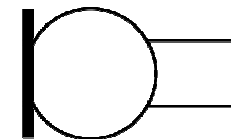


# Lekcja 3

## Temat: *Mikrofony – budowa, podział, zastosowanie, parametry*

**Mikrofon** – przetwornik elektroakustyczny służący do przetwarzania fal dźwiękowych na impulsy elektryczne.



Symbol mikrofonu

W tradycyjnych mikrofonach dynamicznych fale dźwiękowe powodują drgania cienkiej elastycznej membrany wraz z cewką, która jest do niej umocowana. Drgania cewki, która umieszczona jest między biegunami magnesu, wzbudzają w niej przemienny prąd elektryczny o częstotliwości odpowiadającej częstotliwości drgań fal dźwiękowych.

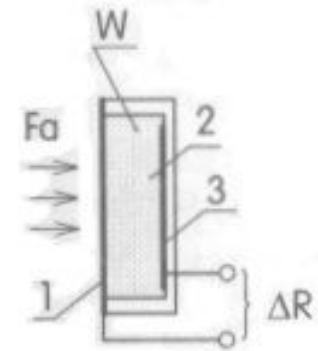
W wyniku przetwarzania otrzymuje się z mikrofonu przebieg elektryczny – sygnał foniczny w postaci siły elektromotorycznej  $E$ , napięcia wyjściowego  $U$  oraz prądu  $I$  odpowiadającego przebiegowi akustycznemu.

Ze względu na zastosowany typ przetwornika, mikrofony dzielimy na następujące grupy:

- stykowe (węglowe)
- piezoelektryczne
- dynamiczne (magnetoelektryczne)
  - cewkowe
  - wstęgowe
- pojemnościowe (elektrostatyczne)
  - pojemnościowe elektretowe
- laserowe

## Mikrofony stykowe (węglowe)

Mikrofon węglowy został opracowany przez Edisona i powstał jako rozwinięcie mikrofonu kwasowego, w którym kwas zastąpiono granulkami węgla, zmieniającymi swą rezystancję pod wpływem ciśnienia wywieranego przez membranę. Mikrofony stykowe stosuje się przeważnie w telefonach. Ich zakres przetwarzania jest wąski, węższy niż widmo mowy ludzkiej, a zniekształcenia są duże w porównaniu z innymi mikrofonami, jednakże w tego typu rozwiązaniach wady te nie mają większego znaczenia. Mikrofony stykowe mają jednakowoż wiele zalet: ich konstrukcja jest bardzo prosta (przez co są praktycznie bezawaryjne), posiadają dużą skuteczność, są trwałe i tanie. Przepływ prądu jest tu modulowany poprzez zmianę rezystancji elektrycznej spowodowanej poruszaniem się części mechanicznych mikrofonu. Jest to mikrofon typu podłużnego, w którym komorę tworzy płaska nieruchoma elektroda węglowa, odizolowana od ścianki pudełka, pierścień filcowy oraz membrana węglowa oparta na krawędzi pudełka i dociśnięta do niego przykrywką z otworami. Pierścień filcowy służy do tłumienia drgań własnych membrany. Wkładka jest umieszczona w osadzie zwanej mikrotelefonem i przykryta tzw. mównikiem, którego zadaniem jest skierowanie energii akustycznej na membranę mikrofonu. Prąd elektryczny jest doprowadzony do wkładki za pośrednictwem sprężyn stykowych w mikrotelefonie i płynie przez pudełko, membranę i proszek do elektrody nieruchomej. Zmiany rezystancji wkładki są proporcjonalne do zmiany zgniotu proszku, czyli do wychylania się membrany – przez to dla zachowania stałej skuteczności mikrofonu wychylenia membrany muszą być jednakowe w całym zakresie przetwarzania. Skuteczność mikrofonu zmienia się w bardzo szerokich granicach – znacznie wzrasta przy częstotliwościach drgań własnych membrany.



