

AC Hangosítási tanfolyam

1/a. Óra

Alapok

1.A hang, a hangrendszer

a, A hang

Amit mi hangként érzékelünk az a mozgási energia egy fajtája, az **akusztikai energia**. Az akusztikai energia valamilyen fizikai közegben (pl. levegő) fellépő **nyomásváltozás**, illetőleg annak **továbbterjedése** (hullám). Egy teljes periódus két részből áll: a periódus első felében a levegő molekulák összesűrűsödnek (magasabb nyomás), majd ezt követi egy ritkulási szakasz (alacsonyabb nyomás). Minél nagyobb mértékű a sűrűsödés, illetve ritkulás, annál nagyobb a hangnyomás és ezáltal az amplitúdó.

Az egységnyi idő alatti levegő nyomásváltozások számát a hullám **frekvenciájának** hívjuk, ennek mértékegysége a **Hz** (Hertz). Azt az időt, amely alatt egy teljes hullám lejátszódik, periódusidőnek hívjuk, ami a frekvencia reciproka.

A hanghullám a levegőben kb. **340 m/s** sebességgel terjed. Ez többek közt függ a páratartalomtól és a légköri nyomástól is, viszont nem függ a frekvenciától. Az a távolság, amelyet egy adott frekvenciájú hanghullám egy periódus alatt tesz meg, **hullámhossznak** nevezzük. (hullámhossz=hang terjedési sebessége/frekvencia). Az ember által hallható frekvenciatartomány: 20Hz-20kHz. Az emberi beszéd tartomány alaphangjai kb. a 300Hz-3kHz-ig terjednek.

A hanghullám elektronikai reprezentációja egy, a hang ütemének megfelelően változó feszültség vagy áram. A hanghullám időbeli viszonyát egy adott időponthoz képest **fázisnak** nevezzük. A fázist fokokban mérjük. A szinuszhullám egy teljes periódusának a fázisa 360° . Ha két hanghullám fáziskülönbsége 180° , akkor a két hullámnak azonosak a null-átmenetei, viszont ellentétes előjelűek, ilyenkor mondjuk, hogy a két hullám **ellenfázisban** van.

Ha két periódikus jelet (pl. szinuszhullám) összeadunk, akkor szintén egy periódikus jelet fogunk kapni. Ez alapján, illetve Fourier szerint is minden periódikus jel felbontható különböző frekvenciájú és fázisú szinuszos jelek összegére ld. Fourier transzformáció.

Ha egy f frekvenciájú periódikus jelet felbontunk szinuszos összetevőire, akkor az f frekvenciájú szinuszos összetevőt **alapharmonikusnak**, míg a $2f$, $3f$, $4f$, stb. (kf , ahol k természetes szám) frekvenciájú összetevőket **felharmonikusoknak** hívjuk.

b, A hangrendszer alapkoncepciója

A hangrendszerek **elektronikai részekből álló rendszerek**, mely általában erősíti, vagy módosítja a hangot. A három fő ok, amiért ezeket létrehozták a következő:

- segíteni az embereket, hogy jobban halljanak (pl. egy ember beszél egy nagyobb tömeg előtt)
- művészeti okokból (hangfelvételek, vagy akár kordokumentációs célból)
- a hang elvezetése, ill. hallgatása a megszólalásától mind időben, mind térben távoli helyen

A hangrendszer modellje a következő:

hangforrás (hangenergia) → hangenergia/elektromos energia átalakítás → az audio jel elektronikai manipulációja, erősítése → elektromos energia/hangenergia átalakítás → kimeneti hang

Egy egyszerű hangrendszer **konkrét példán**:

hang → mikrofon → keverő [mikrofon előfok, eq, hangarányok] + erősítő → hangfal → manipulált hang

c, Frekvencia átvitel

Tekintsünk két egyszerű mérőberendezést:

Színusz generátor → „vizsgált berendezés” → szintmérő (kimeneti szint)

Színusz generátor → „vizsgált berendezés” → fáziskomparátor (kimeneti és bemeneti szinuszjelek fáziskülönbségét méri)

Az első méréssel gyakorlatilag a frekvencia függvényében az átviteli karakterisztikát kapjuk meg, ez a **frekvencia átvitel**, míg a második a **fázisátvitelt** vagy másnéven **fázistolást** (ez a Bode-diagramm).

Egy készülék frekvencia átvitelét a következő formában szokták megadni: 20Hz-20kHz +2dB,-3dB. Ez megadja, hogy az adott frekvenciatartományban a kimeneti és bemeneti hang arányának eltérésének mennyi a minimuma (-3dB) és maximuma (+2dB).

Ez azonban a fázisátvitelről nem mond semmit, ami szintén fontos minőségi paraméter.

(ezért csalóka, amikor azt adják meg frekvencia-átvitelnek, hogy 20Hz-20kHz, ugyanis nem közlik, hogy ez mekkora tűréssel van, ld. Multimedia-Speakers)

Mivel **az ember hallásának frekvenciaérzékenysége logaritmikus**, ezért a frekvenciaátvitel frekvenciaskálája is logaritmikus.

Ha egy frekvencia (f_2) egy másik frekvenciának (f_1) pontosan kétszerese, akkor azt mondjuk, hogy a két frekvencia közti távolság egy **oktáv**. Ez egy zenei alaphangköz is.

Egy kis zeneelmélet: egy oktávot 12 logaritmikusan egyenlő közre osztanak, ezek a **félhangok**. Két egymás mellett lévő félhang aránya $\sqrt[12]{2}$ (ezek a zongorán a fekete és fehér billentyűk).

