

# MIKROFONY

MUNI  
ARTS

**Kurz:**      **Studiová technika II**

---

**Autor:**      Jiří Schimmel

# Historie

- 1876 Bell: „elektrický kelímkový telefon“, železný plátek v blízkosti elektromagnetu je rozechvíván zvukovodem a tím vytváří střídavý proud v cívce elektromagnetu
- Bell, Gray: tekutý mikrofon, používá tekutý vodič, který mění svoji elektrickou vodivost
- 1877 Berliner: mikrofon s proměnným odporem kontaktu, ocelová kulička umístěná u kovové membrány
- 1878 Hughes, 1881 Blake, Berliner, Edison: uhlíkové mikrofony, membrána stlačuje zrna uhlíku, uhlíkovou destičku nebo uhlíkovou tyčinku, čímž se mění jeho elektrický odpor a to způsobuje modulaci elektrického proudu, který jím protéká (typ s uhlíkovými zrny se používal v telefonních přístrojích až do 80. let)
- 1917 Wente: elektrostatický mikrofon
- 1930 Blumlein: elektrodynamický mikrofon
- 1930 Olson: páskový mikrofon
- 1933 Chorpeneing a Woodworth: piezoelektrický mikrofon
- 1960 Sessler: elektretový mikrofon
- 1958 Beyer: páskový mikrofon

# Referenční bod a osa mikrofonu

- **Referenční bod:** střed hlavního vstupu mikrofonu (průsečík akustické osy s plochou akustického vstupu)
- **Referenční (akustická) osa:** přímka procházející referenčním bodem indikující výrobcem doporučený směr dopadu zvuku (obvykle ve směru maximální citlivosti mikrofonu, u rotačně symetrických mikrofonů často shodná s jejich osou)



# Citlivost mikrofonu

- Poměr výstupního napětí k akustickému tlaku, který na mikrofon působí

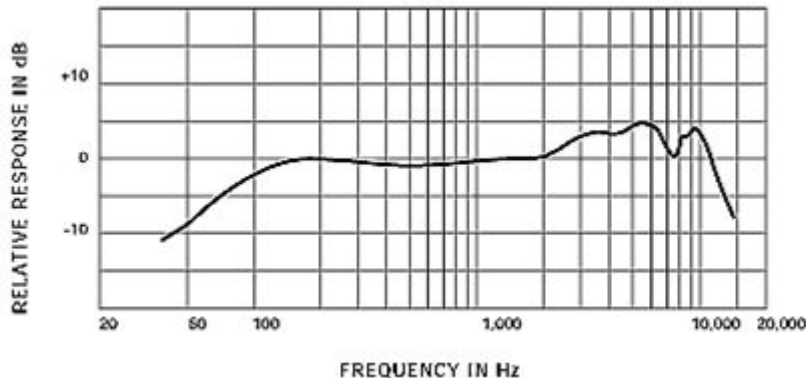
$$\eta = \frac{|u|}{|p|} [\text{V/Pa}]$$

$$\eta = 20 \log \frac{\eta}{\eta_0} [\text{dB V/Pa}]$$

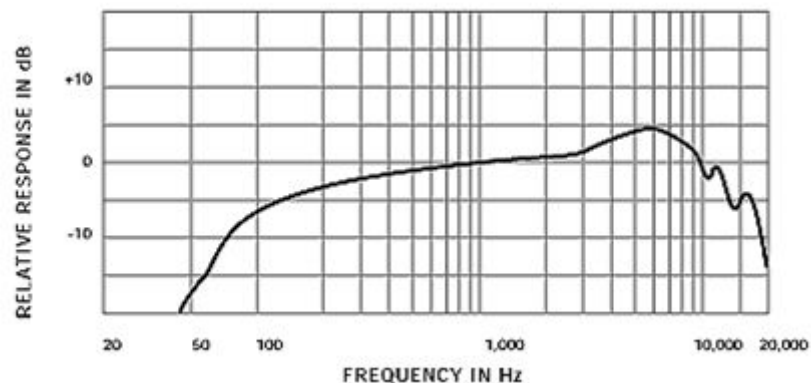
- ve volném poli (před vložením mikrofonu do pole)  $\eta_V$  – dopad vlnění ve směru akustické osy
- v difúzním poli (před vložením mikrofonu do pole)  $\eta_D$  – všesměrový dopad vlnění
- v tlakovém poli
- pro blízké zdroje zvuku (close-talking, near-field)

# Kmitočtová charakteristika mikrofonu

- **Absolutní:** závislost hladiny výstupního napětí nebo citlivosti mikrofonu v dB na kmitočtu budícího harmonického vlnění při uvedeném úhlu dopadu (obvykle  $0^\circ$ , tj. v referenční ose)
- **Relativní:** absolutní kmitočtová charakteristika vztažená ku výstupnímu napětí/citlivosti mikrofonu při uvedené frekvenci (obvykle 1 kHz)



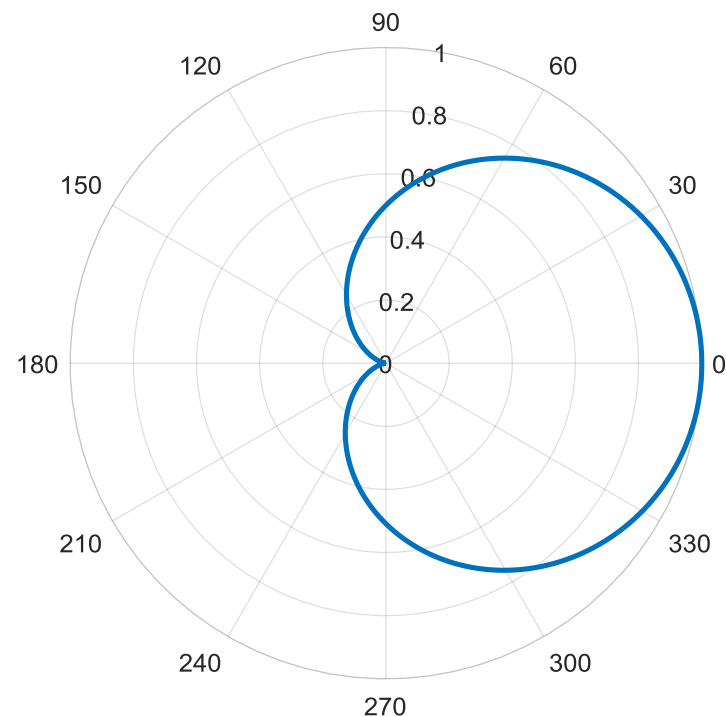
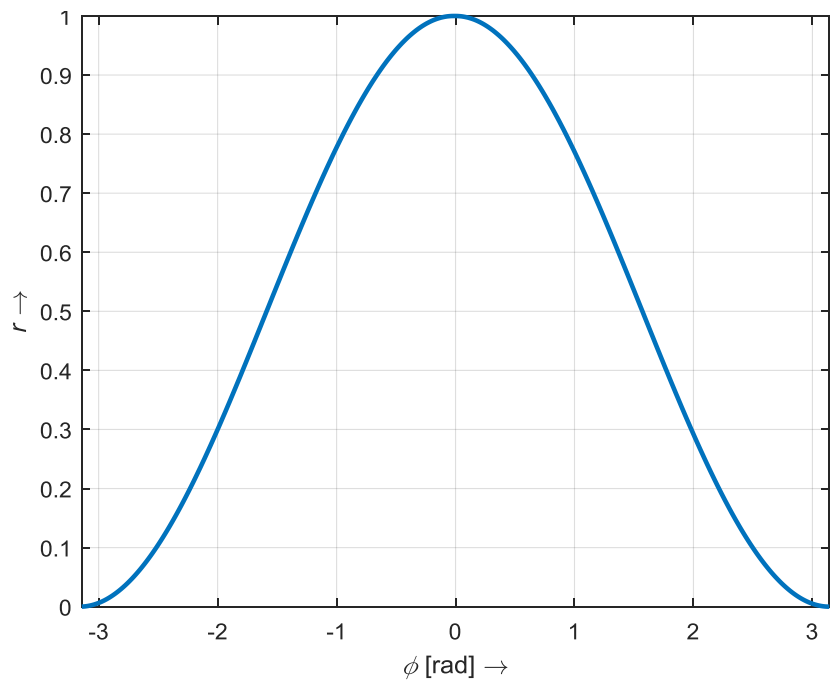
Shure SM SM58 (elektrodynamický, pro zpěv)



Shure SM SM87A (kondenzátorový, pro zpěv)

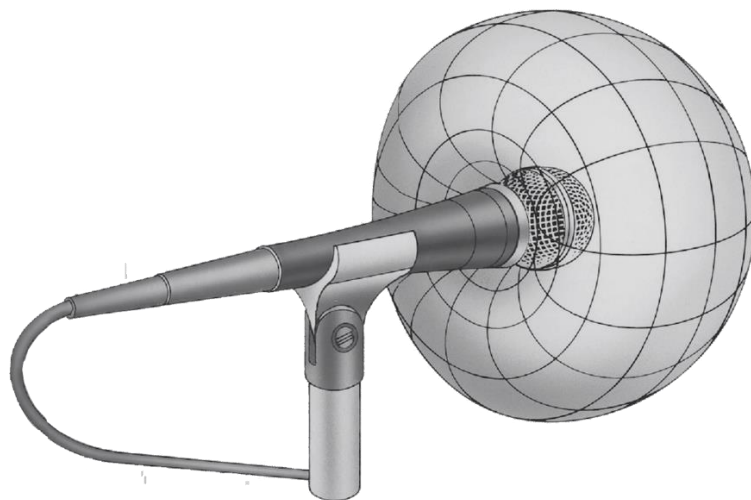
# Směrová charakteristika mikrofonu

- Křivka představující citlivost mikrofonu ve volném poli jako funkci úhlu dopadu zvukové vlny pro uvedený kmitočet, zakreslená v polárních souřadnicích



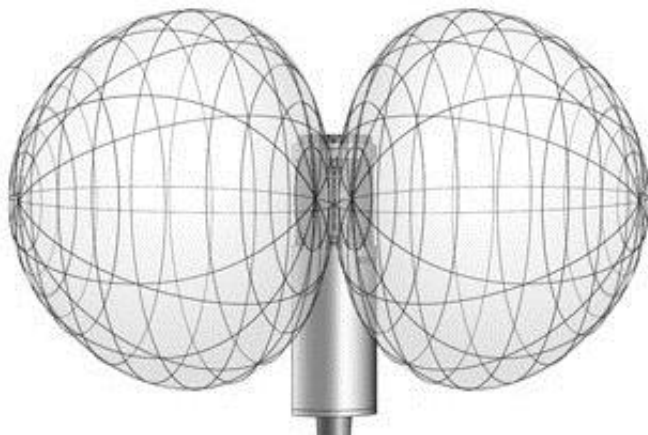
# Směrová charakteristika mikrofonu

- Křivka představující citlivost mikrofonu ve volném poli jako funkci úhlu dopadu zvukové vlny pro uvedený kmitočet
- Obvykle rotačně symetrická, znázorněná jako 2D pro elevaci  $0^\circ$



# Směrová charakteristika mikrofonu

- Křivka představující citlivost mikrofonu ve volném poli jako funkci úhlu dopadu zvukové vlny pro uvedený kmitočet
- Obvykle rotačně symetrická, znázorněná jako 2D pro elevaci  $0^\circ$