## **Mikrofony piezoelektryczne**

Mikrofony piezoelektryczne pod względem elektrycznym są kondensatorami, przetwarzają sygnał akustyczny w sygnał napięciowy, mają dużą wrażliwość na wilgoć i zmiany temperatury. Zbyt duża temperatura powoduje trwałe zmiany w ich działaniu. Ponadto wykazują bardzo dużą impedancję wewnętrzną o charakterze pojemnościowym, co utrudnia łączenie ich długimi przewodami i obciążenie małymi impedancjami. Szeroko natomiast stosowane są jako mikrofony, a ściślej rzecz biorąc – przetworniki, w instrumentach akustycznych. Szczególnie wiernie odtwarzają wysokie tony i są również stosowane jako czujniki ultradźwięków.

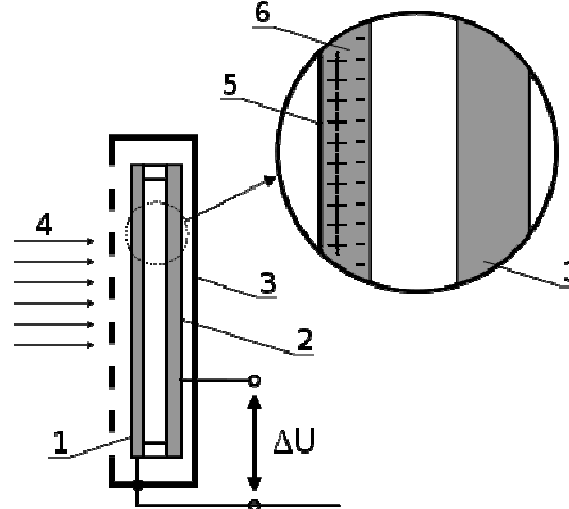
## **Mikrofony dynamiczne (magnetoelektryczne)**

Wynalazcami mikrofonu dynamicznego są W. C. Wenete i A. C. Thuras z firmy Bell Labs, którzy opatentowali swój pomysł w 1931 roku. Wewnątrz mikrofonu magnetoelektrycznego, pomiędzy biegunami magnesu stałego, znajduje się cewka przymocowana do membrany. Fale dźwiękowe, wprawiając membranę w drgania, powodują poruszanie się cewki w polu magnesu i indukują w niej prąd. Działają one dzięki indukowaniu się siły elektromotorycznej pod wpływem względnego ruchu źródła pola magnetycznego i przewodu. Dochodzi do tego zjawiska, gdy przewód będzie się poruszał w stałym polu magnetycznym, lub – gdy przewód będzie nieruchomy, a zmianie będzie podlegał strumień magnetyczny – przechodzący przez ten przewód. Jeśli wykorzystany jest pierwszy przypadek to takie mikrofony nazywa się cewkowymi i wstęgowymi.

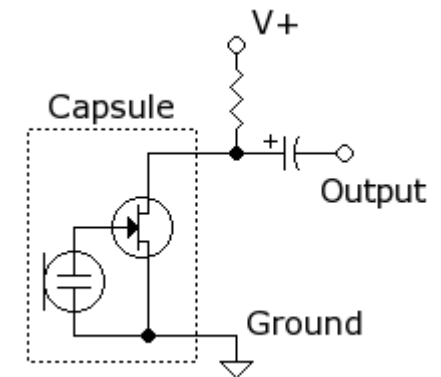
## Mikrofony pojemnościowe (elektrostatyczne)

Mikrofon pojemnościowy jest wykorzystywany głównie w celach profesjonalnych. Składa się on z dwóch elektrod podłączonych do źródła napięcia stałego - zwykle 48V. (Tak duża wartość tego napięcia jest niezbędna do zapewnienia dużej czułości.) Jedna elektroda jest nieruchoma, natomiast druga wystawiona jest na działanie fal dźwiękowych, które zderzając się z ruchomą elektrodą powodują jej drgania. Ponieważ elektrody mikrofonu pełnią rolę okładek kondensatora, to zmiana odległości pomiędzy elektrodami powoduje zmianę pojemności takiego "kondensatora", co z kolei powoduje powstanie składowej zmiennej w stałym napięciu zasilającym kondensator. Jej częstotliwość jest równa częstotliwości padającej fali dźwiękowej. Z uwagi na wysoką impedancję mikrofon musi być podłączony do odbiornika sygnału przy pomocy specjalnego przedwzmacniacza umieszczonego bardzo blisko wkładki mikrofonowej.