A ma egységesen elfogadott zenei alaphang a **normál A hang**, aminek frekvenciája 440 Hz. Ebből kiszámítható az egyes hangok frekvenciája. Ez a világ különböző tájain, ill. különböző korokban ettől eltérő lehet ill. lehetett. Megjegyzésül még annyit, hogy a frekvencia átvitelének mérése általában 1/3 oktávban történik, ez általában elegendően finom képet ad egy készülékről.

2. Alapmennyiségek és mértékegységek

a, Mi a Bel és a deciBel (dB)?

A dB mindig két mennyiség arányát adja meg. Az, hogy a dB-t logaritmikusan használjuk, egyrészt az ember logaritmikus hallása miatt van, másrészt sokkal könnyebb kezelni (leírni vagy mérni) a nagy arányokat. A dB (deciBel) a Bel 1/10-ed része (azért van nagy betűvel írva a B, mert az egység a nevét Alexander Graham Bell-ről kapta, azt viszont, hogy hova tűnt a második „l” betű, fogalmam sincs).

A Bel-t akusztikus, elektromos vagy más teljesítmény arány definiálására találták ki.

Két teljesítmény közti arány Belben: **Bel=log(P₁/P₀)**

Mi viszont azért használunk dB-t a Bel helyett, mert sokkal könnyebben kezelhető a hangtechnikában.

Tehát: **dB=10 log(P₁/P₀)**

Példa: mekkora az arány dB-ben 2W és 1W között:

$$\text{dB}=10 \cdot \log(2/1) = 10 \cdot \log 2 = 10 \cdot 0,301 = 3,01 \approx 3$$

Ha két feszültség közti arányra vagyunk kíváncsiak, akkor a következőképpen módosul a képlet:

$$\text{Mivel } P=U^2/R, \text{ ezért: } dB_{\text{voltage}} = 10 \cdot \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{U_1^2/R}{U_2^2/R}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2 = 20 \cdot \log\left(\frac{U_1}{U_2}\right)$$

b, Hangtechnikában használatos deciBelek:

A hangtechnikában a deciBel-t szintmérésre alkalmazzák, mégpedig úgy, hogy rögzítik az egyik mennyiséget (P₂, U₂, stb...). Ettől függően megkülönböztetjük az alábbi deciBeleket:

- dBm

Teljesítmény (dBm) = 10 log (P/1 mW_{rms}), ahol P mW_{rms}-ben van megadva (600Ω impedanciánál)

- dBu

Feszültség (dBu) = 20 log (U / 0.775 V_{rms}), ahol U V_{rms}-ben van megadva.

- dBV

Feszültség (dBV) = 20 log (U / 1 V_{rms}), ahol U V_{rms}-ben van megadva.

- dBSPL (hangnyomás)

Nyomás (dBSPL) = 20 log (p / 20 10⁻⁶), ahol p Pa-ban van megadva.

(a 0dBSPL-t évtizedekkel ezelőtt határozták meg, több ember hallásküszöbét vizsgálva, elvileg egy ép hallású (vidéki) ember hallásküszöbe 0dBSPL, 1kHz-en; egy átlagos budapesti diszkós hallásküszöbe kb. 20-30dBSPL, a fájdalomküszöb kb. 130 dBSPL)

Az ember hallása frekvenciában nem egyenletes. Ugyanazt a hangosságérzetet más és más frekvencián más és más hangnyomás jelképezi (ezt Munson és Fletcher nevű csávók mérték ki még régebben). Általában egy hangfal hangnyomását 1kHz-en szokták megadni.

c, RMS, Peak, Peak to Peak

Az **RMS** a Root Mean Square angol kifejezés rövidítése, ami négyzetes középértéket, közismertebben **effektív értéket** jelent, ez szinuszos jelnél $\sqrt{2}/2 = 0,707$ -szorosa a csúcsértéknek.

A **Peak**(csúcs) a **csúcsértékét** jelenti a jelnek.

A **Peak to Peak** (alsó indexben *pp*) a pozitív és negatív csúcs közti különbség.

d, tipikus jelszintek

A hangtechnikában a különböző készülékek be- és kimenetein az alábbi tipikus jelszintek (RMS) mérhetők (nagyságrendeket tekintve):

- MIC (mikrofon) : 10^{-3} - 10^{-2} V, 600 Ω impedancián
- Line (vonal) : 10^{-1} V- 10^0 V, 10k Ω impedancián
- Hangszóró : 10^1 V- 10^2 V, 4-8 Ω impedancián (VIGYÁZAT! NAGYFESZÜLTSG! ☠)

3. Zaj és egyéb jellemzők**a, A zaj**

Jelnek hívjuk az általunk hasznosnak ítélt hangokat ill. ennek elektromos megfelelőjét.

Ha egy hangrendszer bemenetére jelet teszünk, és nézzük a kimenetét, akkor minden, ami azon kijön az eredeti jelen felül, **zajnak** minősül.

Kétféle zajt különböztetünk meg:

- ami független az eredeti jeltől → ez a hagyományos értelemben vett **zaj**
- ami függ az eredeti jeltől → ez a **torzítás**

Jel/zaj viszonyának hívjuk a számunkra hasznos és haszontalan jel hányadosát. Hangtechnikában ez általában a maximálisan, torzításmentesen kivezérelhető jel és a bemeneti jel nélküli zaj hányadosa. dB-ben adjuk meg.