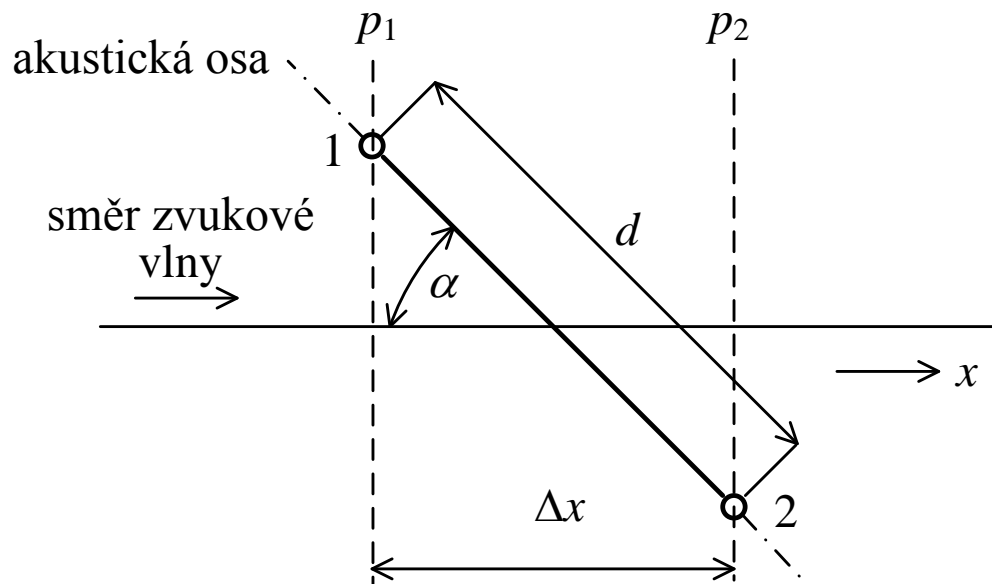
# Akustické přijímače

# Gradientní přijímače

- **Gradientní přijímač:** výstupní napětí naprázdno je v poli postupné kulové vlny úměrné  $n$ -té derivaci akustického tlaku podle vzdálenosti od bodového zdroje zvuku (*gradientní přijímače  $n$ -tého řádu*)
- Přijímač 0. řádu: na membránu působí akustický tlak pouze z jedné strany
  - Výstupní napětí je závislé na akustickém tlaku (tzv. *tlakové přijímače*)
  - Výstupní napětí je nezávislé na vzdálenosti zdroje zvuku od přijímače  $\Rightarrow$  vzdálenostní charakteristika je konstantní
  - Výstupní napětí je nezávislé na směru přicházejícího zvukového vlnění  $\Rightarrow$  směrová charakteristika je konstantní (kulová ve sférických souřadnicích)

# Gradientní přijímače 1. řádu

- Spojení dvou přijímačů nultého řádu
- Praktická realizace: akustické vlny působí na obě strany membrány, výsledná síla působící na membránu je úměrná rozdílu akustických tlaků působících z obou stran



# Gradientní přijímače 1. řádu

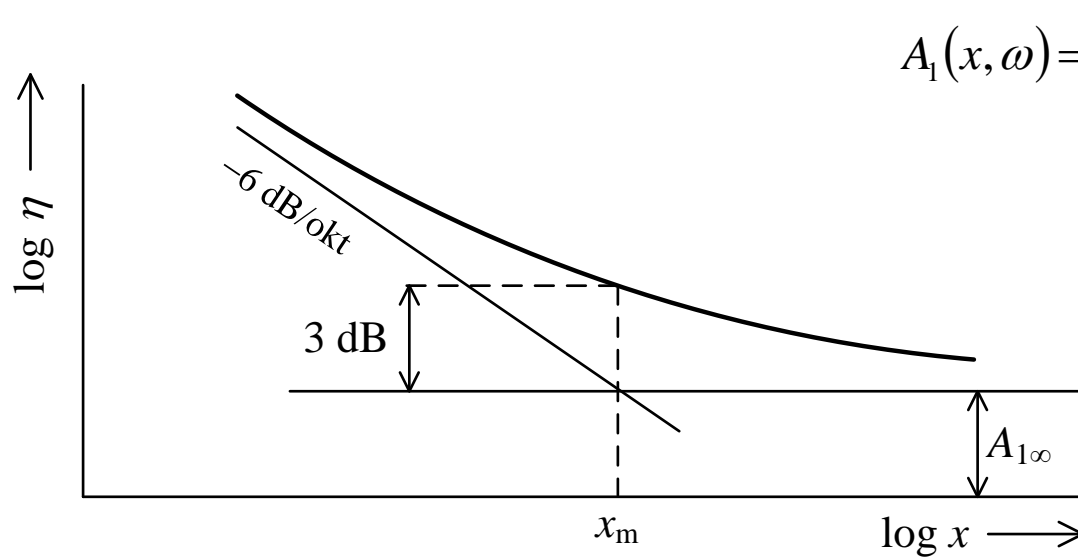
- Výstupní napětí mikrofonu odpovídá velikosti vektoru akustické rychlosti ve směru referenční osy mikrofonu (tzv. *rychlostní* mikrofony)
- Výstupní napětí závislé i na vzdálenosti a směru zdroje zvuku

$$u = k_a \frac{S}{Z_M} p A_1 d \cos \alpha \quad A_1(x, \omega) = \frac{1}{x} + jk = \frac{1}{x} + j \frac{\omega}{c_0} = \frac{1}{x} + j \frac{2\pi}{\lambda}$$

# Vzdálenostní charakteristika přijímače 1. řádu

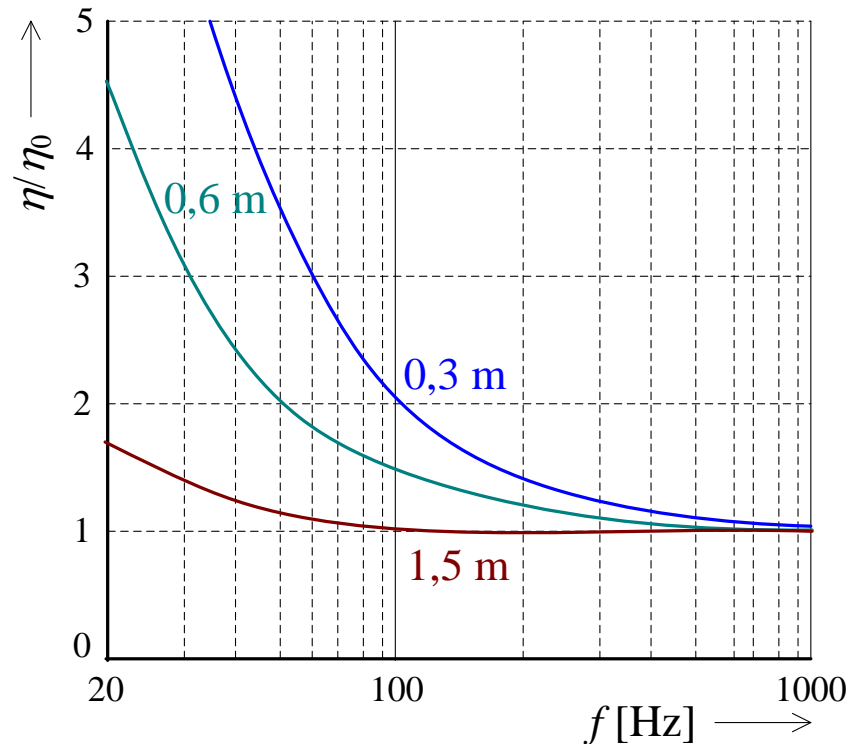
- S rostoucí vzdáleností klesá reálná část  $A_1$ , pro malé vzdálenosti je modul  $A_1$  určen  $1/x$ , pro velké vzdálenosti  $\omega/c_0$ .
- Mezní vzdálenost (reálná a imaginární část  $A_1$  jsou shodné):

$$x_m = 1/k = c_0/\omega$$



# Proximity efekt

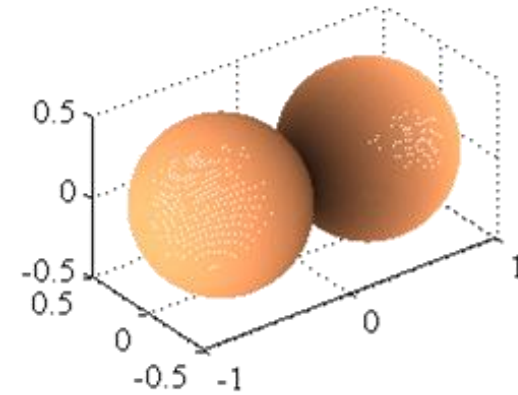
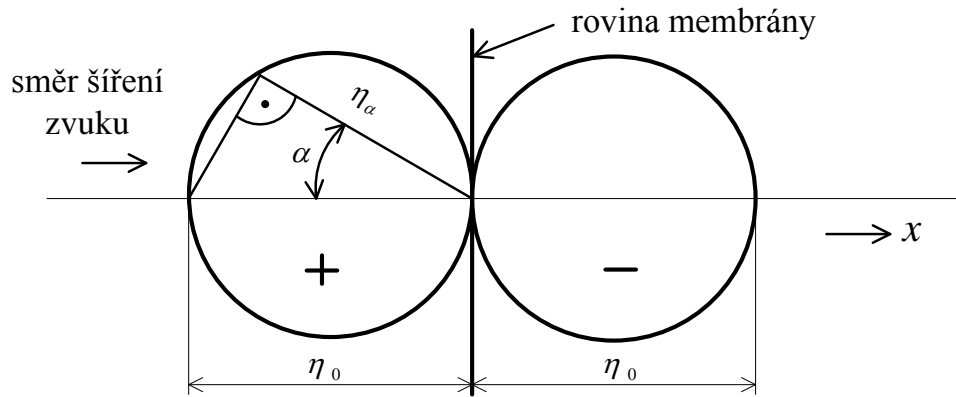
- Zesílení nízkých kmitočtů blízkých zdrojů zvuku vlivem kmitočtové závislosti mezní vzdálenosti mikrofonu



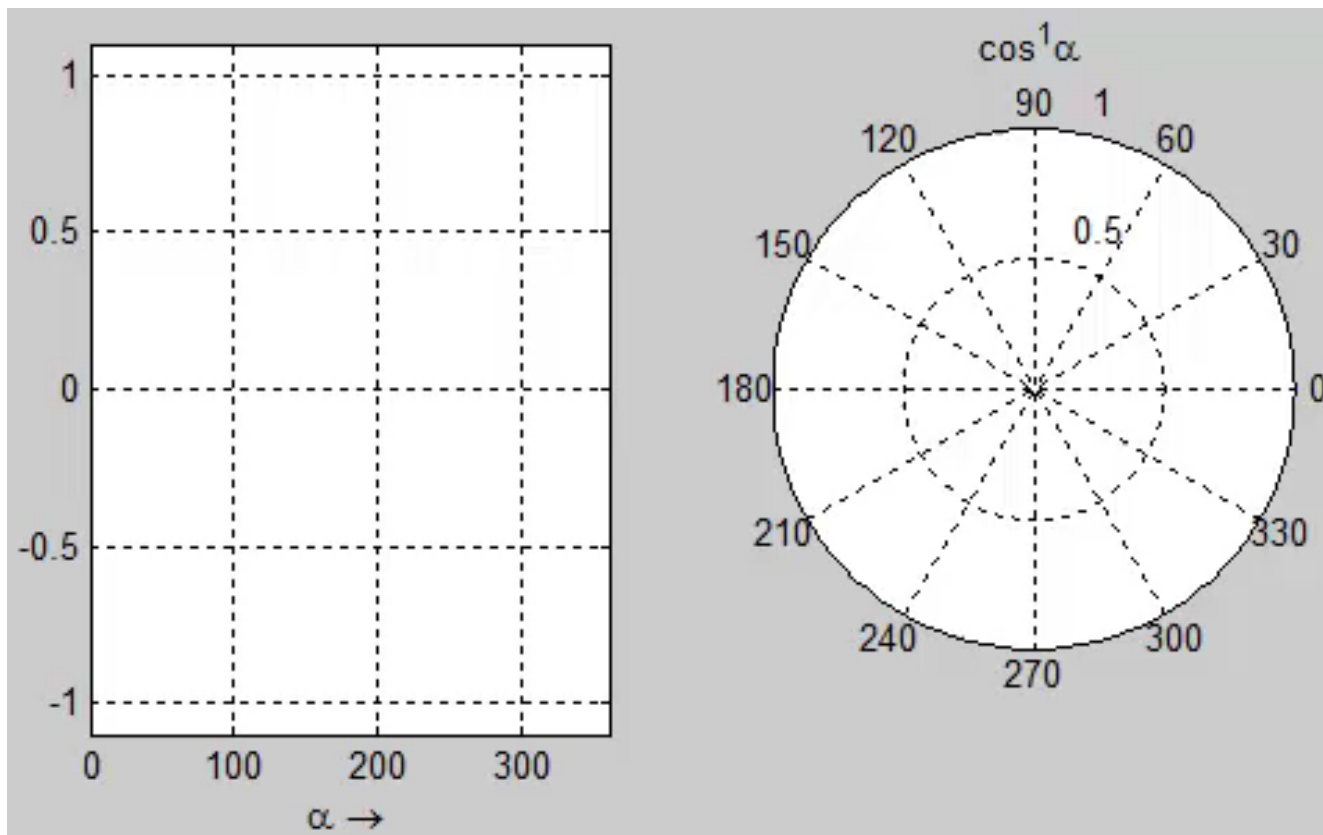
# Směrová charakteristika přijímače 1. řádu

