

Przetworniki elektroakustyczne

dr inż. Michał Bujacz
bujaczm@p.lodz.pl

Godziny przyjęć:
środa 10:00-11:00
czwartek 10:00-11:00
„Lodex” 207





Przetworniki elektroakustyczne

Przetwornik elektroakustyczny przetwarza prąd na falę akustyczną lub odwrotnie.

Rodzaje przetworników:

Magnetyczne:

- Przetwornik magnetoelektryczny (dynamiczny)
- Przetwornik elektromagnetyczny
- Przetwornik magnetostrykcyjny (piezomagnetyczny)

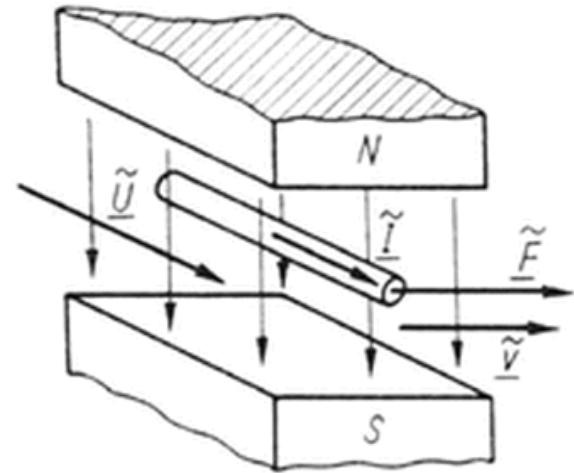
Elektryczne:

- Przetwornik elektrostatyczny (pojemnościowy)
- Przetwornik piezoelektryczny



Przetwornik magnetoelektryczny

W przetwornikach magnetoelektrycznych wykorzystuje się zjawisko oddziaływania stałego pola magnetycznego na umieszczony w nim przewód. Jeżeli przez przewód przetwornika przepływa prąd, to działa na niego siła mechaniczna. Ruch przewodu będzie proporcjonalny do płynącego prądu. W odwrotnej sytuacji, pod wpływem siły przewód porusza się i w uzwojeniu jego indukuje się siła elektromotoryczna.

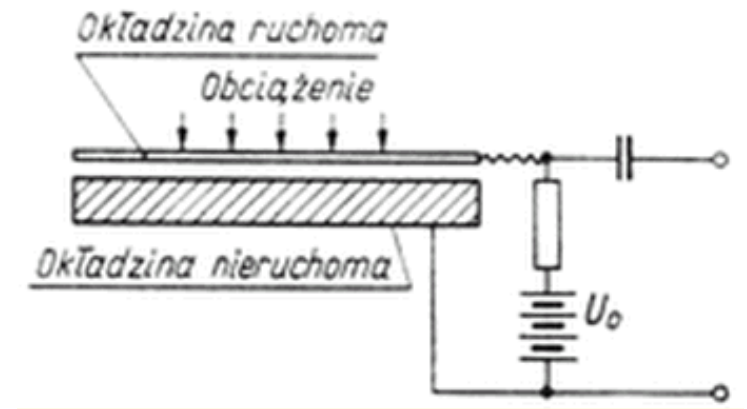


$$F = BI$$



Przetwornik elektrostatyczny

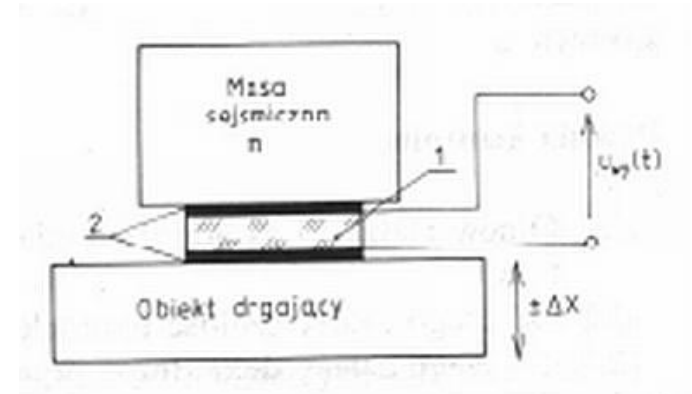
Przetwarzanie energii odbywa się z wykorzystaniem oddziaływań elektrostatycznych. Przetwornik elektrostatyczny jest kondensatorem powietrznym. Jedna z okładzin jest nieruchoma, a druga zmienia swoje położenie w takt zmian albo ciśnienia akustycznego padającego na nią albo napięcia podawanego na wejście przetwornika.