Tipikus értékek:

- jó kazettás magnó: 50 dB
- ugyanez Dolby C-val : 70 dB
- CD (ill. 16 bites digitális eszköz): 96 dB
- professzionális digitális készülékek: 110 dB
- de pl. emberi beszéd a villamoson: jó ha 20dB

b, Torzítás

Mint említettük a torzítás függ a jeltől, ez a nem alakhű átvitel miatt van. (Trazpézba átmenő szinusz, stb.) A torzításokat százalékban szokás megadni.

Három fontos torzításról beszélhetünk:

- **harmónikus**: egy adott frekvenciájú és szintű szinusz mellett megjelenő egyéb szinuszok összegének viszonya az eredeti szinuszhoz (ált. 1kHz 0dB)
- **intermodulációs**: két eltérő frekvenciájú és szintű szinusz mellett megjelenő egyéb szinuszok összegének viszonya az eredeti két szinuszhoz
- **tranziens-intermodulációs**: egy bemeneti tranziens jelenségre adott válasz

c, Zajok megjelenésének okai

- áthallás (pl. keverőpultban szomszédos sávoknál, vagy sokszávos analóg magnón, elektromágneses tér segítségével)
- RF (rádiófrekvenciás) zavarok
- tápegység nem megfelelő szűréséből, árnyékolásából adódó zajok, macik
- termikus zaj,
- elektromágneses behatások
- hanghordozó (pl. szalag) saját zaja
- lemezjátszó mechanika zaj
- digitális hibák (pl. konverziós, jitter)
- stb..... a sor ∞

d, Jelvezetés

Az egyszerű, ún. **aszimmetrikus** jelvezetés két vezetéken történik, ez a Föld és a Jel-vezeték.

Ezek általában koncentrikusan helyezkednek el, kívül a Föld-vezeték bévül a Jel. Így a Föld-vezeték árnyékolási feladatokat is ellát. Ez azonban kis jelszintnél (Mic, Line) és nagy távolságnál nem elégséges, ugyanis rettentő zajokat bír összeszedni.

Ennek egy általánosan használt, és viszonylag egyszerű kivédése a **szimmetrikus** jelvezetés.

Fizikailag három vezetéken történik: Föld (külső árnyékolás), Jel+, Jel- (ez utóbbiak általában összesodorva)

A zsargonban a Jel+ neve: Meleg, a Jel- neve. Hideg.

Lényege, hogy a jel a Jel+ vezetéken megy, míg a Jel inverze a Jel- vezetéken.

A kábel végén a Jel+ és Jel- különbségéből állítják vissza a Jelet, ugyanis ez - egyszerűen kiszámolható - a Jel kétszerese.

A Föld-vezeték általában csak árnyékolási célokat lát el, kivéve egy-két speciális esetet.

A szimmetrikus jelvezetés azért jobb, mint az aszimmetrikus, mert a külső elektromágneses zajok mindkét Jel-vezetékre ugyanolyan irányban hatnak, így a kettő közti különbség nulla, tehát a zaj kiszűrődik.

Hangfrekvencia tartományban a kábel-kapacitás és kábel-induktivitás nem elhanyagolható, de nem olyan nagy a jelentőségük, inkább a hifisták érdeklődnek iránta. A hangosításban a kábelek legfontosabb

1/b. Óra

Mikrofonok

1. Bevezetés

A mikrofonok, mint azt a hangrendszerrel említettük, a hangenergia elektromos energiává való átalakítására szolgálnak. Mind funkciójukat, mind felépítésüket tekintve nagyon különbözőek:

Mikrofon felépítése! (ház, kapszula, elektronika, csatlakozó, fej, szivacs)

Az átalakítás módja szerint:

- dinamikus
- kondenzátor (síkkondenzátor, Ászozepszilonperde=C)
- elektret-kondenzátor (röviden: elektret)
- szalagmikrofon
- szénmikrofon
- piezoelektromos mikrofon

Felrögzítés, ill. kialakítás módja szerint:

- Kézi
- Állványra rögzíthető
- Puska
- Kontakt
- Több kapszulás
- Egyéb mikrofonok (csiptetős, parabola, nyomásérzékeny, stb.)

a, A mikrofonok akusztikai és elektromos jellemzői:**- Az akusztikai/elektromos átalakítás módja**

Fontos jellemző, mert ezek alapján lehet kiválasztani elsősorban a nekünk megfelelő eszközt, de erről még lesz szó bővebben.

- Frekvencia átvitel, Iránykarakterisztika

Képzeld el a következő rendszert: Egy abszolút reflexiómentes szoba, egy tökéletes frekvenciátviteli hangforrás (hangfal), melyre hanggenerátort kötünk, a mérendő mikrofon, mely rögzített pontban van, de a tér minden irányába elfordítható, és a mikrofonból érkező jelet mérő szintmérő.

A frekvencia átvitel megegyezik az Alapok részben elhangzottakkal.

Ha egy adott frekvenciájú és szintű szinuszjelet adunk ki, és a mikrofont, vagy a hangforrást forgatva feljegyezzük, hogy melyik irányból mekkora volt a jelszint, megkapjuk a mikrofon adott frekvenciára vonatkozó **iránykarakteristikáját**. A teljes iránykarakterisztika megadásához minden frekvencián el kell végezni ezt a mérést, a valóságban csak néhány ábrát szoktak megadni (300Hz, 3Khz....stb.).