- Směrová charakteristika:

$$\eta = |\eta_0 \cos \alpha|$$



# Směrová charakteristika přijímače 1. řádu

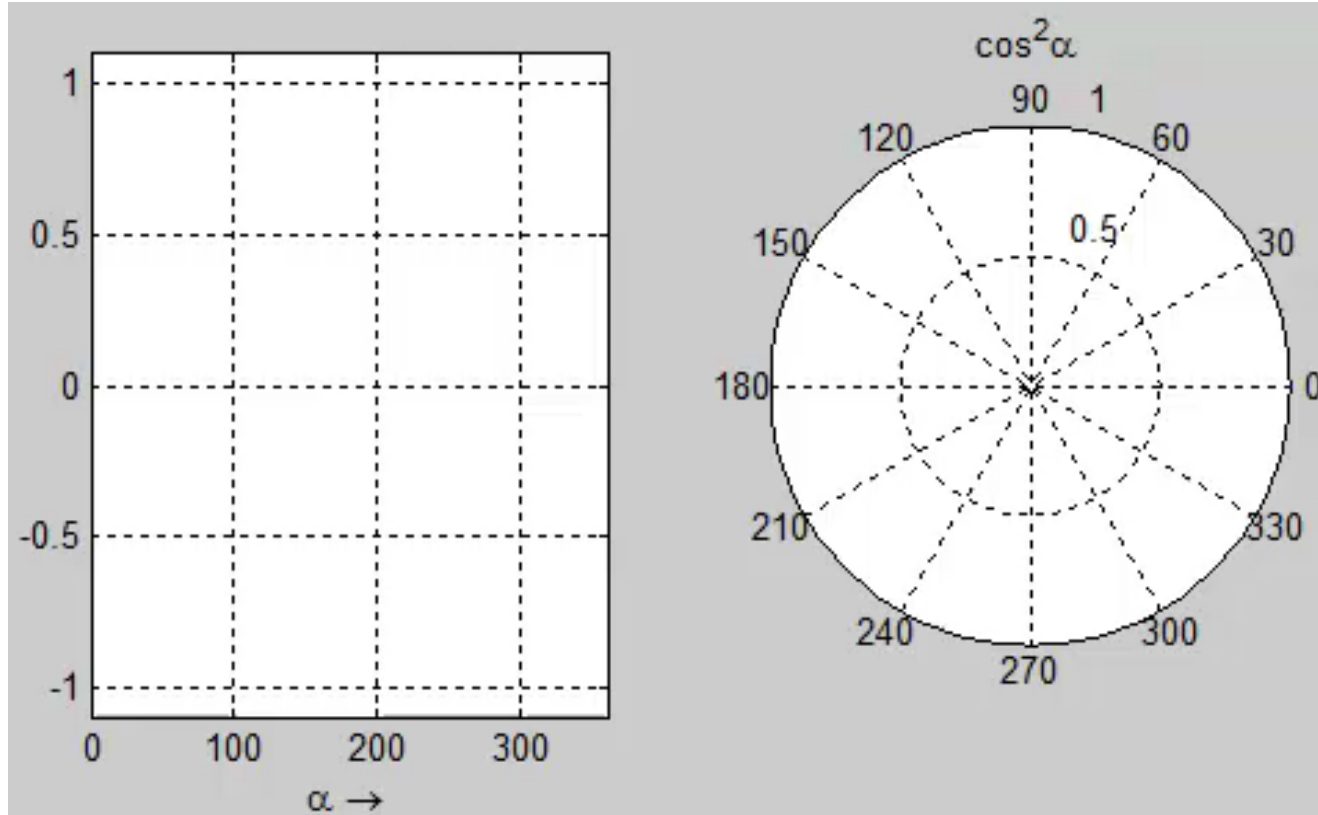




# Přijímače $n$ -tého řádu

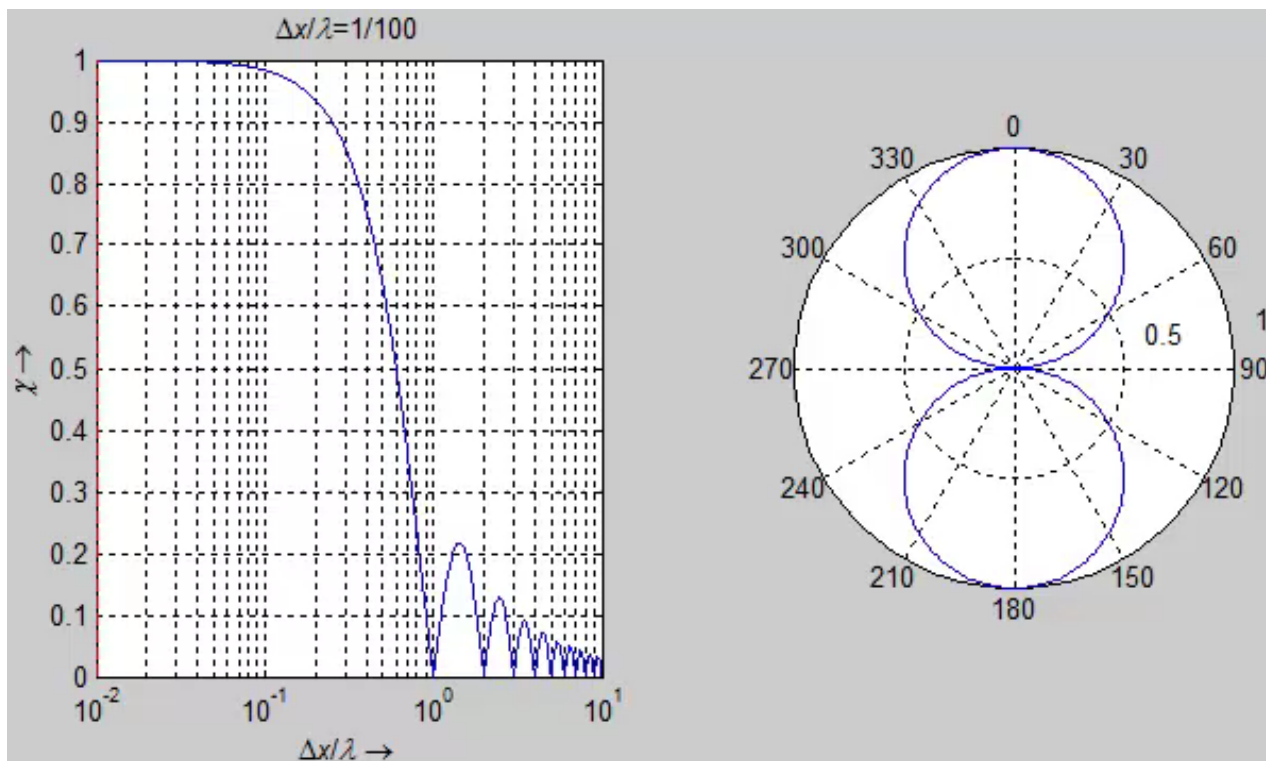
- Zapojení dvou přijímačů  $n-1$ . řádu
- Citlivost na blízké zdroje zvuku roste s  $n$ -tou mocninou vzdálenosti od zdroje, vzdálenostní charakteristika klesá až do mezní vzdáleností s vyšší strmostí
- Směrová charakteristika odpovídá  $n$ -té mocnině funkce kosinus, citlivost mimo akustickou osu přijímače klesá

# Směrová charakteristika přijímače $n$ -tého řádu

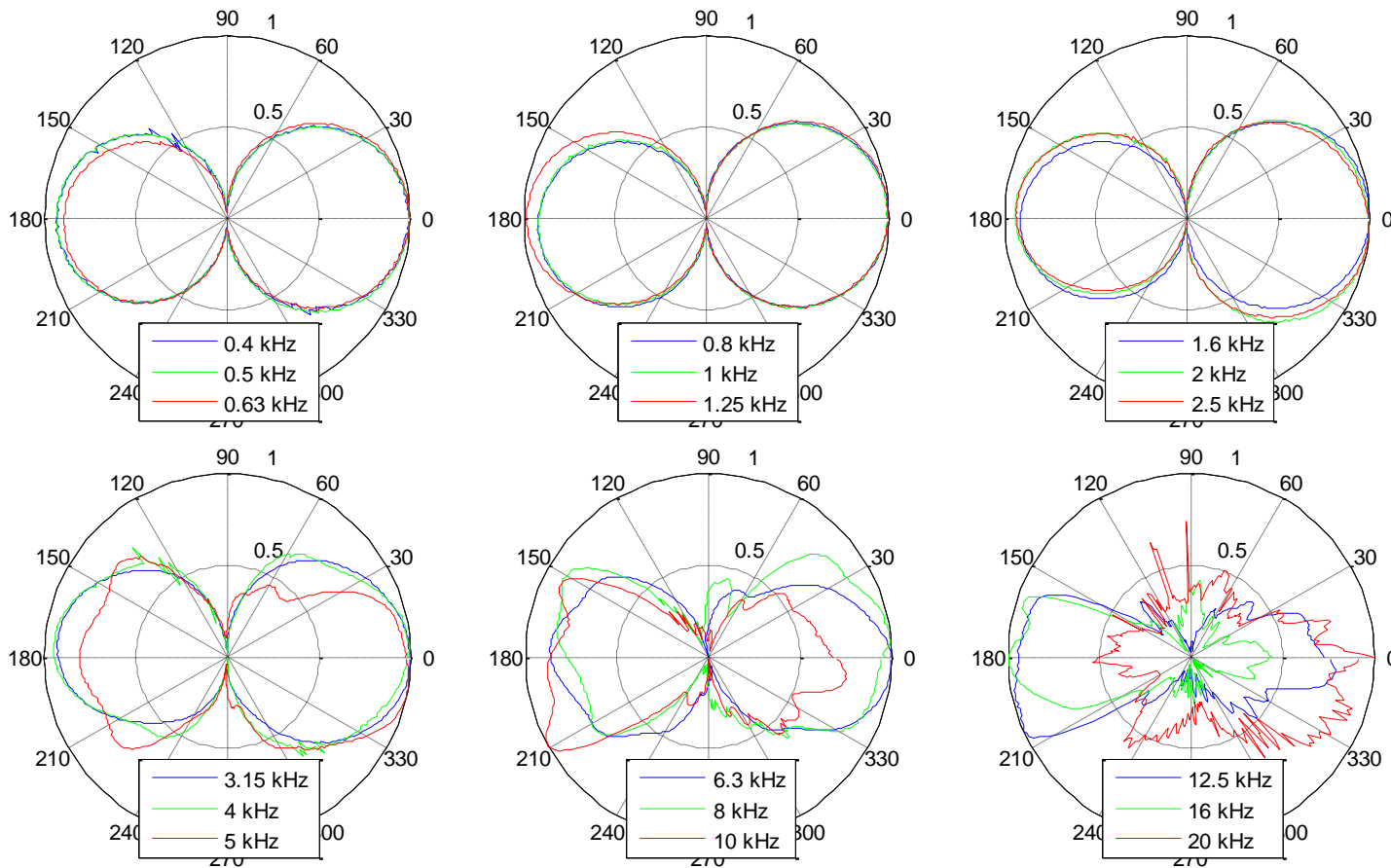


# Vliv konečných rozměrů přijímače

- Směrová a kmitočtová charakteristika mikrofону prvního řádu



# Vliv konečných rozměrů přijímače



# Směrové přijímače

# Směrové přijímače 1. řádu

- Spojení gradientního přijímače 0. a 1. řádu v jednom bodě:

$$u = u_0 + u_1 = \eta_0 p + \eta_1 p \cos \alpha = p \eta_0 \left( 1 + \frac{\eta_1}{\eta_0} \cos \alpha \right)$$