Przetwornik piezoelektryczny

Oparty na zjawisku piezoelektrycznym. Polega ono na tym, że przy ściskaniu np. płytki kwarcowej pojawiają się na powierzchniach bocznych ładunki elektryczne, proporcjonalne do siły ściskającej. Występuje też w tych materiałach odwrotne zjawisko piezoelektryczne, polegające na odkształcaniu się płytki wykonanej z takiego materiału pod wpływem przyłożonego napięcia.



Mikrofony



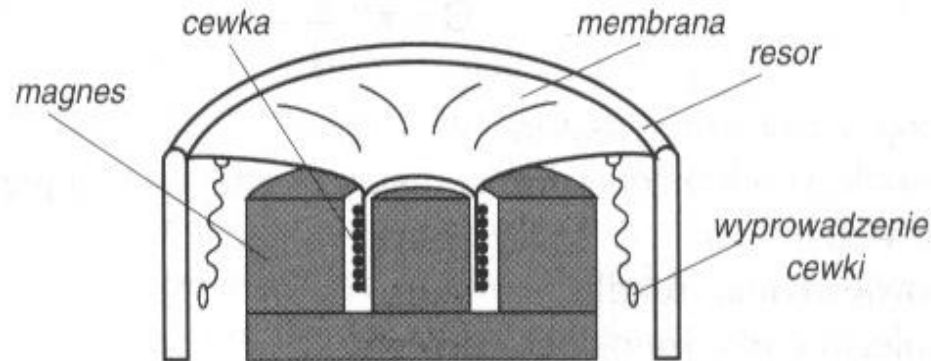
Ze względu na sposób przetwarzania energii wyróżniamy dwa podstawowe typy mikrofonów:

- dynamiczne
- pojemnościowe



Mikrofony dynamiczne

Drgania powietrza poruszają membranę i połączoną z nią cewkę umieszczoną w silnym polu magnetycznym wytwarzanym przez magnes. Na zaciskach cewki indukuje się siła elektromotoryczna.