Általában az iránykarakterisztika forgásszimmetrikus, így csak egy kétdimenziós ábrát szoktak megadni. Ez az alakját tekintve az alábbi csoportokra osztható:

- gömb
- kardioid vagy vese
- 8-as
- szuperkardioid (Hiperkardioid, puska)

Megjegyzés: A mikrofonok frekvencia átvitele soha sem egyenletes. Ez azonban nem biztos hogy problémát okoz, hiszen minden hangforrásra más frekvenciák jellemzőek. Így vannak olyan mikrofonok, amelyek kifejezetten énekekre használatosak, vagy pl. dobra.

- Közeltéri hatás

Az irányérzékeny mikrofonoknál van egy erőteljes mélyhangemelés, (akár +16 dB) ha a hangforrás közel van vagy közeledik a mikrofonhoz. Ez néha az előerősítő túlvezérlésével torzítást okozhat. Ennek a hatásnak a csökkentésére a keverőpulton 100 vagy 80 Hz-es mélyvágó szűrőket (low cut) alkalmaznak. (Ez a szűrő alkalmazható még a lépés, a mikrofon megfogásából származó és a szélzajok csökkentésére is.) Ilyen szűrő lehetséges hogy a mikrofonba is be van építve, akár kapcsolhatóan is.

- Kimeneti szint és érzékenység

A mikrofon érzékenységén azt értelmessük, hogy mekkora kimeneti szintet ad egy adott bemeneti hangnyomás esetén.

A hangnyomást decibelben mérjük, és a 0 dB SPL (sound pressure level) értéket 20 μ Pa értéken határozták meg. A mikrofonok érzékenységét általában 1 kHz-es szinuszhullámmal mérik, ezt azonban az érzékenységspecifikációban is fel szokták tüntetni.

Tipikus érzékenységspecifikációk:

-74 dBm re 1 mW/microbar

Ez azt jelenti hogy a mikrofon 74 dB SPL bemeneti szintre egy mW-nál 74 dB-vel kisebb szintet hoz létre. Hogy feszültséget kapjunk ebből az adatból, ismernünk kell a mikrofon és a terhelés impedanciáját is.

Output level of -47 dBV at 94 dB SPL

Ez azt jelenti, hogy -47dBV kimeneti jelet ad a mikrofon 94 dB SPL hangnyomás mellett.

25 mV/ μ Pa

Ez azt jelenti, hogy a kimeneti jelszint 25 mV mikropascalonként.

- Túlterhelés (betorzítás)

Ha a hangnyomás túllép egy értéket, a mikrofon mechanikai felépítése miatt betorzíthat (a membrán nem képes követni a nyomásváltozást)

A jó minőségű mikrofonok általában képesek 130-140 dB SPL hangnyomásszint torzítás nélküli átvitelére (e fölötti hangnyomás-szintek akár tönkre is tehetik a membránt). Megjegyzendő, hogy ez a hangnyomásszint 10 dB-el a fájdalomküszöb felett van! Ekkora hangnyomásszint pl. egy dob közeli mikrofonozása során léphet fel. Ezeknél a hangnyomásszinteknél azonban a mikrofon kimeneti jelszintje akkora lehet, amely túlvezérli a bemeneti erősítőfokozatot. Ez ellen a következőképpen léphetünk fel:

- bekapcsoljuk az előerősítő pad kapcsolóját (-20 dB), vagy egy ellenállásokból álló feszültségosztót építünk a kábelbe. Lehet hogy a mikrofonba is be van építve ilyen kapcsoló.
- csökkentjük a fantomtáp feszültségét a mikrofon adatlapján belül meghatározott értékeken belül

Viszont torzítás léphet fel nagy hangnyomásszintek esetén, ha a mikrofonban kimerült az elem, vagy a fantomtáp feszültsége alacsony az adott hangnyomás melletti használathoz. Ekkor cseréljük ki az elemet, vagy növeljük a fantomtápot a specifikációban megadott értéken belül.

- Kimeneti impedancia

A mikrofonkapszulák kimeneti impedanciája széles határok között változhat. Az alacsony kimeneti impedanciájú mikrofonok jele hosszabb mikrofonkábelben is elvezethető probléma nélkül, a nagy impedanciás mikrofonokról ugyanez nem mondható el, azok jele zavarérzékenyebb, szintvesztése nagyobb. Ezért a nagyimpedanciás egységekkel illesztőtranszformátort vagy illesztő-erősítőt építenek egybe. A keverőpultok tipikus bemeneti impedanciája 600 Ω .

- Tranziens átvitel

A tranziens átvitel nem más mint a mikrofonok válasza a hirtelen változásokra. A tranziens átvitelt a membrán és a hozzá kapcsolt tömeg határozza meg. Ezért a szalag és kondenzátormikrofonoknak jobb a tranziensátvitele. A

tranzienzátvitel általában annál jobb, minél kisebb a membrán. (Kisebb méret = kisebb tömeg.) A jó tranzienzátvitel kevésbé fontos pl. énekhang felvételénél, viszont fontos perkusszív hangszerek, mint zongora, ütősök felvételénél.

- Kivezetés

A legtöbb mikrofonon a kijövő jel szimmetrikus, és egy ún. XLR csatlakozón áll rendelkezésre.

Elvértve találhatunk még Jack-es és egyéb elborult vagy speciális csatlakozójú mikrofont, ill. asszimetrikus kivezetésűt (pl. Multimédia mikrofon).

Ezen kívül előfordulhatnak még különböző speciális csatlakozók is. Pl.: csöves mikrofon, vagy miniatűr mikrofon.

A vezetékes megoldáson kívül alkalmazzák még a rádiófrekvenciás hangátvitelt is, ekkor egy antennán közlekedik a jel, amit egy rádióvevővel (ez általában speciális) vehetünk.

b, „Felhasználási útmutató” avagy amit a mikrofonokról még tudni kell

- Fantomtáp (és veszélyei!)