$$\eta = |\eta_0 + \eta_1 \cos \alpha|$$

$$\eta_0 + \eta_1 = 1$$

$u_0$  – výstupní napětí přijímače 0. řádu

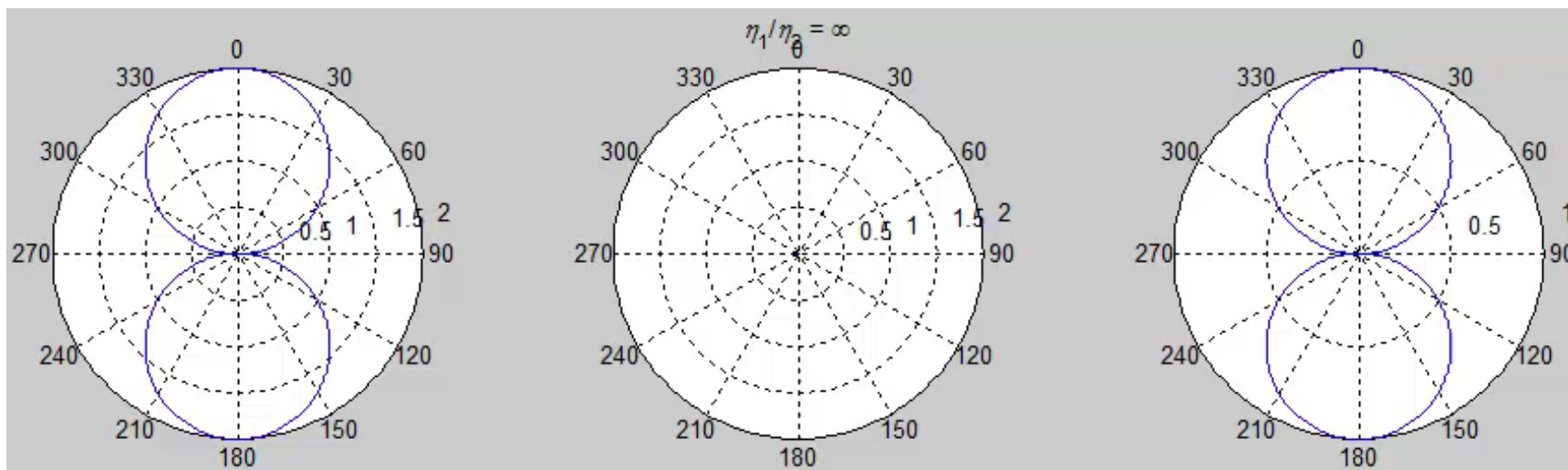
$u_1$  – výstupní napětí přijímače 1. řádu

$\eta_0$  – citlivost přijímače 0. řádu

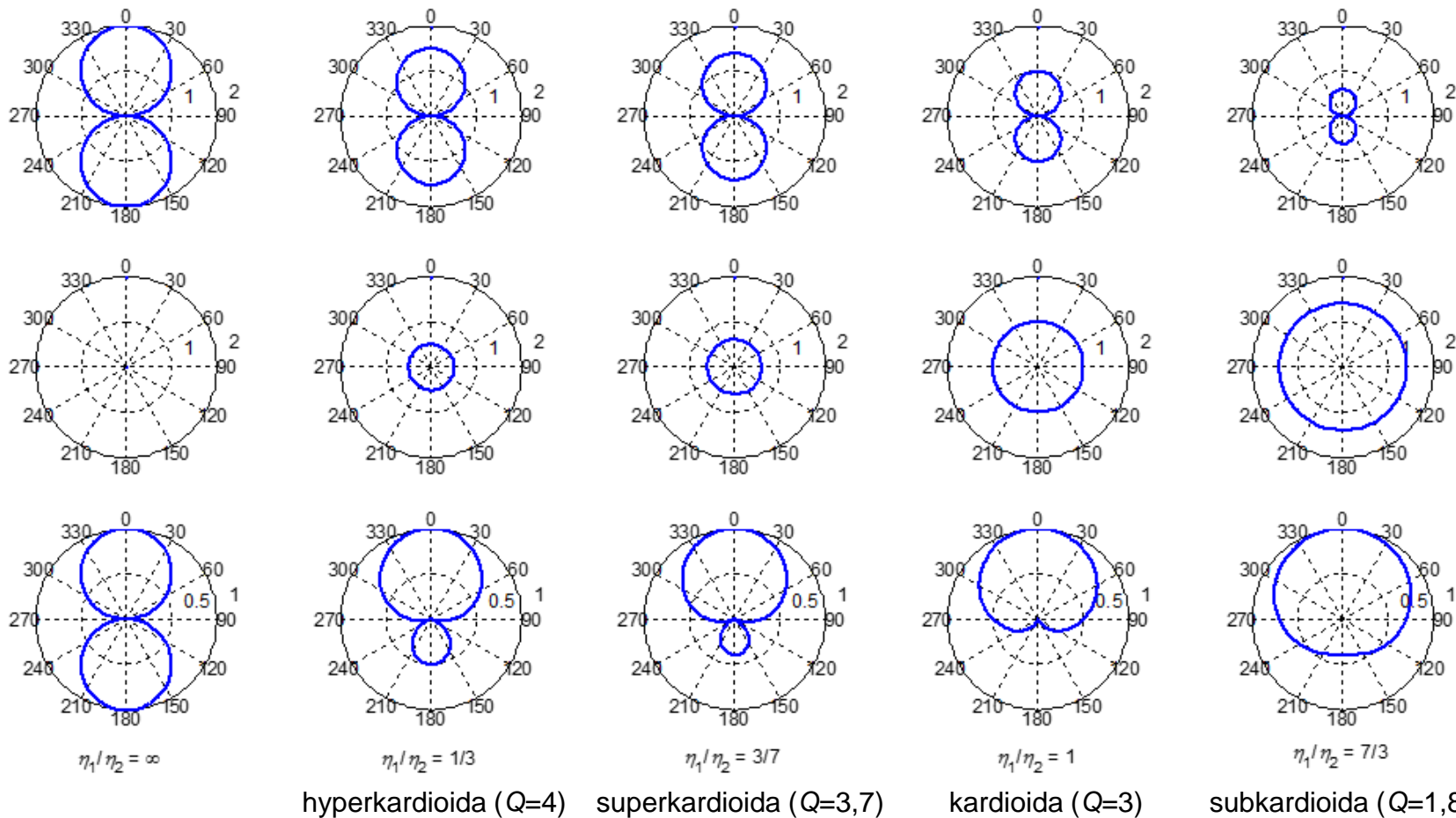
$\eta_1$  – citlivost přijímače 1. řádu

- Poměrem citlivosti  $\eta_0/\eta_1$  je možné měnit tvar směrové charakteristiky přijímače.

# Směrová charakteristika směrového přijímače 1. řádu



# Směrová charakteristika směrového přijímače 1. řádu





# Parametry směrových přijímačů

- **Činitel směrovosti** (Directivity Factor): poměr citlivosti ve volném a difúzním poli

$$Q = \frac{\eta_V^2}{\eta_D^2} = \frac{2}{\int_0^\pi [\eta(\alpha)]^2 \sin \alpha \, d\alpha} = \frac{3}{3\eta_0^2 + \eta_1^2}$$

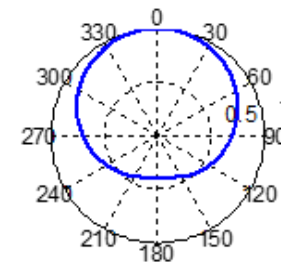
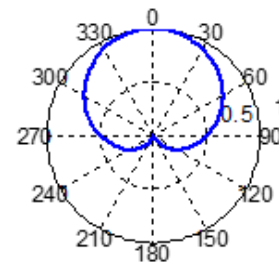
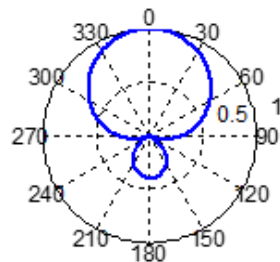
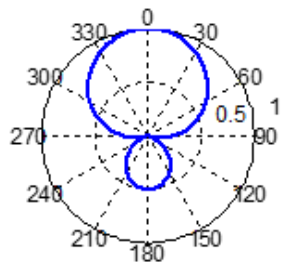
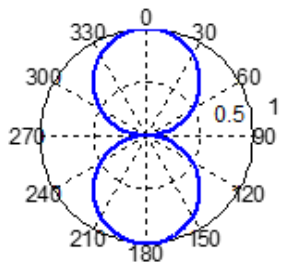
- **Činitel vzdálenosti** (Distance Factor): poměr citlivosti mikrofonu v difúzním poli k citlivosti všesměrového mikrofonu
- Úhel nulové citlivosti  $\alpha_0$

$$\eta(\alpha_0) = 0 \quad \alpha_0 = \arccos -\frac{\eta_1}{\eta_2}$$

- Úhel poklesu citlivosti na polovinu  $\alpha_{-6\text{dB}}$

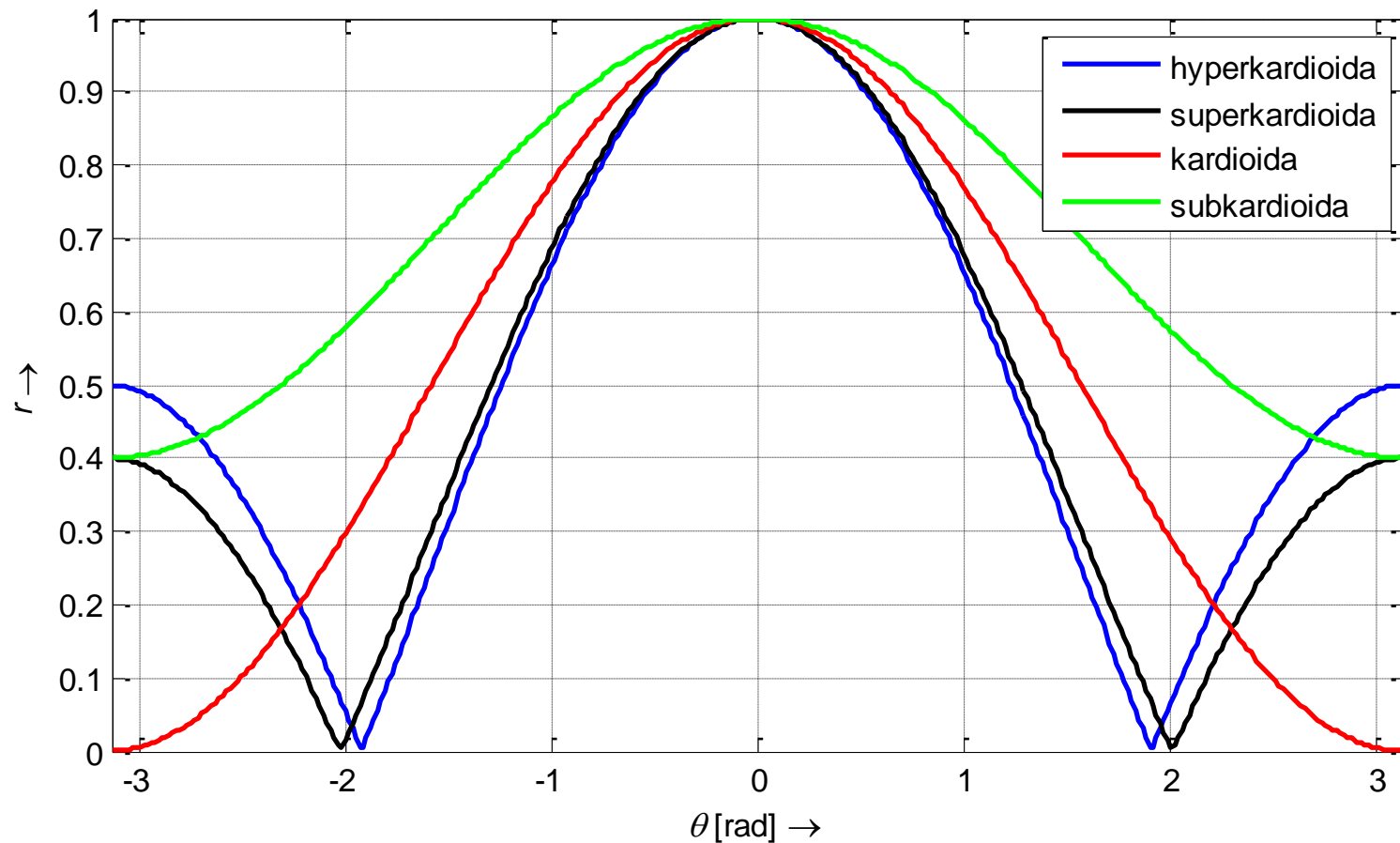
$$\frac{\eta(\alpha_{-6\text{dB}})}{\eta(0)} = 0,5 \quad \alpha_{-6\text{dB}} = \arccos \frac{0,5 - \eta_1}{\eta_2}$$

