopnikom

Kapisa sa dve membrane može se izvesti tako da se pomoću preklopnika biraju sve tri karakteristike usmerenosti – kružna, dvokružna i kardiodna, slika 6.44. U položaju 1 obe membrane su pod istim jednosmernim naponom i imamo kružnu karakteristiku usmerenosti. U položaju 2 samo je jedna membrana električki aktivna pa se dobija

Kondenzatorski mikrofoni

kardiodna karakteristika. U položaju 3 na membrane se dovode naponi suprotnog polariteta i dobija se dvosmerna karakteristika usmerenosti.

Osetljivost

Osetljivost kondenzatorskih mikrofona je skoro za red veličine veća nego kod dinamičkih mikrofona sa kalemom. Vrednosti osetljivosti su u granicama od 8 mV/Pa pa do 32 mV/Pa.

Izobličenja

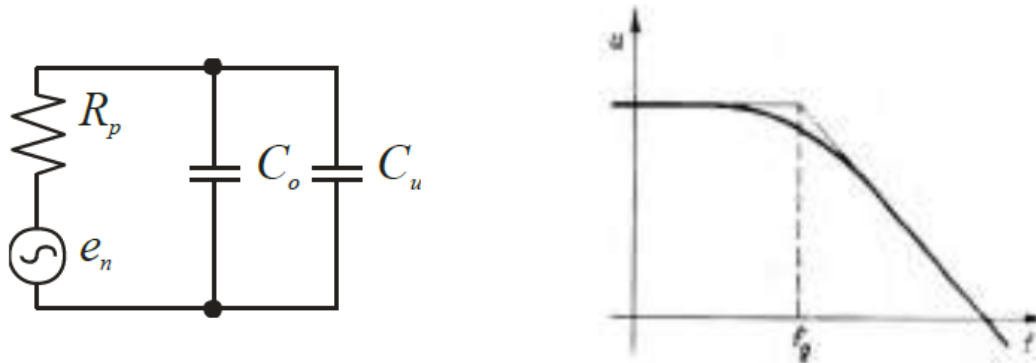
Pomeraji membrane i promene kapaciteta kondenzatorskog mikrofona su veoma mali pa su i harmonijska izobličenja kod ovog mikrofona mala. Tek za nivoe zvučnog pritiska veće od 130 dB ova izobličenja postaju reda 1%. U normalnim radnim uslovima njihova vrednost je zanemarljivo mala.

Šum

Kondenzatorski mikrofoni

Šum

Ovaj mikrofoni je u osnovi kondenzator i ne stvara sopstveni šum. Međutim, u radnim uslovima paralelno elektrodama mikrofona deluje izolaciona otpornost između elektroda (reda $10^{12}\Omega$) i otpornost opterećenja mikrofona (reda $10^7 - 10^9\Omega$). Stoga je ovde dominantan uticaj otpornosti opterećenja koja praktično kratko spaja izolacionu otpornost.



Slika 6.45 – Ekvivalentni izvor šuma kondenzatorskog mikrofona

Dakle, ekvivalentni izvor šuma, slika 6.45, ima unutrašnju otpornost jednaku otpornosti opterećenja R_p mikrofona i sam je opterećen paralelnom vezom kapacitivnosti mikrofona C_o i ulazne kapacitivnosti mikrofonskog pretpojačavača C_u .

Zbog uticaja ukupne kapacitivnosti ($C_o + C_u$) spektar šuma opada prema višim frekvencijama, kako se vidi na slici 6.45 (desno).