**Mikrofon elektretowy** – odmiana mikrofonu pojemnościowego, którego membrana wykonana jest z elektretu - dielektryka o trwałej polaryzacji elektrycznej. Tanie w produkcji małymembranowe mikrofony elektretowe stosuje się w telefonach, włącznikach akustycznych, interkomach, domofonach i innych urządzeniach, gdzie jakość dźwięku nie ma wielkiego znaczenia.



Konstrukcja mikrofonu elektretowego



Typowy przedwzmacniacz mikrofonu elektretowego jest oparty na tranzystorze polowym pracującym w układzie wspólnego źródła.

# Parametry

Każdy mikrofon ma pewne cechy, od których jest uzależniona artystyczna i techniczna strona nagrania. Są to przede wszystkim:

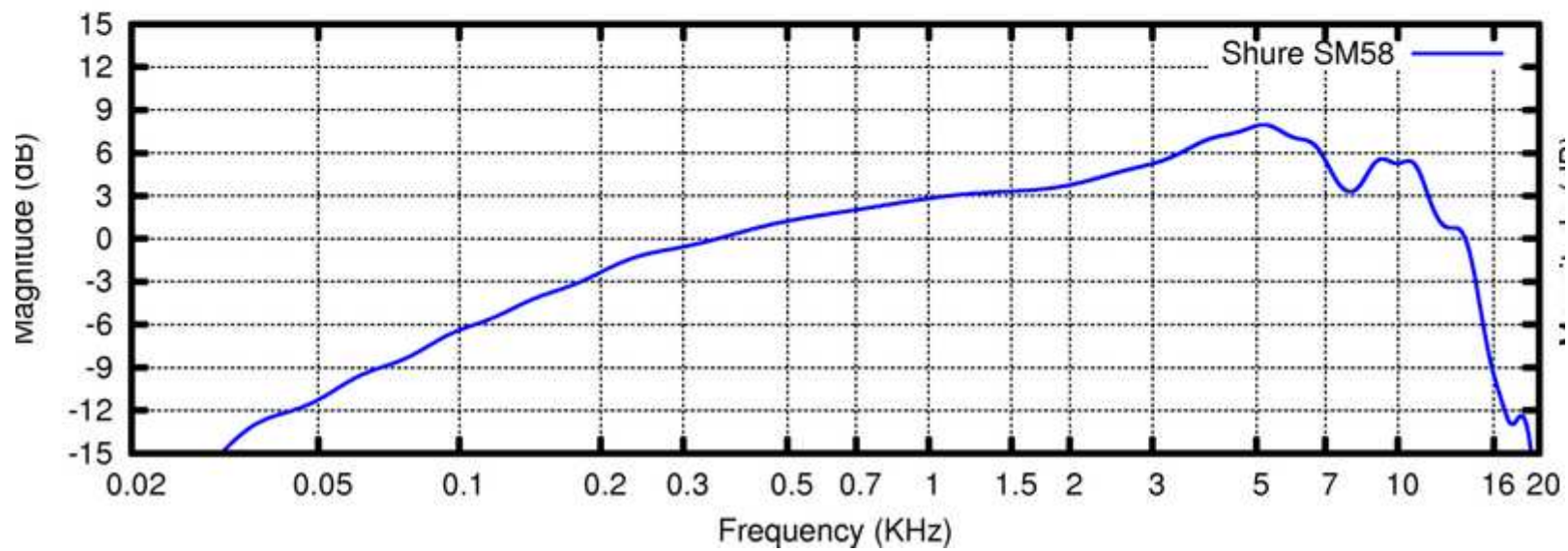
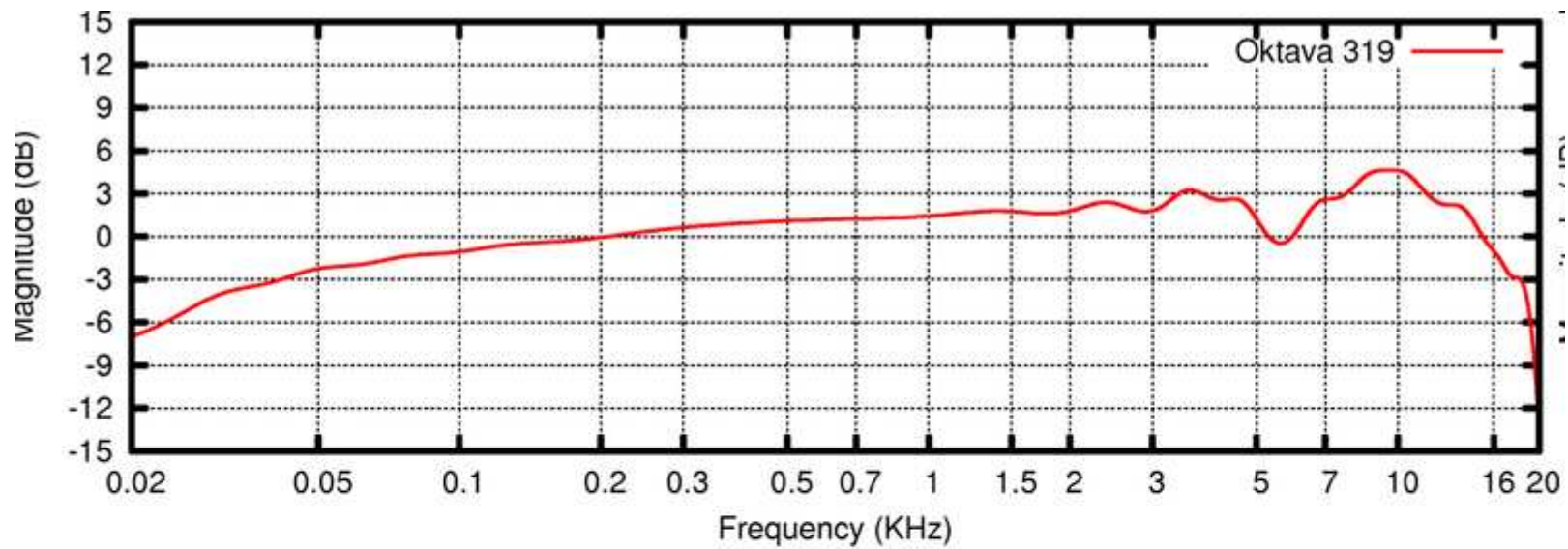
**impedancja wyjściowa mikrofonu** (impedancja wewnętrzna) – impedancja zmierzona na wyjściu mikrofonu traktowanego jako źródło prądowe. Wartość impedancji zmienia się w zakresie ok. 20-30% w zależności od częstotliwości. W dokumentacji podaje się najczęściej wartość znamionową modułu impedancji przy pobudzeniu o częstotliwości 1 kHz.