# Parametry směrových přijímačů 1. řádu

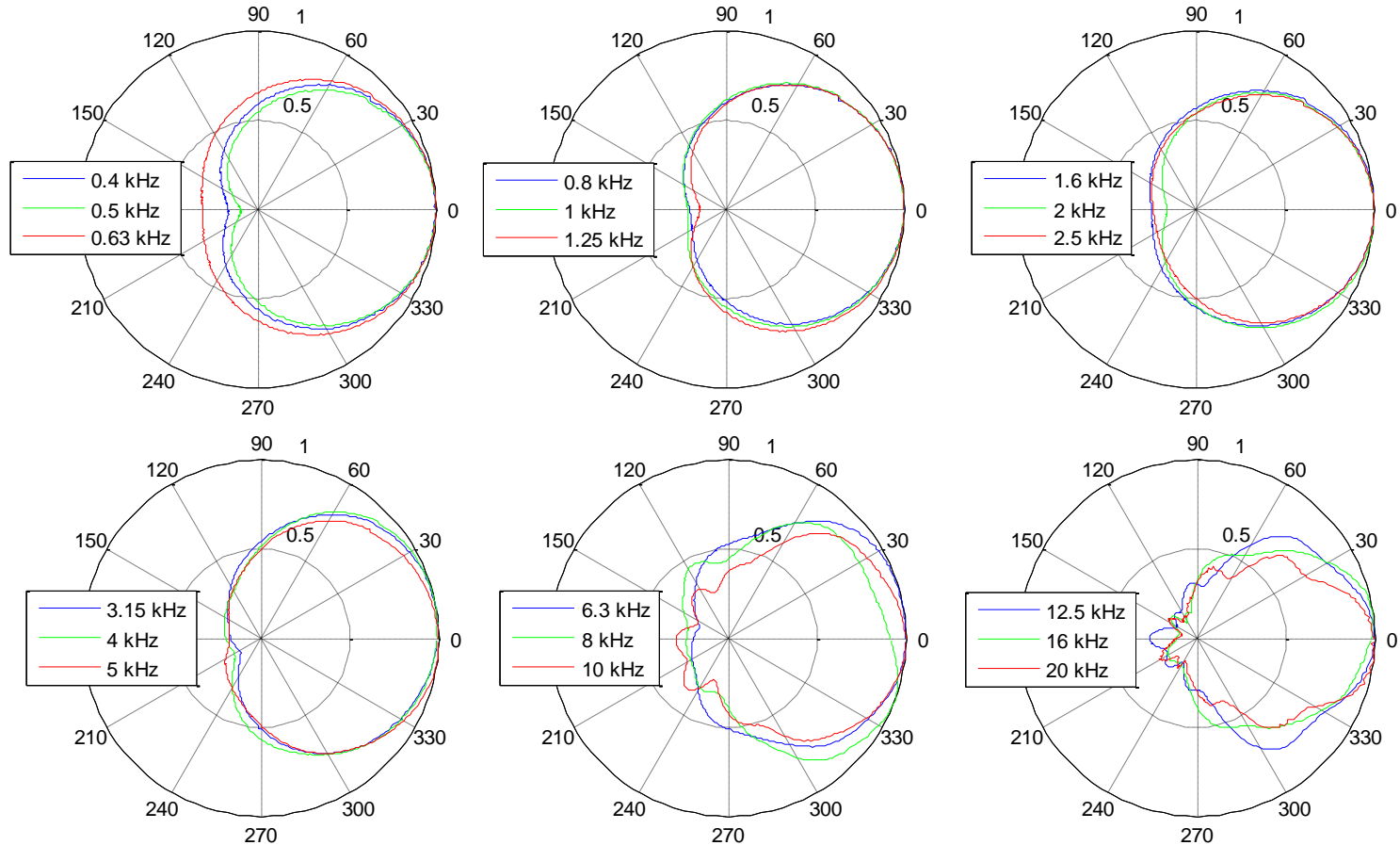


1. řád	hyperkardioida	superkardioida	kardioida	subkardioida
$\eta_0 = 0, \eta_1 = 1$	$\eta_0 = 0,25, \eta_1 = 0,75$	$\eta_0 = 0,3, \eta_1 = 0,7$	$\eta_0 = 0,5, \eta_1 = 0,5$	$\eta_0 = 0,7, \eta_1 = 0,3$
$Q = 3$	$Q = 4$	$Q = 3,7$	$Q = 3$	$Q = 1,8$
$\varphi_{-6dB} = 60^\circ$	$\varphi_{-6dB} = 70^\circ$	$\varphi_{-6dB} = 73^\circ$	$\varphi_{-6dB} = 90^\circ$	$\varphi_{-6dB} = 132^\circ$
$\varphi_0 = 90^\circ$	$\varphi_0 = 110^\circ$	$\varphi_0 = 126^\circ$	$\varphi_0 = 180^\circ$	-
$DF = 1,7$	$DF = 2$	$DF = 1,9$	$DF = 1,7$	$DF = 1,3$

# Charakteristiky směrových přijímačů 1. řádu

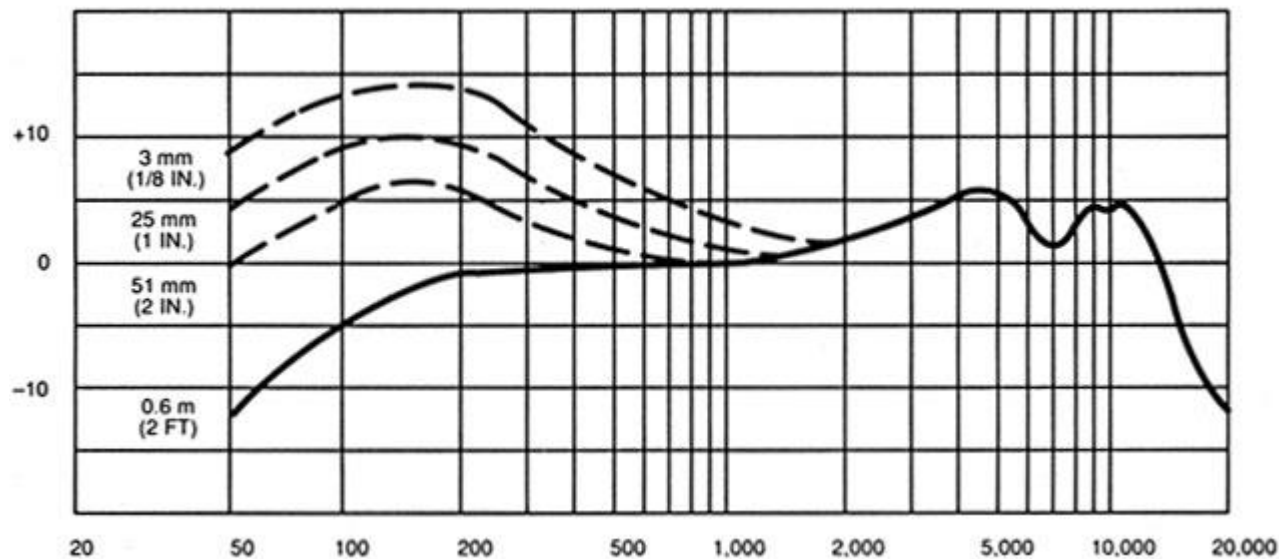


# Vliv konečných rozměrů přijímače



# Proximity efekt u směrových přijímačů

- Vlivem výraznější tlakové složky výstupního signálu než u přijímačů 1. řádu je mezní kmitočet pro konkrétní vzdálenost nižší než u přijímačů 1. řádu

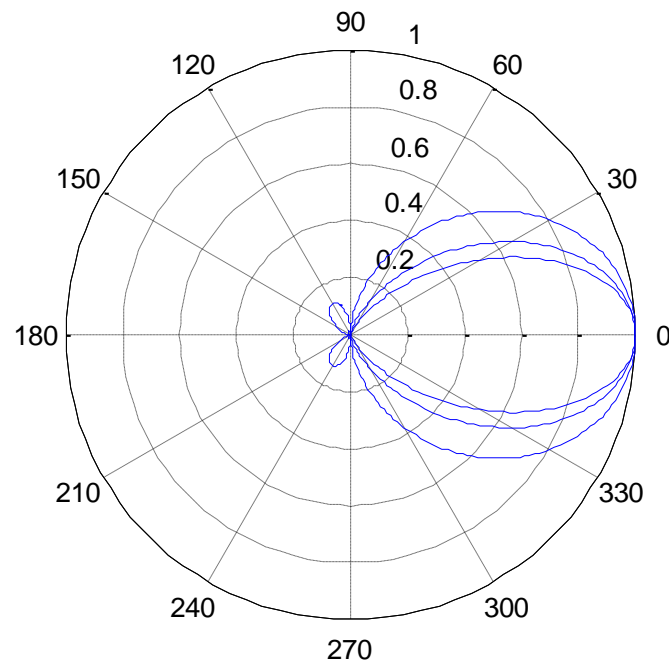


# Směrové přijímače vyšších řádů

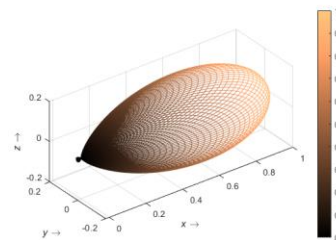
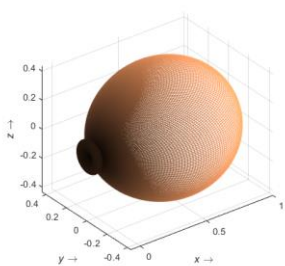
- Spojení gradientních přijímačů různých řádů v jednom bodě.
- Nejčastěji spojení přijímače 0. řádu, 1. řádu a  $n-1$ . řádu
- Směrová charakteristika:

$$\eta = \left| \eta_0 (0,5 + 0,5 \cos \varphi) \cos^{n-1} \varphi \right|$$

$n$  – řád přijímače



# Směrové přijímače vyšších řádů

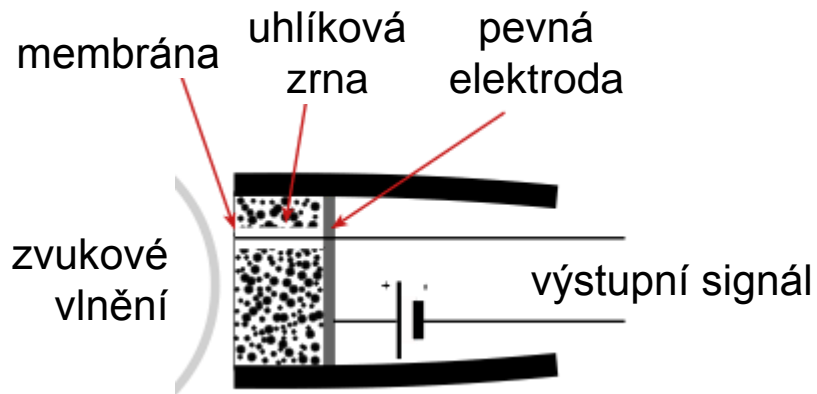


# Konstrukce mikrofonů



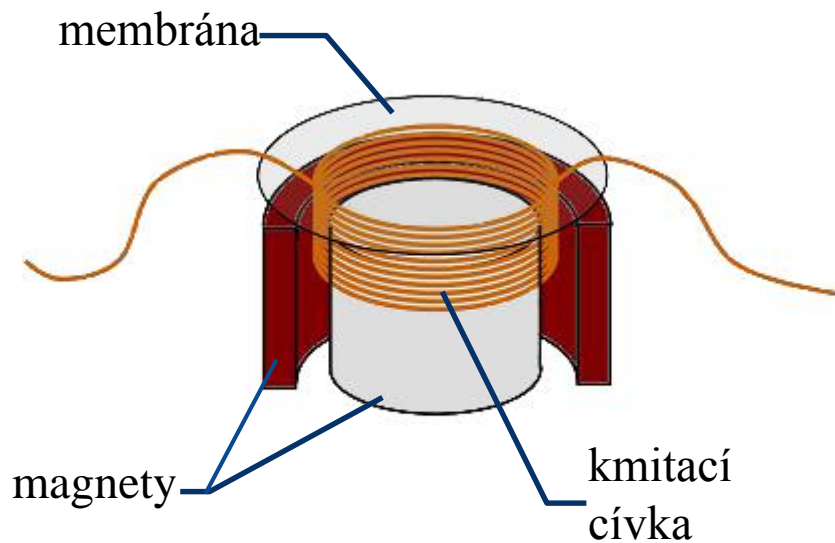
# Uhlíkový přijímač

- Výstupní proud je dán velikostí napájení a proměnným odporem uhlíkových zrn stlačovaných membránou.



