

Elektromehaanilised muundurid

(järg)

Induktiivsed muundurid

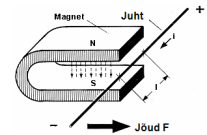
1) Elektrodünaamiline muundur – magnetväljaga risti liikuv juhe:

- sirgjuhe
 - silinderpool
- Rakendus: elektrodünaamiline valjuhääldi ja mikrofon

Vooluga juhtmele mõjuva jõu hetkväärtus

$$F = BIl$$

kus B – magnetiline induktsioon [T],
 i – voolutugevuse hetkväärtus [A],
 l – juhi pikkus [m]



Joonis: www.visaton.com/bilder/sonstige/lexikon_elektrodyn_wandler.gif

Elektrodünaamiline muundur

- magnetväljaga risti liikuv juhtmes indutseerub elektromotoorjõud

$$E = -d\Phi / dt = -Blv \text{ [V]}$$

kus Φ – magnetvoog [Wb],
 v – juhi liikumiskiirus [m/s]

- elektromehaaniline sidetegur $Z_{12} = E/v = -Bl$
 $= -Z_{21}$ [kg/s]

Induktiivsed muundurid

2) Elektromagnetiline muundur

- pool
 - magnetahel:
 - püsimagnet
 - pooluskingad
 - elastne ferromagnetilisest materjalist plaat – ankur
- Rakendus: peatelefonides

Induktiivsed muundurid

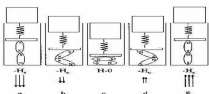
3) Magnetroktsioonmuundur

- ferromagnetilisest materjalist varda pikkuse muutumine magnetvälja toimel

$$\Delta l / l = \psi H$$

kus l – varda pikkus,
 ψ – materjali magnetroktsioonitegur,
 H – magnetvälja tugevus vardas (A/m)

- efekt pööratav
- Kasutuslrad: elektromehaanilised filtrid, kajaseadmed



www.public.iastate.edu/~terfenol/images/image1.jpg

Mahtuvuslikud muundurid

1) Elektrostaatiline muundur

- kondensaator ühe, kolvina teise plaadi suhtes liikuva plaadiga
- rakendusi:
 - kondensaatormikrofon
 - elektrostaatiline valjuhääldi

Elektrostaatiline muundur

- plaatidevaheline tõmbejõud muutub vastavalt kondensaatori laengu suurusele

$$Q = uC$$

- kondensaatori mahtuvus sõltub plaatidevahelisest kaugusest

$$C(t) = \frac{\epsilon_0 S}{\delta + x}$$

Elektrostaatiline muundur

Liikuva plaadi siinuseline võnkumine:

- liikuva plaadi kõrvalekalle tasakaaluasendist δ

$$x(t) = x_m \sin \omega t$$

- pinge kondensaatoril

$$u_c = \frac{Q_0}{C(t)} = \frac{U_0 C}{\epsilon_0 S} (\delta + x(t)) = U_0 + \frac{U_0 x_m}{\delta} \sin \omega t$$

- muunduri kasuliku väljundpinge amplituud

$$E_m = \frac{U_0 x_m}{\delta} = \frac{U_0 v_m}{j\omega\delta}$$

Elektrostaatiline muundur

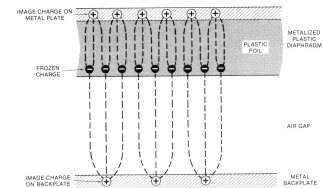
- elektromehaaniline sidetegur

$$z_{12} = \frac{E_m}{v_m} = \frac{F_{ef}}{I_{ef}} = \frac{U_0}{j\omega\delta} = Z_{21}$$

Mahtvuslikud muundurid

2) Elektretmuundur

- mikrofoni diafragma (kondensaatori plaadid) laeb püsivalt elektriseerunud kile – **elektreedi** – tekitatud elektrivälja
- laengu pindtihedus väheneb e korda ~ 100 000 ööpäevaga (300 aastaga)
- mikrofoni tundlikkus väheneb 3 dB võrra 30-100 aastaga