ált. 48V, de speciális esetben 9V-tól néhány száz V-ig (nagyfeszültségre vigyázni)

Egyes mikrofonoknak (pl. kondenzátormikrofon) tápfeszültségre van szüksége a működéséhez. Erre részben a kondenzátor előfeszítése, részben az előerősítő táplálása miatt van szükség. A hangosítási gyakorlatban 9-48 V közötti egyenfeszültséget használunk, melyet a mikrofonkábelben vezetünk a mikrofonba. A földpont az 1. érintkező, a 2. és 3. érintkezőre kapcsoljuk a +48 V-ot.

Hibás bekötés esetén a fantomtáp a mikrofonkapszulára kerülhet, és ha az alacsony impedanciájú, akkor az azon átfolyó áram azt tönkretelheti. Ez különösen dinamikus mikrofonkapszulákra lehet veszélyes.

- A mikrofon feje: a védőrács, szivacs

A vokál / beszéd célú mikrofonokat vagy már eleve a védőrácsban belül szivaccsal készítik vagy külső ráhúzható szivaccsal hozzák forgalomba. Ez a hanghullámok számára áteresztő képességgel rendelkezik, a szél és a p vagy t hangok során keletkező hangokat, az apró nyálceppeket felfogja. Ezeket a szivacsokat néha szappanos vízzel célszerű kimosni.

Főként stúdiókban használnak még úgynevezett pop filtereket, amely legegyszerűbben egy keretre kifeszített nejlonharisnyából készíthető. Ezt 8-15 cm-re elhelyezve a mikrofontól megkímélhetjük magunkat a p és t hangoknál keletkező kellemetlen hangoktól, túlzérlésektől, mikrofonunkat pedig az apró nyálceppecskék okozta tönkremenéstől.

- Felrögzítés, kengyel, rázkódás védett kengyel, stb...

- Sztereó mikrofonozás

XY (két vese, 90-120 fok)

MS (vесе és nyolcas, 0 és 90 fokban, és jeleket keverik, adogatják)

sztereó pár, mikrofonfüggöny (két vagy több egyforma mikrofon, párhuzamosak, X távolságra)

Jecklin tárcsa (kb. 20-30 cm,)

- A mikrofonok elhelyezéséről

A mikrofonokat hangosításban célszerű minél közelebb a hangforráshoz, viszont minél távolabb a hangszóróktól elhelyezni, ezzel csökkenthetjük a gerjedésveszélyt. Minél több bekapcsolt mikrofon van a színpadon, annál nagyobb a gerjedés veszélye, ezért a nem használt mikrofonokat mindig kapcsoljuk ki.

c. A mikrofonok csoportjai

A mikrofonokat a hang-elektromos jelátalakítás, az iránykarakterisztika és ezekből fakadóan a szerint is csoportosíthatjuk, hogy milyen hangforrásra használhatóak legjobban.

Mikrofonok csoportosítása a **hang-elektromos jelátalakítás** mikéntje **szerint**:

Dinamikus mikrofonok.

Ezek a mikrofonok felépítésüket tekintve az **elektromágneses indukció** jelenségét használják fel, konkrétan azt a jelenséget, hogy az mágneses térben mozgó vezetőben áram indukálódik. A dinamikus mikrofonokban egy membránra rögzített lengőtekercs mozog egy mágneskör légrésében a hanghullámok hatására, és az abban a hangnak megfelelő elektromos áram indukálódik, amelyet felerősítve felhasználunk. A lengőtekercs mechanikai és elektromos paraméterei nem mindig felelnek meg az elektromos kívánalmainknak, ezért gyakran a mikrofontestbe **illesztőtranszformátort** építenek, hogy illesszék és szimmetrizálják a mikrofon kimeneti jelét. A dinamikus mikrofon az egyik leggyakrabban használt típus főleg hangosításban, egyszerűsége, robusztussága, megbízhatósága és nem utolsósorban jó hangminősége miatt.

Kondenzátormikrofonok.

A kondenzátormikrofon - mint ahogy a neve is mutatja -, nem más mint **egy légszigeteléses kondenzátor**, néhány pF kapacitással. A kondenzátor egyik fegyverzete maga a membrán, amely általában egy műanyagfólia, amelyre fémet gözölnek, a másik fegyverzete pedig egy általában fémmel gözölt kerámia vagy fémdarab.

Erre a kondenzátorra egyenáramot kapcsolnak. A hanghullámoktól a membrán mozgásba jön, ezzel változik a kondenzátor fegyverzeteinek a távolsága, amivel változik a kondenzátor kapacitása, ami a kondenzátor fegyverzetei közti feszültség megváltozását is maga után vonja. Ez a feszültségváltozás megfelel a hanghullámoknak. Sajnálatos módon ennek az elektromos jelnek a teljesítménye nagyon alacsony, így a kondenzátormikrofonokban **mindig előerősítőt alkalmaznak**, amely régebben elektroncsöves volt (meglehetősen nagyok lettek ettől a mikrofonok), manapság a tranzistoros modellek elterjedtebbek.

A kondenzátormikrofonok hangminősége felülmúlja a dinamikus mikrofonok hangminőségét, mert a membránnak nem kell mozgatnia a lengőtekercs tömegét, ezért impulzusátvitelük sokkal jobb.

A kondenzátormikrofonok érzékenyebbek az ütdőzésekre és a környezeti paraméterekre (hőmérséklet, relatív páratartalom) a dinamikus mikrofonoknál, ezért a hangosítástechnikában ritkán használják őket.