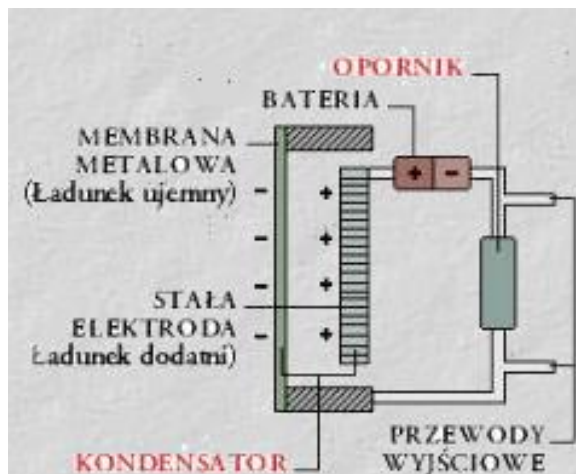


$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$



Mikrofony pojemnościowe

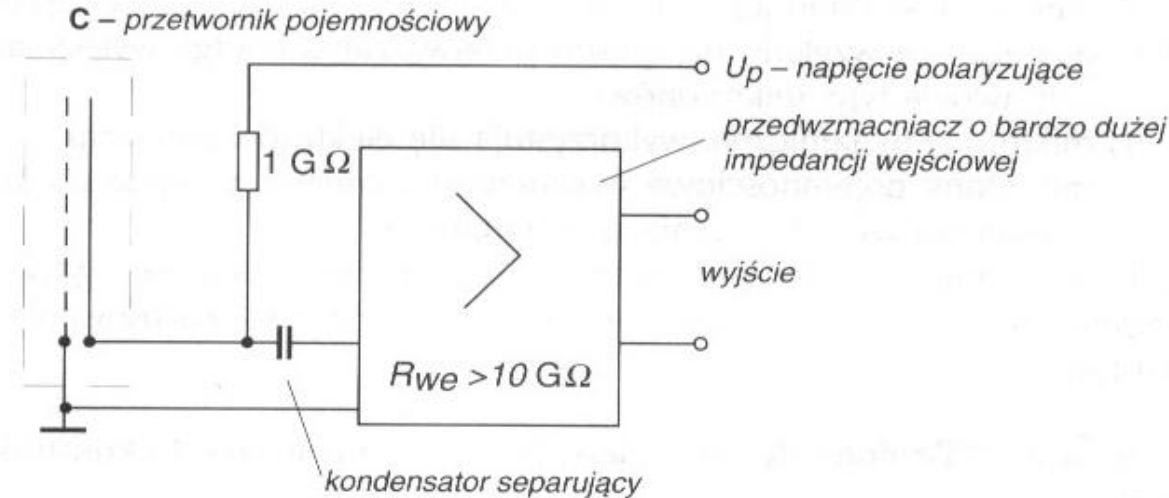
Do przetwarzania fal dźwiękowych na napięcie służy kondensator, w którym membrana stanowi jedną z okładek. W wyniku drgań zmienia się odległość między okładkami, a co za tym idzie – pojemność.



$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$



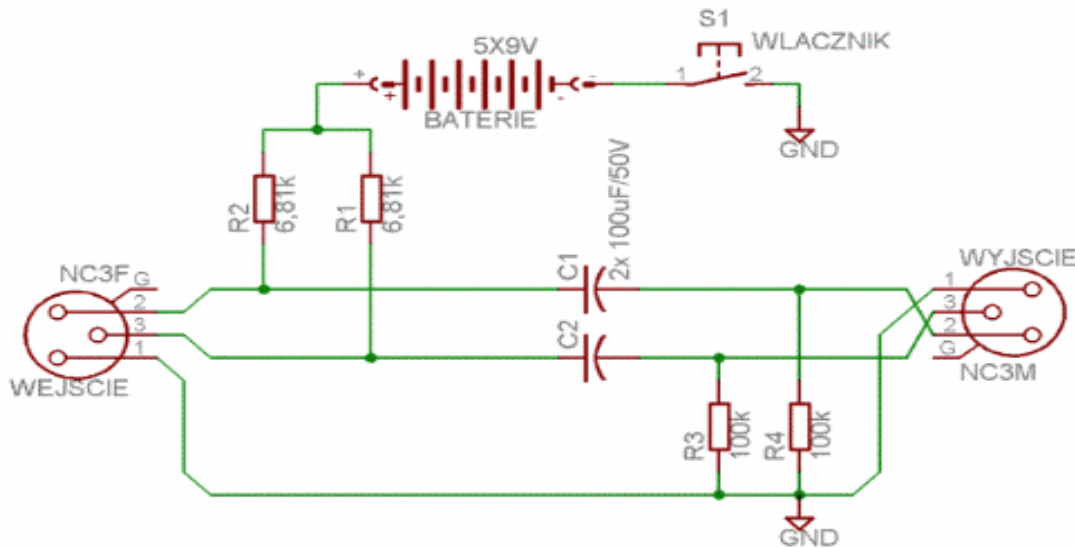
Mikrofony pojemnościowe



Stała czasowa obwodu ładującego: $t = RC$ jest znacznie dłuższa od szybkości drgań, dlatego ładunek na kondensatorze nie będzie ulegał zmianie. Natomiast napięcie kondensatora będzie się zmieniać wraz ze zmianami pojemności:

$$\Delta U = \frac{Q}{\Delta C}$$

Zasilanie phantom +48V



Mikrofony pojemnościowe wymagają podania napięcia polaryzującego kondensator. W praktyce stosuje się do nich zasilanie „phantom” – napięcie 48 V podawane przewodami sygnałowymi ze stołu mikserskiego (wtyczka XLR).