Joonis: cara.gsu.edu/courses/ml_3110/mic1/electret.jpg

Piesoelektrilised muundurid

- teatavate materjalide deformeerumine elektrivälja toimet
- pööratav protsess: elektrilaengu (pinge) teke samade materjalide deformeerimisel
 - kvarts, liitiumsulfaat, Seignette'i sool
- kasutus: piesosummerid (käekellades), ultraheli-viitliinid

Mikrofonid

- Akustoelektriline muundusprotsess:
 - muutuv helirõhk -> vahelduvpinge
- Elektromehaaniline muundur:
 - helirõhule ja
 - helirõhu gradiendile tundlikud mikrofonid
 - gradientmikrofon reageerib helirõhkude erinevusele
 - jäigalt ühendatud kolvid (suunadiagramm: kaheksakujuline)
 - teine variant: kaks jäigalt sidestamata kolbi

Mikrofonide põhiparameetrid

- Nimikoormustakistus R_k
- Elektromehaaniline muundustegur
 - mikrofoni väljundpinge U (nimikoormustakistusel) ja helirõhu p_0 suhe

$$\text{muundustegur} = \frac{U}{p_0} \left[\frac{\text{mV}}{\text{Pa}} \right]$$

- muundusteguri määramiseks mõõdetakse mikrofoni väljundpinge helirõhu 1 Pa korral, sagedusel 1 kHz

Mikrofonide põhiparameetrid

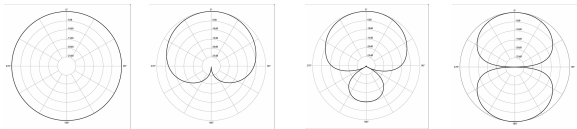
- Tundlikkus (dB):
 - mõõdetakse mikrofoni muundustegur e. väljundpinge helirõhu 94 dB SPL (1 Pa) korral, sagedusel 1 kHz
 - mikrofoni tundlikkus väljendatakse mõõdetud muundusteguri alusel detsibellides võrdlus-muundusteguri 1 V/Pa suhtes:

$$\text{tundlikkus} = 20 \log \left(\text{muundustegur} \left[\frac{\text{V}}{\text{Pa}} \right] \right) \text{ [dB]}$$

- Näide:
 - olgu mikrofoni muundustegur 2 mV/Pa = 0,002 V/Pa
 - tundlikkus = $20 \log(0,002) = -54 \text{ dB}$
- Tundlikkuse sagedusarakteristik
 - sagedusmoonutus – tundlikkuse suurim erinevus töösagedusalas tundlikkusest 1000 Hz sagedusega heili suhtes

Mikrofonide põhiparameetrid

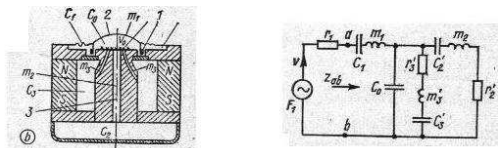
- Suunakarakteristik – mikrofoni tundlikkuse sõltuvus helilaine saabumise suunast:
 - kera- (suunatoimeta)
 - kardioid-
 - superkardioid-
 - koosinus- (kaheksakujuline)