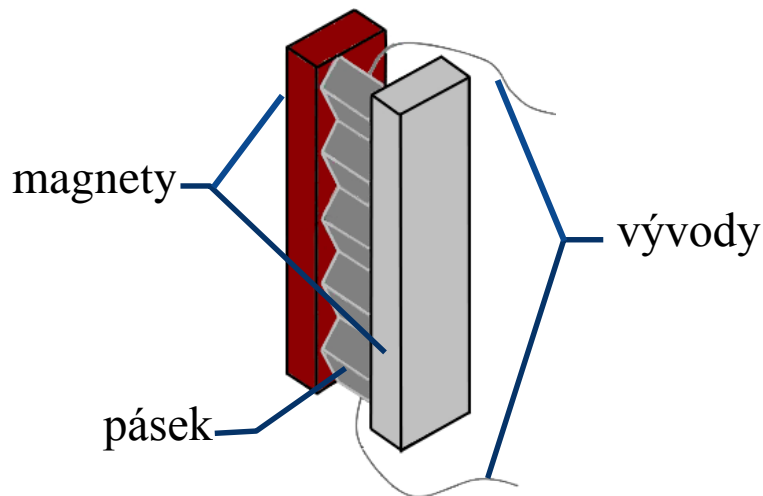
# Elektrodynamický mikrofon s kmitací cívkou

- Přijímač 0. řádu
- Výstupní impedance typicky 150 až 200  $\Omega$
- Nízká citlivost (do 5 mV/Pa)



# Elektrodynamický páskový mikrofon

- přijímač 1. řádu
- cívka nahrazena páskem
- vyrovnanější kmitočtová charakteristika
- nízká impedance ( $m\Omega$ ), mikrofon musí obsahovat transformátor 1:28 až 1:40 pro zvýšení výstupní impedance (typ.  $250\ \Omega$ ) a citlivosti (do  $3\ mV/Pa$ )

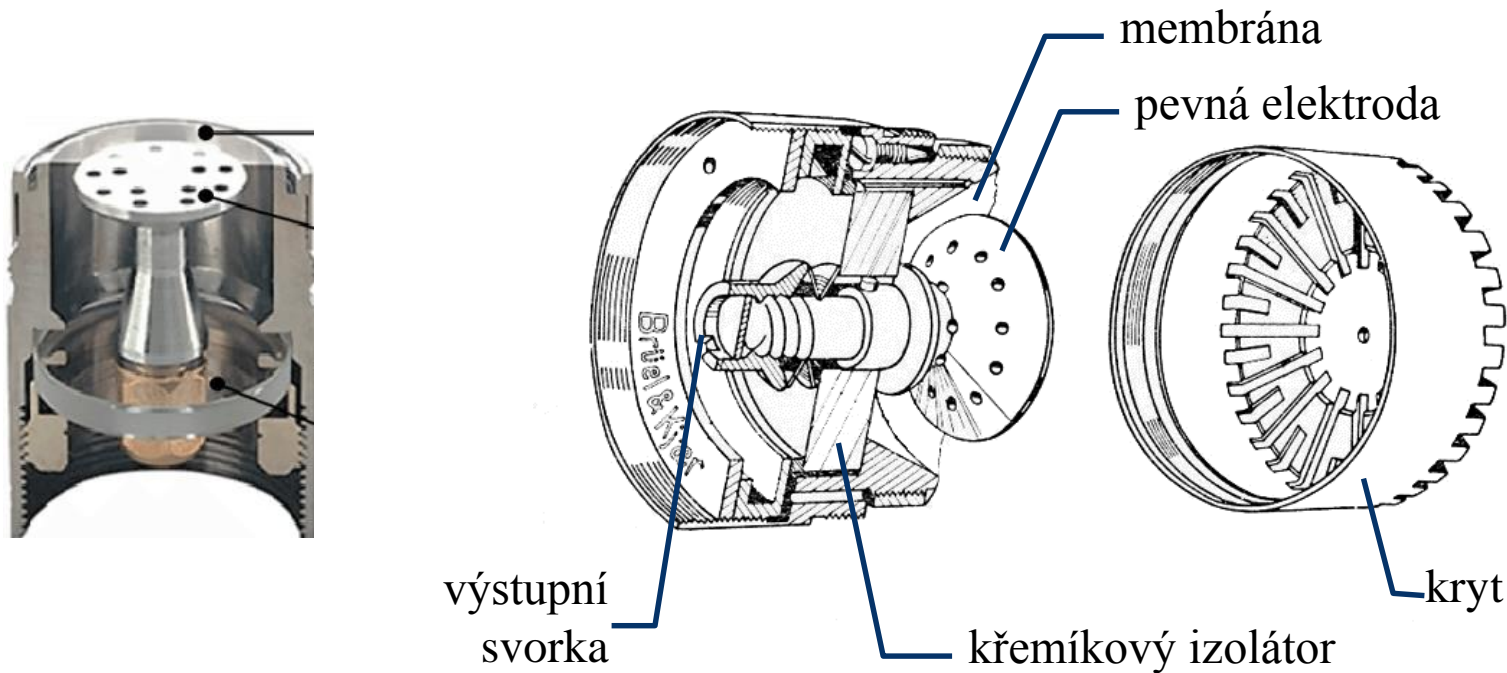


# Elektrostatický (kondenzátorový) mikrofon

- Nutnost polarizačního napětí (až 400 V u měřicích mikrofonů)
- Výstupní napětí měniče je v řádech  $\mu\text{V}$  a výstupní impedance vysoká → nutnost použití zesilovače náboje umístěného co nejbližší mikrofonu (výstupní impedance obvykle  $200 \Omega$ ) → nutnost napájení
- Snadno dosažitelná konstantní kmitočtová charakteristika
- Vysoká a stálá citlivost (desítky  $\text{mV/Pa}$ )
- Nízká ekvivalentní hladina šumu
- Provozní stálost
- Malé rozměry

# Elektrostatický (kondenzátorový) mikrofon

- Přijímač 0. řádu – měřicí mikrofony



# Elektrostatický mikrofon

- Přijímač 1. řádu – studiové mikrofony, jedna nebo dvě pohyblivé elektrody



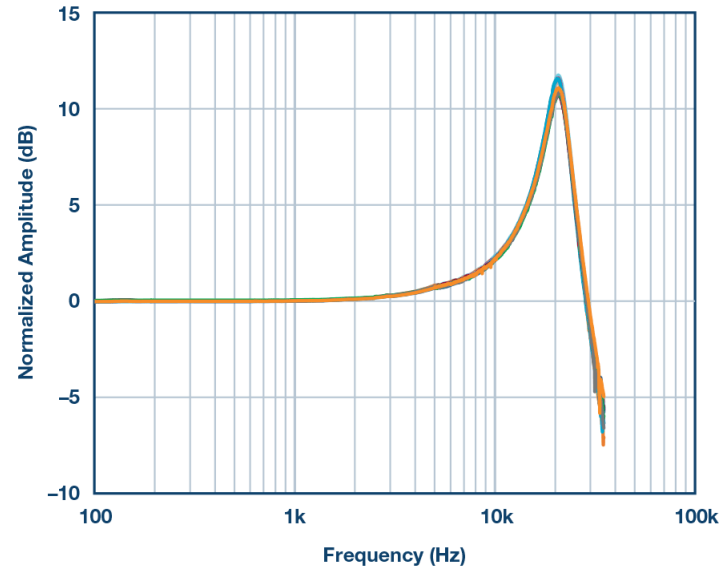
# Elektretový mikrofon

- Nepotřebuje externí polarizaci, ale stále potřebuje napájení pro zesilovač náboje (tranzistor JFET)
- Vyšší ekvivalentní hladina šumu, nižší citlivost než u externě polarizovaného kondenzátorového mikrofonu
- Malé rozměry → široce používaný v náhlavních soupravách, lavalier mikrofonech, MEMS mikrofonech



# Piezelektrický mikrofon

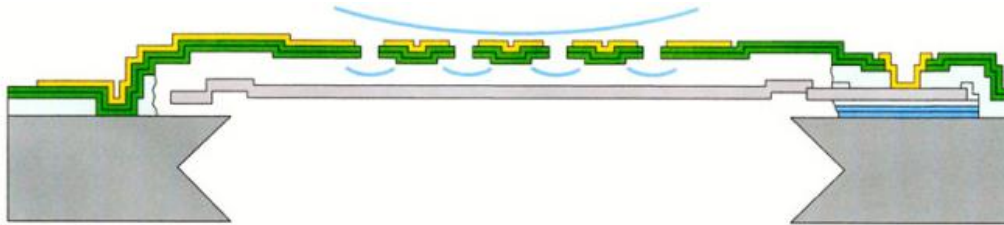
- Střední citlivost (10 mV / Pa), výstupní napětí je dostačující pro přímé buzení vysokoimpedančního vstupu zesilovače
- Konstantní kmitočtová charakteristika od velmi nízkého kmitočtu až po rezonanci snímače (10 kHz nebo vyšší)
- Nízká cena
- Malé rozměry