Mikrofon elektretowy

Odmiana mikrofonu pojemnościowego, którego membrana wykonana jest z elektretu - dielektryka o trwałej polaryzacji elektrycznej. Tanie w produkcji małomembranowe mikrofony elektretowe stosuje się w urządzeniach, gdzie jakość dźwięku nie ma wielkiego znaczenia.

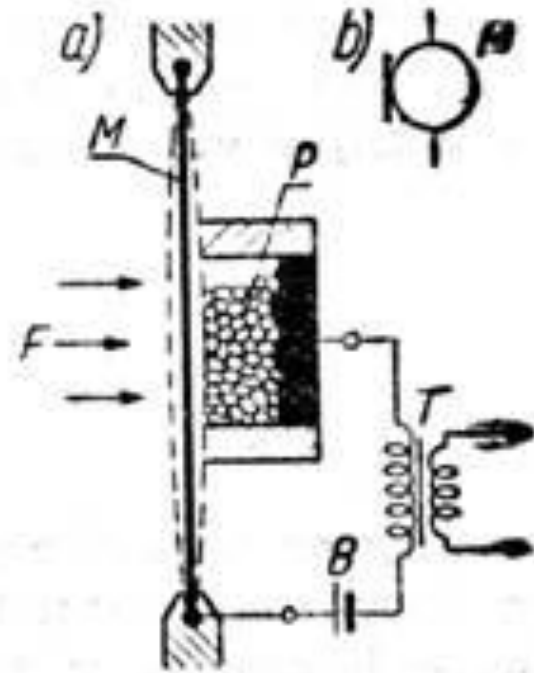


Wymaga zasilania wyłącznie ze względu na wbudowany przedwzmacniacz.



Mikrofon stykowy (węglowy)

Jeśli fale dźwiękowe F dochodzą do mikrofonu, wówczas jego membrana (M), wykonana z cienkiej płytki metalowej lub węglowej, powoduje deformacje proszku węglowego P . Na skutek tego ulega zmianom oporność między poszczególnymi ziarnami proszku węglowego, powodująca wahania natężenia prądu stałego (prąd zasilający) płynącego z baterii B przez mikrofon. Wahania te w obwodzie pierwotnym transformatora T powodują powstawanie w jego wtórnej zwojnicy prądu zmiennego o częstotliwości fal dźwiękowych, działających na mikrofon.





Mikrofon laserowy

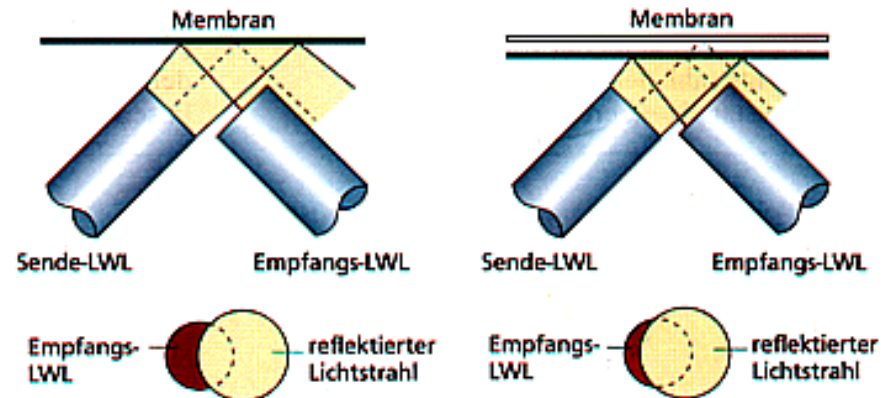
Wiązka lasera odbijając się od drgającej powierzchni pada na różne miejsca elementu światłoczułego odbiornika. Sygnał jest zależny od miejsca na elemencie światłoczułym. Drgającą powierzchnią może być na przykład szyba w oknie. Stąd możliwe są zastosowania tego typu mikrofonu przez służby specjalne.