Elektret mikrofonok

Ezek a mikrofonok nem mások, mint olyan kondenzátormikrofonok, melyeknek a membránját a gyártás során polarizálták (töltéseket fagyasztottak be benne) és így nem igényelnek előfeszítést. Az elektret mikrofon szintén nagy impedanciás és előerősítőt igényel. Ezt az előerősítőt fantomtáplálással (lásd ott) vagy a mikrofon házában elhelyezett elemmel oldják meg.

Az elektretmikrofonok egyszerűbbek a kondenzátormikrofonoknál, relatív olcsóbbak is, ezért egyre gyakrabban használják hangosításban és stúdiókban is. Nagyon kicsik is lehetnek, ami lehetővé teszi néhány speciális alkalmazást. (Gomblyukmikrofon)

Szalagmikrofon

A szalagmikrofonban egy vékony **hajtogatott fémszalag** helyezkedik el egy **állandó mágneskör légrésében**. Ez a hajtogatott fémszalag tölti be a membrán szerepét. A hanghullámok hatására ez a fémszalag mozgásba jön, metszi a mágneskör erővonalait, amiktől a hangrezgésekkel arányos áram indukálódik benne. A nagyon alacsony impedancia miatt ezt az áramot **illesztőtranszformátorra** vagy megfelelő illesztőerősítőre vezetik.

A szalagmikrofonok minősége kitűnő, áruk azonban drága és rendkívül érzékenyek a külső behatásokra. (Egyes korai modelleket tönkre lehetett tenni egyszerűen azzal hogy ráköhögünk a membránra.) Hangosításban ezért nagyon ritkán használják.

Szénmikrofon

A szénmikrofonban egy dobozba szénpor van zárva. Ennek a doboznak az egyik fedele maga a membrán. A hanghullámok a membránt megmozgatva a hanghullámoknak megfelelően összesűríti a szénport, amelynek elektromos ellenállása ezzel változik. Ha egyenáramot vezetünk át ezen a változó ellenálláson, akkor váltakozó feszültséget kapunk.

A szénmikrofon hangminősége rossz, viszont egyszerű és strapabíró. A telefontechnikában használják, bár napjainkban az új telefonok többségében nem szénmikrofon van.

Piezomikrofon

A piezomikrofonban a piezoelektromosság jelenségét használjuk ki. Ez a jelenség abban nyilvánul meg, hogy bizonyos kristályokat kitüntetett irányok mentén összenyomva, a kristályok felületén feszültségváltozás mérhető.

A piezomikrofon így egy vezető fegyverzetek közé szorított piezoelektromos kristályból és egy hozzákapcsolt membránból áll. A membrán elmozdulásának következtében a kristály lapjain a hangnak megfelelő feszültség keletkezik.

A piezomikrofonok nem a minőségükről híresek, inkább az egyszerűségükről és olcsóságukról (ld. Multimédia mikrofonok), bár jó minőségű típusok is léteznek.

Általában kontakt mikrofonként (elektroakusztikus gitár, bőgő-húrláb) egy adott hangszerre specializálva, abba beépítve használják.

Mikrofonok csoportosítása **rögzítésük szerint**

Kézi mikrofonok

Az egyik legsűrűbben használt mikrofonfajta, úgy tervezték, hogy az énekes vagy beszélő az előadás közben kézben tarthassa. Ezeket a mikrofonokat gyakran helyezik állványra is.

Állványra szerelhető mikrofonok

Általában nagyméretű és drága, vagy speciális célra készült hangszermikrofonokat helyezünk állványra. Ennél a megoldásnál gyakran használnak rázkódásvédő felfüggesztést (pl. rugókkal, vagy gumiszalaggal), hogy az állvány vagy a környezet zajait a mikrofon ne vegye fel. Pl.: színpadi lépések zaja.

Ilyen kengyelt készíthetünk szükség esetén úgy, hogy a mikrofont egy akusztikai szivaccsal körbetekerjünk, azt egy darab ragasztószalaggal rögzítjük, és így helyezzük azt az állványra.

Csíptetős mikrofonok

Ezeket a mikrofonokat közvetlenül a beszélőre/énekesre rögzítik, a ruhájukra csíptetve. Előfordulhat az is - különösen énekes-táncos produkcióknál -, hogy az énekes homlokára ragasztják a testszínű mikrofont. Ennek az az előnye hogy tánc közben az énekes szájának és homlokának a távolsága mindig azonos marad, így nem változik a hang karaktere. Erre használnak fejmikrofont is, amelyet a fejre rögzítenek.

Csíptetős mikrofonokat használnak egyes hangszereken is, ahol az állvány használata kényelmetlen lenne, vagy a zenész szabadságát korlátozná az állványos mikrofon. (pl. szaxofonista)

Kontakt mikrofonok

Ezeket a mikrofonokat közvetlenül a hangforrásra rögzítik és annak felületi rezgéseit veszi fel. Gyakran örökre összeépítik a hangszerrel. (gitárpiezo, vagy bőgő-húrláb mikrofon)

Nyomásérzékeny mikrofon

Ennél a mikrofonfajtánál a membránt egy nagy sík felület mellett helyezzük el és a mikrofon nem a levegősebesség változásait érzékeli, hanem a membránja 2 oldalán lévő levegő nyomásának a megváltozását. Ez a típus ragyogóan működik a hangfrekvenciás kioltások szempontjából és jó a minősége is, de a mélyátvitel függ a határoló felület méretétől. Ezek a mikrofonok szinte mindig gömbkarakterisztikájúak, ezért sajnos gerjedékenyek. Főként színházi hangosításoknál használják őket.