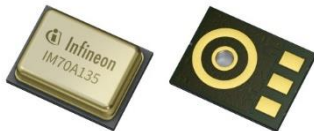


# MEMS mikrofon

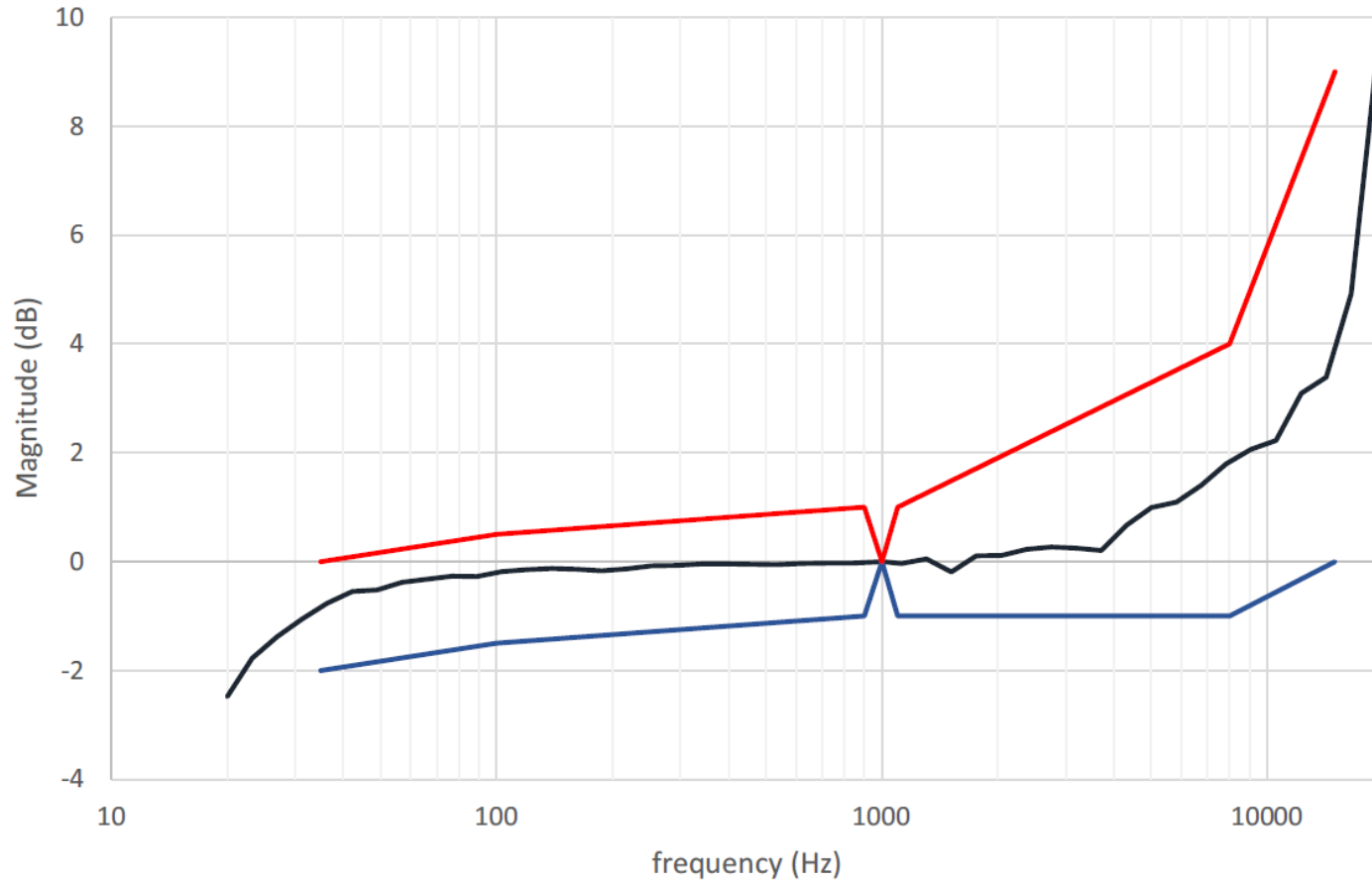
- Micro Electro-Mechanical System
- Nejčastěji elektretové měniče, pohyblivá elektroda je umístěna za perforovanou pevnou elektrodou



- Analogový nebo digitální výstup (integrováný ASIC)
- Velmi malé rozměry, montáž na DPS



# MEMS mikrofon



# Směrový mikrofon 1. řádu

1. Přijímač 0. a 1. řádu s proměnným zesílením předzesilovačů (crossfader)
2. Elektrostatický mikrofon se dvěma pohyblivými elektrodami s proměnnou citlivostí jedné z nich (polarizační napětí, zesílení předzesilovače)
3. Dva přijímače 0. řádu, jeden s obvodem natáčeujícím fázi výstupního napětí o úhel  $\varphi = \omega\Delta x/c_0$ :

$$u = p\eta j\omega \frac{\Delta x}{c_0} (1 + \cos \alpha)$$

$\Delta x$  – vzdálenost akustických vstupů přijímačů,  $\eta$  – citlivost

4. Přijímač 1. řádu, u kterého je akustickými obvody vytvořeno fázové zpoždění vlnění dopadajícího na jednu stranu membrány

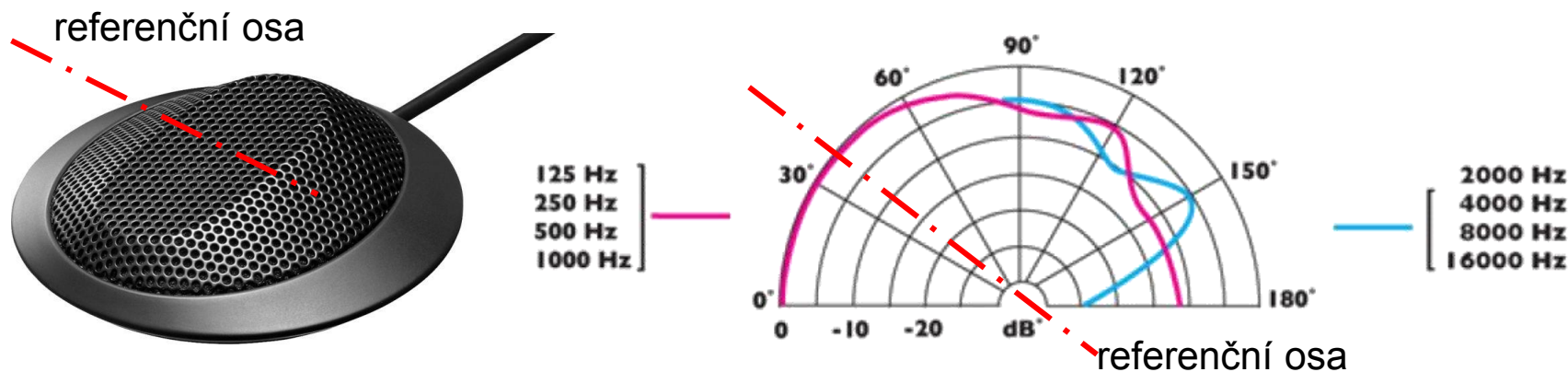


# Směrový mikrofon



# Boundary mikrofon

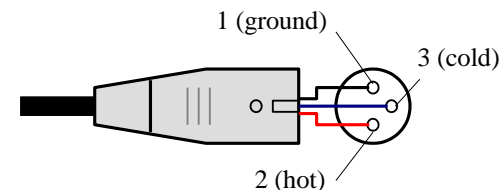
- Mikrofon reaguje pouze na složky tlaku signálu na hranici přepážky
- Zaznamenává zvuk s minimálními odrazy – zabraňuje fázové interferenci mezi přímým a odraženým zvukem
- Akustický tlak je na dokonale odrazivé ploše rozměrů větších, než je vlnová délka nejnižšího snímaného kmitočtu → zdvojnásobení citlivosti
- Všesměrová, kardioidní nebo hyperkardioidní poloprostorová směrová charakteristika



# Elektrické rozhraní mikrofonů

# Konektory pro výstup mikrofonu

- Canon XLR (Latch-Rubber): vstupní konektor zdířka jištěná západkou, výstupní konektor vidlice.
- Mini XLR: typické pro lavalier mikrofony
- BNC (Bayonet Neill Concelman), Microdot: mikrofony s nesymetrickým výstupem,  $50 \Omega$
- LEMO (Léon Mouttet): měřicí mikrofony, vícepinové pro samostatné vedení signálu, polarizačního napětí a napájení předzesilovače



# 1/8“ konektor pro více nesymetrických kanálů

- **Stereofonní sluchátka: TRS**
  - Tip: levý kanál
  - Ring: pravý kanál
  - Sleeve: společná zem
- **Stereofonní mikrofon: TRS**
  - Tip: levý kanál
  - Ring: pravý kanál
  - Sleeve: společná zem
- **Monofonní headset: TRS**
  - Tip: mikrofon
  - Ring: sluchátko
  - Sleeve: společná zem



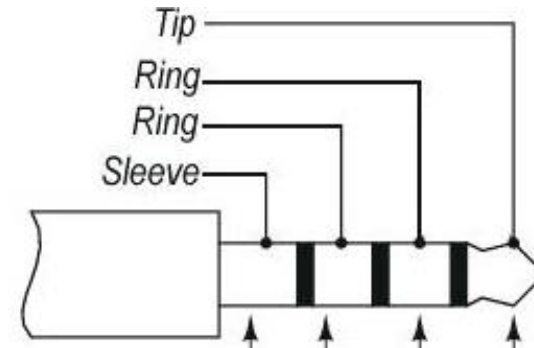


# 1/8" konektor pro stereofonní headset

- **CTIA Stereo Headset: TRRS**

(notebooky, smartphony)

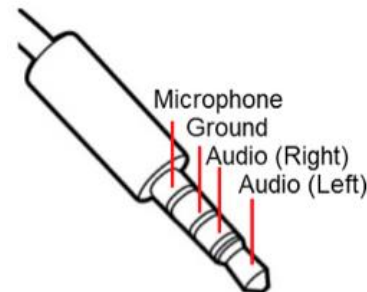
- Tip: levý kanál sluchátka
- Ring: pravý kanál sluchátka
- Ring: společná zem
- Sleeve: mikrofon



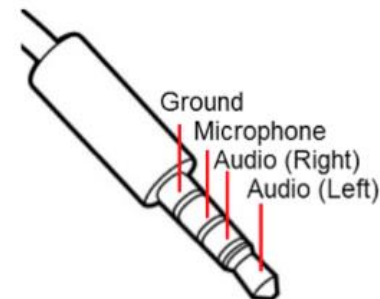
- **OMTP Stereo Headset: TRRS**  
(Open Mobile Terminal Platform)

- Tip: levý kanál sluchátka
- Ring: pravý kanál sluchátka
- Ring: mikrofon
- Sleeve: společná zem

CTIA Standard



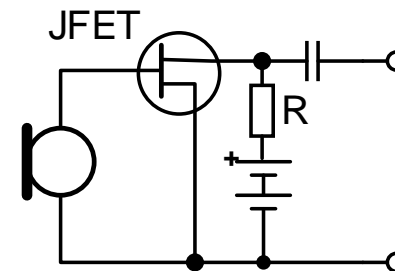
OMTP Standard



# Napájení mikrofonů

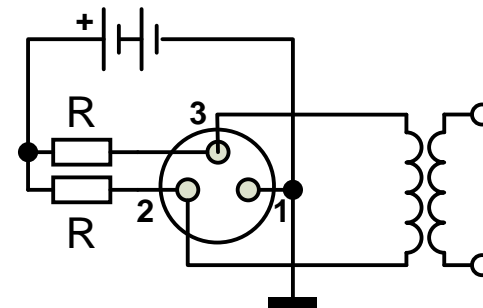
- 1) Stejnoseměrné předpětí pro elektretové mikrofony pro vnitřní JFET proudový zdroj (ITU-T P.381)

ITU-T P.381	
Napájecí napětí	1.5 – 3.6 (2.7 – 3.0) V
Maximální proud	500 $\mu$ A
rezistor	2.2 k $\Omega$



- 2) Fantomové napájení (IEC 61938)  
Přivedení napájecího stejnosměrného napětí pomocí symetrického signálového kabelu na pinech 2 a 3 (hot a cold).

IEC 61938	P12	P24	P48
napájecí napětí	12 $\pm$ 1 V	24 $\pm$ 4 V	48 $\pm$ 4 V
maximální proud	15 mA	10 mA	10 mA
rezistor	680 $\Omega$	1200 $\Omega$	6800 $\Omega$



# Parametry mikrofonů

# Parametry mikrofonů

- **Ekvivalentní hladina šumu:** hladina akustického tlaku, která by vytvořila stejné váhované výstupní napětí, jaké je pozorováno, když na mikrofon nepůsobí žádné vnější pole a výstupní napětí je způsobeno pouze přirozeným šumem mikrofonu

$$L_{\text{EN}} = 20 \log \frac{U_n}{\eta p_0} \quad [\text{dB(A)}]$$

$U_n$  – efektivní hodnota napětí šumu mikrofonu,  $\eta$  – citlivost mikrofonu,  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ .