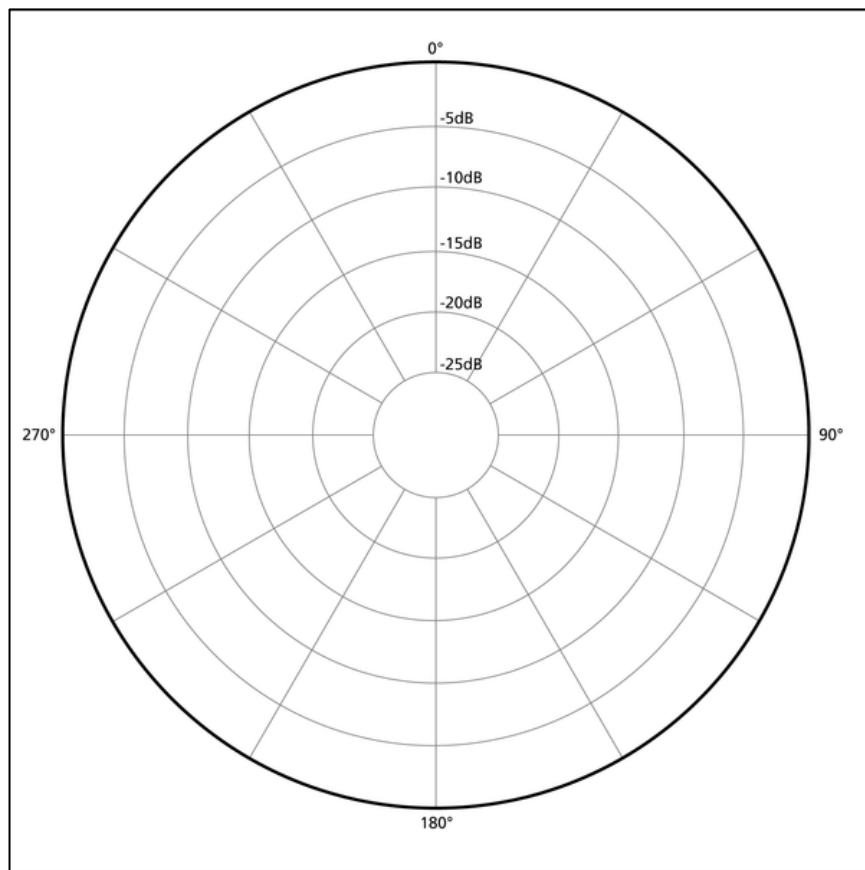
**najmniejsza wartość impedancji obciążenia mikrofonu** – określa minimalną impedancję wejścia wzmacniacza, do którego ma być podłączony mikrofon, przy której zachowane są prawidłowe warunki jego pracy. Jeśli impedancja ta nie jest podana w dokumentacji, można przyjąć, że powinna być co najmniej 5-krotnie większa od znamionowej impedancji wyjściowej mikrofonu.