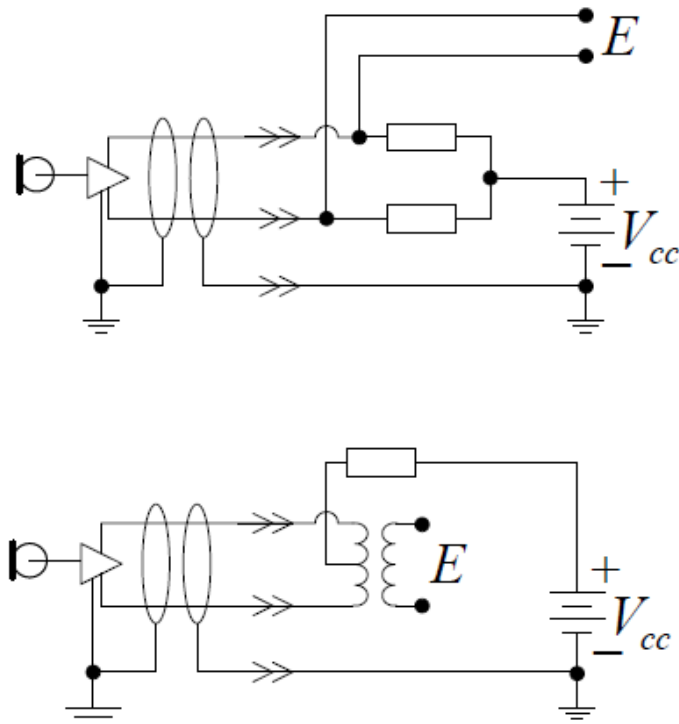
Kod kvalitetnih kondenzatorskih mikrofona šum je ekvivalentan naponu na njegovom izlazu koji bi imali pri ulaznom nivou zvuka od 15 do 20 dB.

Pretpojačavači za kondenzatorske mikrofone

Pretpojačavač kod kondenzatorskih i elektret mikrofona treba da obezbedi spregu između mikrofonske kapisle i audio uređaja sa kojim će se mikrofon koristiti. Audio uređaji imaju mikrofonske ulaze uglavnom prilagođene za elektrodinamičke mikrofone čija je izlazna impedansa oko 200Ω . Međutim, kapisle kondenzatorskih i elektret mikrofona se ponašaju u električnom smislu kao veoma male kapacitivnosti čija impedansa iznosi i preko $100 M\Omega$. Stoga pretpojačavač za ove mikrofone mora da ima jako veliku ulaznu impedansu da ne bi dodatno obarao ionako mali mikrofonski signal. On treba impedansu od preko $100 M\Omega$ na svom ulazu da konvertuje u impedansu od 200Ω na svom izlazu. Na taj način kondenzatorski i elektret mikrofoni u pogledu priključenja na audio uređaje postaju kompatibilni sa elektrodinamičkim mikrofonima.

Ulazna kapacitivnost ovog pretpojačavača kao i međusobna kapacitivnost veze kapisle i pretpojačavača moraju biti što manje da ne bi pogoršavale donju graničnu frekvenciju mikrofona, kako je ranije objašnjeno. Iz tog razloga pretpojačavači za kondenzatorske i elektret mikrofone se postavljaju uz samu mikrofonsku kapislu čime se eliminiše uticaj spojnih kablova. To dalje znači da kondenzatorski i elektret mikrofoni moraju imati odgovarajući jednosmerni napon napajanja da bi mogli funkcionisati.

Prepojačavači za kondenzatorske mikrofone



Slika 6.50 – Daljinsko napajanje mikrofona pomoću uzemljenog izvora jednosmernog napona

Kod kondenzatorskih mikrofona pored napona za napajanje prepojačavača mora postojati i napon za polarizaciju mikrofonске kapisle. U novije vreme je uobicajeno da se do mikrofona dovodi jedan jednosmerni napon nominalne vrednosti između 9 V i 52 V. Najčešće vrednosti su 12 V, 24 V i 48 V. Od ovog napona se u kućištu samog mikrofona (pomoću stabilizatora napona ili DC – DC konvertora) obezbeđuju odgovarajući naponi za rad prepojačavača i polarizaciju mikrofonске kapisle.

Pretpojačavači za kondenzatorske mikrofone

Spoljašnji napon napajanja kondenzatorskih i elektret mikrofona najčešće se dovodi iz audio uređaja na koje se mikrofoni priključuju. Koristi se pozitivni jednosmerni napon (u odnosu na masu) doveden na oba provodnika mikrofonskog kabla pomoću uparenih otpornika ili transformatora sa srednjim izvodom, slika 6.50. Izlazni signal od mikrofona se prenosi preko ista dva provodnika na uobičajen način. Struja napajanja pretpojačavača teče kroz signalne provodnike do mikrofona, zatim kroz pretpojačavač i vraća se u izvor kroz kablovski zaštitni oklop (širm). Ovakav oblik napojnog kola mikrofona obično se naziva „fantom napajanje“.

• **HVALA NA PAŽNJI**