- **Maximální špičkový akustický tlak:** maximální okamžitá hladina akustického tlaku, kterou může mikrofon snášet bez trvalé změny svých vlastností při jakémkoliv směru působení vlnění
- **Akustický tlak přebuzení:** maximální akustický tlak působící na mikrofon, kdy nelinearita výstupního signálu nepřekročí hodnotu definovanou výrobcem (typicky THD < 1 % nebo 3 %) v definovaném kmitočtovém rozsahu a při jakémkoliv směru působení vlnění

# Parametry mikrofonů

- **Efektivní kmitočtový rozsah:** kmitočtový rozsah, v němž se odezva mikrofonu neodchyluje o více než specifikovanou hodnotu od „ideální“ odezvy pro daný účel
- **Činitel směrovosti** (*Directivity Factor*): poměr výstupního napětí vytvořeného rovinnou zvukovou vlnou přicházející ve směru referenční osy ku výstupnímu napětí vytvořenému difuzním zvukovým polem majícím stejný kmitočet

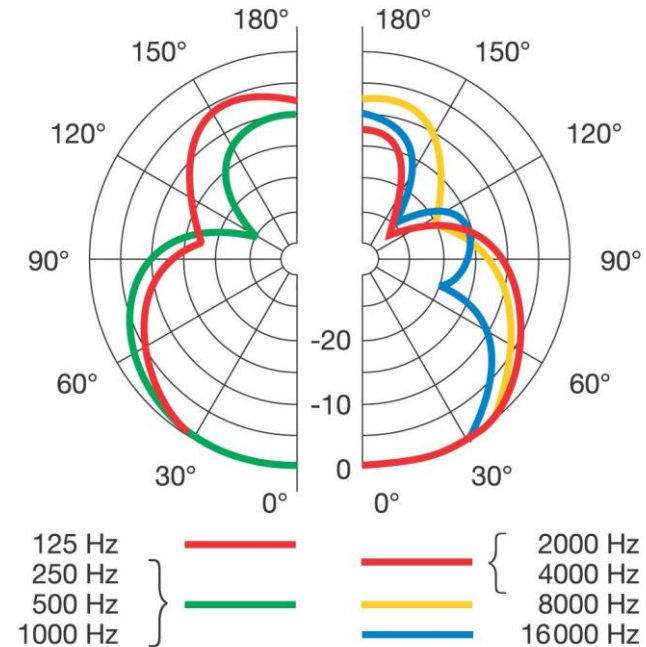
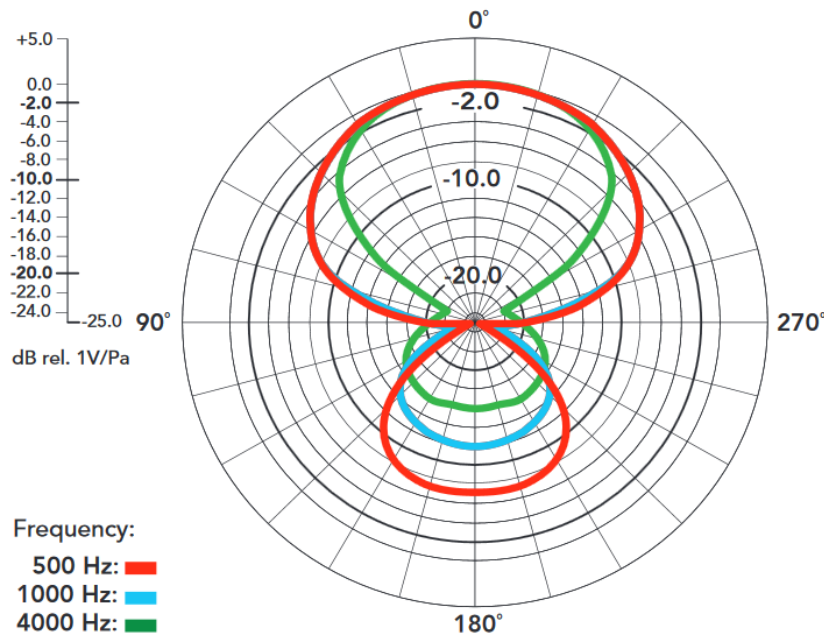
$$Q = \frac{\eta_V^2}{\eta_D^2}$$

- **Index směrovosti** (*Directivity Index*) – hodnota činitele směrovosti v dB

$$D = 10 \log Q = 20 \log \frac{n_V}{n_D}$$

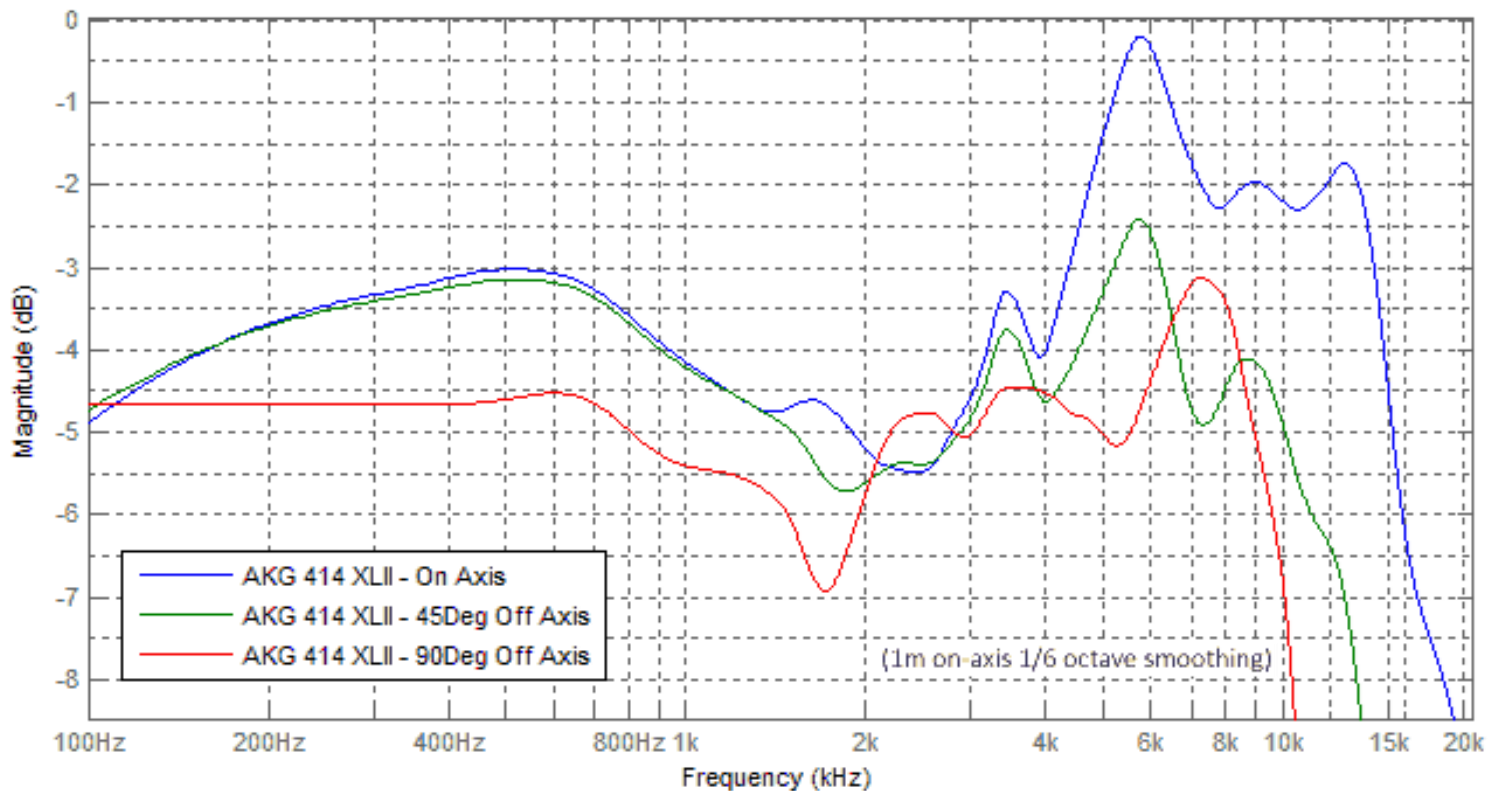
# Směrová charakteristika mikrofonu

- Často udávaná v dB
- Více křivek pro různé frekvence v jednom grafu, někdy rozdělené na dvě části pro lepší přehlednost



# Kmitočtová směrová charakteristika mikrofonu

- Závislost citlivosti na kmitočtu při konstantním úhlu dopadu pro několik úhlů



# Parametry mikrofonů

- **Maximální výstupní napětí**  $L_{U_{\max}}$ : výstupní napětí mikrofonu (ne nutně při vystavení maximálnímu SPL)

$$L_{U_{\max}} = \eta + L_{\max}$$

- **Výstupní napětí**: výstupní napětí mikrofonu při typickém použití nebo při akustickém tlaku 1 Pa (obvykle od 1 do 100 mV)
- **Dynamický rozsah**: poměr max. SPL k ekvivalentní hladině šumu  $L_{\max} - L_{\text{EN}}$
- **Odstup signálu od šumu (SNR)**:
  1. ekvivalentní k dynamickému rozsahu:  $SNR = L_{\max} - L_{\text{EN}}$
  2. vztažený k 1 Pa:  $SNR = 94 \text{ dB(SPL)} - L_{\text{EN}}$



# Příklady

Frequency Range	20Hz ~ 20kHz
Output Impedence	100Ω
Equivalent Noise	4.5 dBA SPL (as per IEC651)
Maximum Output	+8 dBu (1kHz, 1% THD into 1K Ω load)
Sensitivity	-29 dB re 1V/Pa (35mV @ 94dB SPL) ± 2dB @ 1kHz
Dynamic Range	128 dB SPL
Maximum SPL	132 dB SPL
Signal / Noise	90 dBA SPL (as per IEC651)



# Příklady

Frequency Range	20Hz ~ 20,000Hz (selectable HPF@80Hz)
Sensitivity	-36dB ±2dB re 1V/Pa @ 1kHz
Nominal Impedence	50Ω
Equivalent Noise	18dBA SPL (A - weighted per IEC651)
Maximum Output	+6.9dBu (@ 1% THD into 1kΩ)
Dynamic Range	121dB (per IEC651)
Maximum SPL	139dB (@ 1kHz, 1% THD into 1kΩ load)
Signal/Noise	76dB SPL (A - weighted per IEC651)



# Příklady

Frequency response	40 - 16,000 Hz
Pick-up pattern	super-cardioid
Sensitivity (free field, at 1 kHz)	0.8 mV/Pa
Nominal impedance (at 1 kHz)	250 $\Omega$
Min. terminating impedance	1 k $\Omega$



# Příklady

## Frequency range

20 Hz - 20 kHz

## Sensitivity, nominal $\pm 3$ dB at 1 kHz

6060: 20 mV/Pa; -34 dB re. 1 V/Pa

6061: 6 mV/Pa; -44 dB re. 1 V/Pa

## Equivalent noise level, A-weighted

6060: Typ. 24 dB(A) re. 20  $\mu$ Pa (max. 26 dB(A))

6061: Typ. 26 dB(A) re. 20  $\mu$ Pa (max. 28 dB(A))

## Total harmonic distortion (THD)

6060: < 1% THD up to 126 dB SPL peak

6061: < 1% THD up to 128 dB SPL peak

## Max. SPL, peak before clipping

6060: 134 dB

6061: 144 dB



# Příklady

Impedance	1.1 k $\Omega$
Directionality	Uni-directional

## Interfaces Input

Microphone sensitivity / gain	-36.5dB (0dB=1V/Pa, 1kHz)
-------------------------------	---------------------------

## Dimensions

Dimensions ( $\emptyset$ )	13mm $\emptyset$ x 112.8mm (without protrusions)
Cable length	1m
Weight	38g including cable

## Frequency response

Frequency response	70 - 15.000Hz
--------------------	---------------



# Příklady

Dynamic range	52.2 – 168 dB
Frequency range	6.5 – 140000 Hz
Inherent noise	52.2 dB A
Lower limiting frequency -3dB	6.5 Hz
Optimised	Pressure Field
Polarization	Ext polarized
Polarization voltages	200 V
Pressure coefficient	-0.01 dB/kPa
Sensitivity	0.56 mV/Pa
Temperature coefficient	-0.01 db/°C



# Příslušenství mikrofonů

# Wind Screen a Pop Screen

- Při rychlostech větru od 3 m/s jsou ovlivněny hladiny akustického tlaku pod cca 40 dB(SPL)
- Ochrana proti větru (wind screen, wind shield):
  - akustický labyrint měnící dopad větru na membránu mikrofonu na všesměrový
  - redukce zvukových artefaktů způsobených větrem o 15 dB
  - snížení citlivosti mikrofonu na vyšších kmitočtech < 1 dB
- Pop filtr (pop screen): snížení artefaktů plozivních souhlásek („b“, „p“)
  - na vysokých kmitočtech prakticky žádný útlum





# Tlumení otřesů

- **Shock mount:** redukce přenosu vibrací podlahy stojanem mikrofonu



# Mikrofony