**skuteczność mikrofonu** – to stosunek napięcia na nieobciążonym wyjściu mikrofonu do wartości ciśnienia akustycznego działającego na membranę. Skuteczność mikrofonu mierzy się w polu dalekim i wyraża w mV/Pa. Skuteczność mikrofonów dynamicznych wynosi 1-3 mV/Pa. W przypadku mikrofonów pojemnościowych skuteczność jest wyższa i wynosi 5-50 mV/Pa.

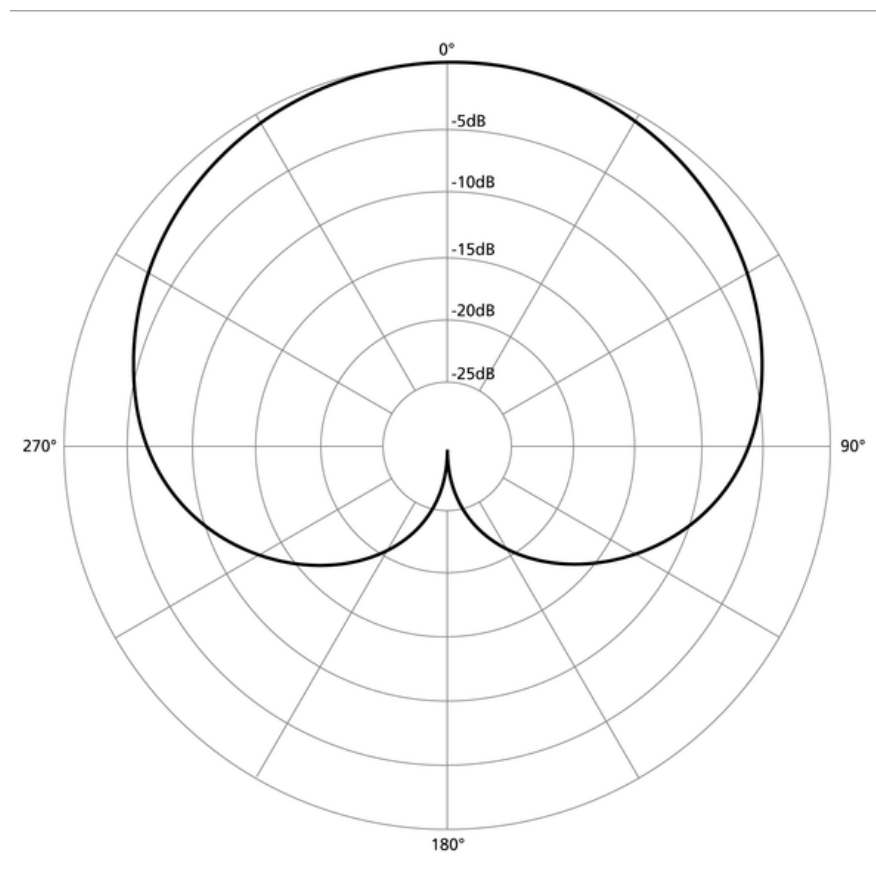
**charakterystyka częstotliwościowa** – diagram zależności czułości mikrofonu (w dB) od częstotliwości (Hz) (zwykle w zakresie 20Hz-20 kHz). Czasami zamiast wykresu podaje się tylko *pasmo przenoszenia*, czyli zakres częstotliwości akustycznych skutecznie przetwarzanych przez mikrofon. Zakres ten jest ograniczony spadkiem skuteczności mikrofonu, określonym przez odpowiednią normę lub wymagania techniczne.