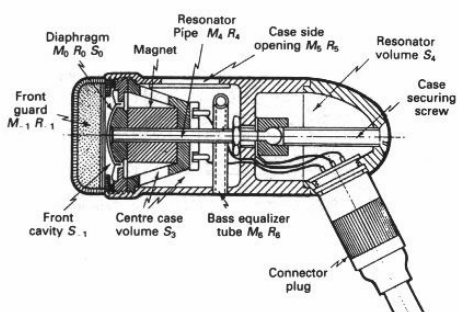
Elektrodünaamiline mikrofon

- Membraani omavõnkesagedus

$$f_{res} = 300 \dots 600 \text{ Hz}$$
- tundlikkus $\sim 1 \text{ mV/Pa}$

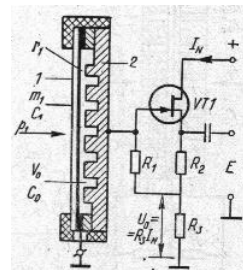


Elektrodünaamiline mikrofon



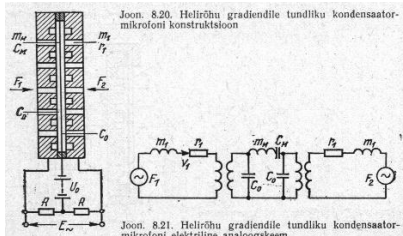
Kondensaatormikrofon

- helirõhule tundlik



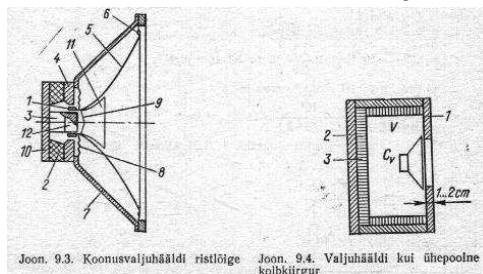
Kondensaatormikrofon

- helirõhu gradiendile (helirõhkude erinevusele) tundlik

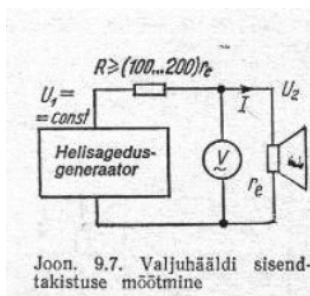


Valjuhääldid

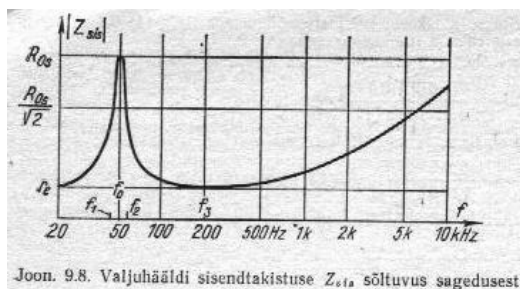
- Elektrodünaamiline koonusvaljuhääldi



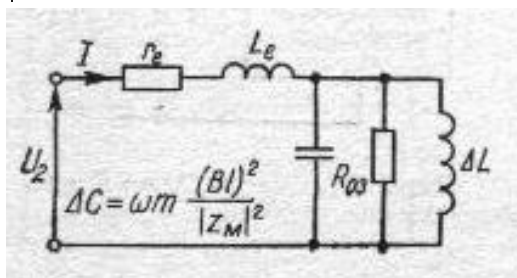
Valjuhääldi sisendtakistuse mõõtmine



Valjuhääldi sisendtakistuse sagedussõltuvus

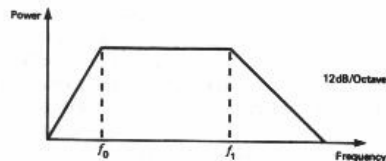


Valjuhääldi elektriline aseskeem



Valjuhääldid

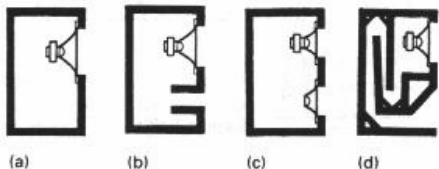
- Helivõimsuse (õhu akustiliste võnkumiste võimsuse) sagedussõltuvus
 - helisagedusliku elektrisignaali võimsus valjuhääldi sisendis - konstantne



Kõlarid

Kõlalauale paigutatud valjuhääldi(te)ga akustiline süsteem

- Inverterkõlarid



Kõlarid

- Valjuhääldi(d) suletud kastis
 - kompressioonkõlar
 - suurem jäikus
 - kõrgem resonantsisagedus
 - akustilise süsteemi summaarse jäikuse vähendamine – suhteliselt elastse võnkesüsteemiga valjuhääldid