Puska mikrofonok

Alakjuk miatt kapták ezt az elnevezést. Ezek a mikrofonok nagyon irányérzékenyek, amit az oldalról érkező hanghullámok akusztikai - esetleg elektromos - kioltásával érnek el. Ezeket a mikrofonokat főleg filmfelvételeknél használják, ahol a mikrofon vagy az állvány látványa nem megengedhető.

Parabola mikrofon

Egy akusztikai parabolatükörrel egy mikrofonkapszulára fókuszálják a hangot, mellyel annak irány és abszolút érzékenysége nagyon megnő. Természeti hangok felvételénél használják.

Egyéb mikrofonok

Előfordulhat még hogy egyetlen testbe több kapszulát építenek. E szerint a mikrofonok lehetnek:

- sztereó mikrofonok

- két vagy többutas mikrofonok mint a kétutas hangszórók
- zajelnyomó mikrofonok, ahol két kapszula helyezkedik el egymás mögött, ellentétes polaritással bekötve, és a mikrofon főirányával ellentétes irányból jövő nem kívánt zaj így kioltódik

A mikrofonok csoportosítása **irányérzékenységük** szerint

A mikrofonok felépítésükből fakadóan különböző irányokból és különböző frekvenciákon különböző érzékenységet mutatnak. Ezt nevezzük iránykarakteristikának, és általában polárdiagramon ábrázoljuk. Ez a **polárdiagram** egy kördiagram, ahol a mikrofon főirányától való eltérés van a kördiagram különböző pontjain, az érzékenységet pedig a középponttól való távolsággal ábrázolják. Különböző frekvenciákon különböző érzékenységi görbék vannak általában. Mivel a mikrofonok általában hengerszimmetrikusak ezért ezeket a polárdiagramokat elégséges egy hosszszelvényre felvenni, azonban ettől eltérő megoldás is elképzelhető.

Gömbmikrofon (Omnidirectional mics)

Mint ahogyan a neve is mutatja a tér minden irányából jövő hangokra egyformán érzékeny. Hangosításban nem feltétlenül praktikusak, hiszen nem nyújtanak védelmet a gerjedéssel szemben. Igaz viszont hogy egyenletes frekvenciamenetük miatt nem tartalmaz karakterisztikájuk csúcsokat, ennek köszönhetően nincsenek gerjedésre érzékenyebb frekvenciái. Általában felvételnél használják őket.

Vesemikrofonok (Cardioid)

Nevüket onnan kapták, hogy a mikrofonok iránykarakterisztika görbéje az angolok szerint egy szívre, a németek szerint egy vesére hasonlít. A legáltalánosabban használt mikrofontípus. Az irányított érzékenységének köszönhetően jól használhatóak hangosításban, jól elkerülhető velük a gerjedés. Sajnos azonban frekvenciamenetük nem olyan egyenletes mint a gömbkarakterisztikájú mikrofonoknak, különösen ha a hangforrás nincs a tengelyükben.

Kétirányú vagy nyolcas karakterisztikájú mikrofonok (figure 8)

Nevüket onnan kapták hogy iránykarakterisztikájuk nyolcas alakú, ezek a mikrofonok érzéketlenek az oldalirányú jelekre, viszont közel egyformán érzékenyek mindkét irányból jövő jelekre. Ez a módszer akkor célravezető, ha két egymással szemben álló hangforrást akarunk rögzíteni, pl. egy interjú-szituációban.

Szuperkardioid mikrofon

Ezek a mikrofonok még irányérzékenyebbek a kardioid mikrofonoknál, viszont van a főirányukhoz képest hátrafelé mutatott érzékenységük is. Ezért olyan helyzetekben használják, ahol érdekesebb az oldalirányból jövő hangok elnyomása, mint a hátulról jövőké. A szuperkardioid mikrofonokhoz hasonlóak az úgynevezett hiperkardioid mikrofonok, de nem azonosak velük.

Sztereo mikrofonozási technikák

A legtöbb vitát a profi hangmérnökök között a sztereo mikrofonozási technika kiválasztása okozza. Sztereo mikrofonozásra több elterjedt módszer van:

AB: két egyforma mikrofont helyezünk el egymástól akár több méterre azonos magasságban. Viszonylag jó eredményt ad, viszont nem jó a térleképezése.

XY: két vesekarakterisztikájú mikrofont helyezünk egymás mellé, úgy hogy azok 45-60 fokos szöget zárjanak be egymással. Fejhallgatón hallgatva jó térleképezést nyújt, viszont terhes a vesekarakterisztikájú mikrofonok frekvenciamenetének ingadozásától.

MS: a név egy előre felé néző vese (M Mono) és egy oldalra néző 8-as karakterisztikájú mikrofon együttest jelent (S-Side). Mindkét sztereo csatornára rávezetjük az M kapszula jelét, a 8-as karakterisztikájú kapszula jelét egy elektronikus mátrixon keresztül azonos fázisban az egyik, ellenfázisban a másik csatornára vezetjük rá, így nyerünk térinformációt. A 8-as kapszula jelszintjének változásával kinyithatjuk vagy kedvünkre bezárhatjuk a

teret. A monó rádiózásról a sztereó rádiózásra való áttéréskor használták különösen, ugyanis itt az M kapszula jele egyértelműen monó, az S kapszula jele egyértelműen tér információt tartalmazott, így nem kellett törődni a monó - sztereó átalakítás azon problémájával hogy egy átlagos sztereó jelben egy hangszer hangja ellentétes fázisban lehet jelen a két csatornában, így ezek egyszerű összegzése során kioltás keletkezik. (Megj.: Ha valaki egy olcsó, monó rádió többnyire egyébként is rossz átvitele mellett érzékeny arra, hogy a hangszerek aránya esetleg nem megfelelő, az megérdemli. Vegyen sztereó rádiót.)