**charakterystyka kierunkowości** – wykres w układzie współrzędnych biegunowych przedstawiający skuteczność mikrofonu przy danej częstotliwości i kącie padania dźwięku, unormowany względem maksymalnej skuteczności mikrofonu. Ze względu na kształt charakterystyki kierunkowej, mikrofony dzieli się na: wszechkierunkowe (dookólne, kołowe), dwukierunkowe (ósemkowe), jednokierunkowe (kardioidalne, nerkowe) i ultrakierunkowe. W przypadku mikrofonów o ukierunkowanej charakterystyce występuje zjawisko zwane efektem zbliżeniowym. Polega on na eksponowaniu częstotliwości z przedziału 50-300 Hz w miarę zbliżania mikrofonu do źródła dźwięku i zmniejszaniu ich poziomu przy oddalaniu. Zjawisko to nie występuje w mikrofonach wszechkierunkowych.



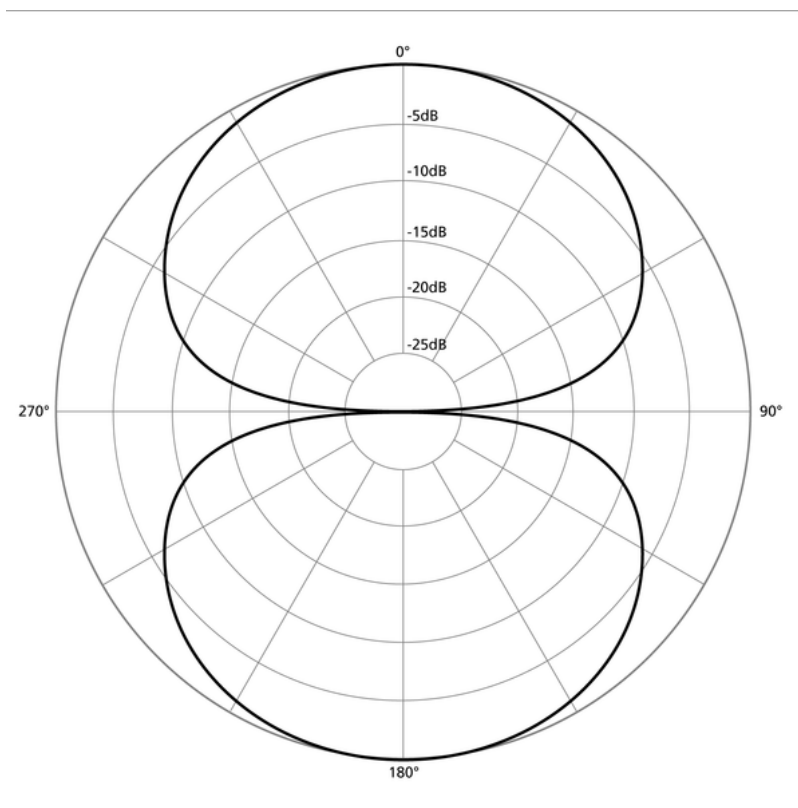


Charakterystyka dookólna

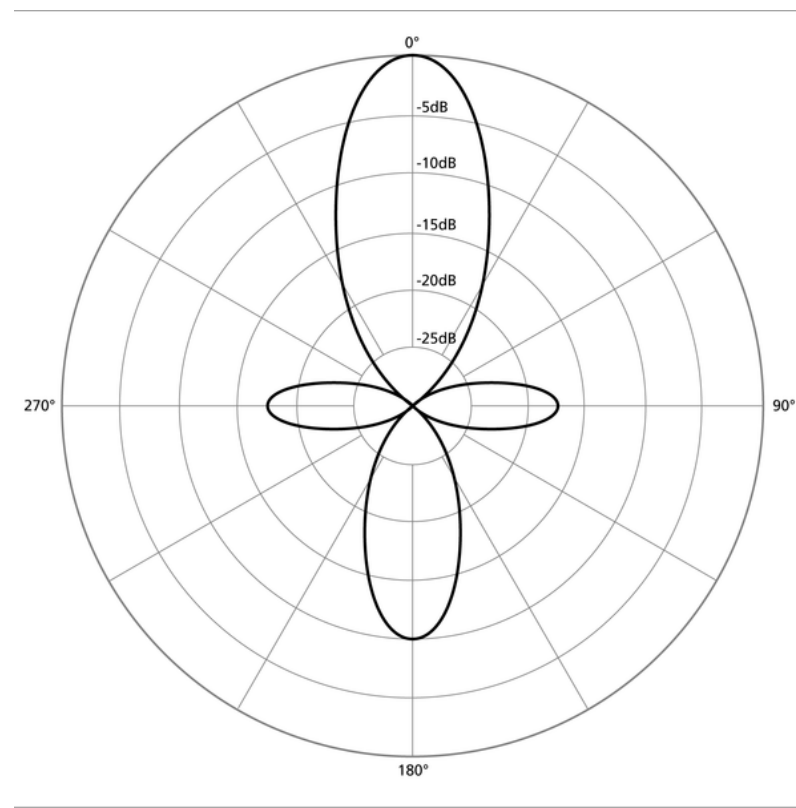


charakterystyka kardioidalna





Charakterystyka ósemkowa



Charakterystyka ultrakierunkowa

**czułość** – parametr przedstawiający zależność między ciśnieniem akustycznym wywieranym na membranie mikrofonu a napięciem wyjściowym ( $\text{mV/Pa/1kHz} \approx 1 \text{ dB}$ )

**maksymalna wartość ciśnienia akustycznego SPL** – maksymalna wartość ciśnienia jaką może przenieść mikrofon dla podanej wartości zniekształceń

**napięcie szumów mikrofonu** jest to napięcie na wyjściu mikrofonu zmierzone w warunkach zupełnej ciszy. Może być wyrażone w decybelach, zakładając, że jest równoważne napięciu wyjściowemu mikrofonu wytworzonymu sygnałem akustycznym o określonym poziomie ciśnienia, przyjmując poziom  $20 \mu\text{Pa} = 0 \text{ dB}$ . Dla mikrofonów pojemnościowych wartość tego parametru wynosi 14-34 dB.

**odstęp sygnału od szumu (S/N)** określa odstęp użytecznego sygnału fonicznego od szumu. Jest to wyrażona w decybelach różnica między napięciem na wyjściu mikrofonu przy ciśnieniu akustycznym równym 1 Pa (co odpowiada poziomowi ciśnienia 94 dB) a napięciem szumów mikrofonu. Wartość tego parametru w wypadku mikrofonów pojemnościowych wynosi 60-80 dB.

**zakres dynamiczny** – parametr określający przedział między wartością minimalną a maksymalną przenoszonego ciśnienia akustycznego.

**wrażliwość mikrofonu na magnetyczne pola zakłócające** – stosunek napięcia na wyjściu mikrofonu do zmiennego natężenia pola magnetycznego ( $\text{mV/mA}$ ), bądź stosunek napięcia do zmiennej indukcji magnetycznej ( $\text{uV/5uT}$ ). Typowa wartość dla dobrych mikrofonów dynamicznych wynosi  $5\text{uV/5uT}$  przy częstotliwości 50 Hz.

**wrażliwość mikrofonu na elektryczne pola zakłócające** – wyrażana w  $\text{mV/V}$ . Typowa wartość dla dobrego mikrofonu pojemnościowego wynosi  $0,4 \text{ uV/V}$ .

Rodzaje mikrofonów	Czułość [mV/ $\mu$ bar]	Zakres częstotliwości [Hz]	Impedancja wewnętrzna [ $\Omega$ ]	Zniekształ cenia	Nierównomierność charakterystyki
Węglowe	1÷50	200÷3000	20 om÷1k	duże	duża
Pojemnościowe	0,5÷10	15÷15000	ok. 100 M $\Omega$	b. małe	ok. $\pm$ 3 dB
Elektretowe	0,5÷10	15÷15000	ok. G $\Omega$	b. małe	ok. $\pm$ 3 dB
Piezoelektryczne	0,2÷2	tony wysokie	ok. G $\Omega$	małe	—
Magnetoelektryczne	0,05÷1	30÷10000	mała	małe	8÷20 dB