Jecklin-tárcsa:Jürg Jecklin nevű mérnök találmánya, a lényege az hogy két gömbkarakterisztikájú, egyébként Brüel & Kjaer (ma már DPA a cég neve) mikrofonnal akart sztereó felvételt készíteni. Ezért a két mikrofon kapszuláját nagyjából az átlagos emberi fül távolságának megfelelő távolságban, egymástól egy hangelnyelő anyaggal bevont tárcsa (amely az emberi fej a két fület egymástól elválasztó hatását hivatott létrehozni) két oldalán helyezte el. Ezzel nagyon jó eredmények érhetők el a nagyon jó linearitású gömbkarakterisztikájú mikrofonokkal.

Vezeték nélküli mikrofonok

A drótnélküli mikrofonok egy mikrofonkapszulával egy házban vagy külön dobozban elhelyezett **VHF vagy UHF FM rádióadó**ból állnak. Így ezeknek a mikrofonoknak csatlakoztatásához nem szükséges kábel, ami nagy fokú szabadságot biztosít az előadónak, másrészt megszabadulhatunk a kábelek nem túlságosan szép látványától. Hátrányuk, hogy a rádiócsatornák használata miatt **zavarérzékenyek**, illetve a csatornák sáv szélessége miatt korlátozott a frekvencialöket, ami korlátozza az átvihető dinamikát, másrészt a mikrofon használata során nem tudjuk beállítani a mikrofonelőerősítő erősítését. (Gain)

A drótnélküli mikrofonoknál ezért szinte mindig **beépített kompandert és expandert** használnak.

A drótnélküli mikrofonok használata során fontos hogy egy frekvenciát az adott helyen csak egyetlen egy eszköz használjon. (pl. zártcélú mobil rádiótelefonok használata azonos frekvencián)

A drótnélküli mikrofonok általában elemről működnek, amelyet használat előtt érdemes újra kicserélni. Az elem állapotáról általában tájékoztat egy az adón elhelyezett led, amely akkor kezd világítani, amikor az elemfeszültség kezd aggasztó mértékben csökkenni.

A rádiós mikrofonok jellemző kezelőszervei / kijelzői

Az adón elhelyezett **ki/be kapcsoló**. Ha a mikrofont nem használjuk, a mikrofont kapcsoljuk ki, és erre, valamint a bekapcsolásra oktassuk ki a mikrofont használót is.

Gain kapcsoló vagy potméter az adón: Ugyanaz mint a keverőpulton. Állítsuk a legnagyobb olyan állásba amely nem produkál torzítást.

Frekvencia vagy csatornaválasztó kapcsoló: állítsuk ugyanarra mint a vevőt.

RF level: Egy szintmérő az adón, amely a beérkező rádiófrekvenciás jel szintjét mutatja, ha ez a jel csökken, akkor a vétel zajosabb lesz, utasítani kell a mikrofon használóját hogy ne távolodjon messzebb a vevőtől, vagy közelebb kell elhelyezni a vevőt az adóhoz.

Squelch: Rádiófrekvenciás zajzár, arra szolgál hogyha a rádiófrekvenciás jel erőssége egy bizonyos szint alá csökken, akkor a vevő kapcsoljon ki, és ne erősítse a légkörből származó egyéb zajokat, ne kezdjen el sisteregni. Ha jó vétel közben bekapcsol, csökkentünk a küszöbszintjét, ha viszont a zajzár nem kapcsol be esetleges sisterség esetén, akkor növeljük a küszöbszintjét.

LF Level: A hangfrekvenciás jel kimeneti szintje.

Diversity: A drótnélküli mikrofonok vevője szintén mindig diverzitásos, ami azt jelenti, hogy két antennát helyeznek el egymástól meghatározott távolságra, és mindig az erősebb jelű jelét használják. Ezzel kiküszöbölhetőek a különböző hosszúságú úton haladó direkt és a reflektált rádióhullám interferenciájából származó kioltások.

A rádiós mikrofonok **kimenete lehet vonal vagy mikrofonszintű** is.

Az AC-ban használt mikrofonok

AKG:

D65S Kapcsolós, dinamikus mikrofon, beszéd célra

D3700 Jobb dinamikus ének/beszéd célra

D112 Dinamikus, basszus mikrofon, lábdobra, basszusgitárra (tojás)

C535 Nagyon jó elektretmikrofon énekre, de hangszerekre is

C1000 Szép lineáris vese/szupervese mikrofon, mindenre jó, de mélyhangban viszonylag erősen vág

C2000 Szép lineáris vese/szupervese mikrofon

Senheiser:

E604 kifejezetten dobmikrofon, dinamikus

Shure:

565S Dinamikus, énekre, hangszerekre. Elég jó.

SM57 Dinamikus, általános célú hangszermikrofon, de énekre is jó. Nagyon jó.

SM58 Dinamikus, általános célú ének/szövegmikrofon, de hangszerekre is jó. Nagyon.

SM94 elektret mikrofon, cintányérokra főként

Neumann:

SM69 csöves kondenzátormikrofon. Sztereó, stúdióban, változtatható karakterisztika.