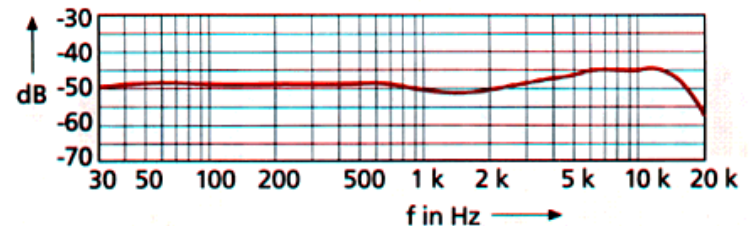


Mikrofon światłowodowy

Światło emitowane przez diodę świecącą poprzez światłowód nadawczy skierowane jest na odbijającą membranę. Następnie część światła odbitego wpada do światłowodu odbiorczego.



Odształcenie membrany przez falę dźwiękową powoduje przesunięcie promienia odbitego. W ten sposób do światłowodu odbiorczego dostaje się mniej lub więcej światła. Światłowód odbiorczy zakończony jest fotodiodą, która przekształca zmiany jasności w sygnały elektryczne.





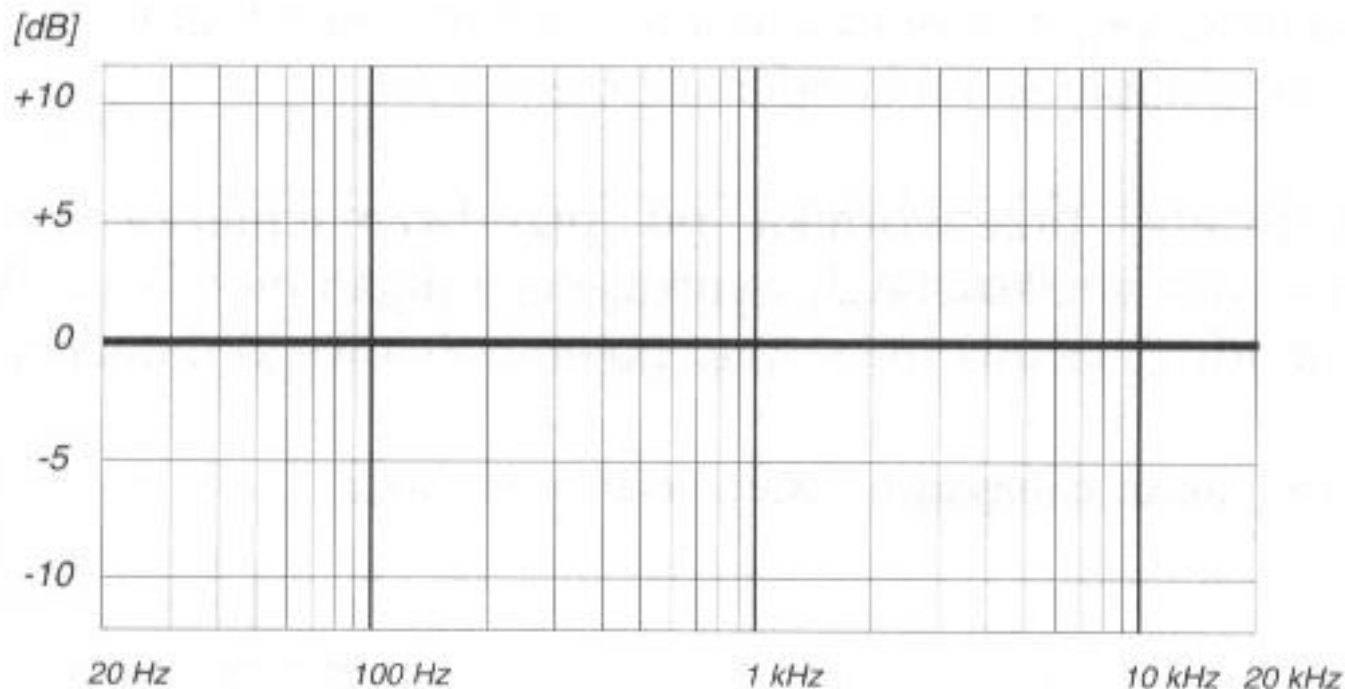
Podstawowe parametry mikrofonów:

- charakterystyka przenoszenia
- charakterystyka kierunkowa
- skuteczność
- szumy własne
- impedancja



Charakterystyka przenoszenia

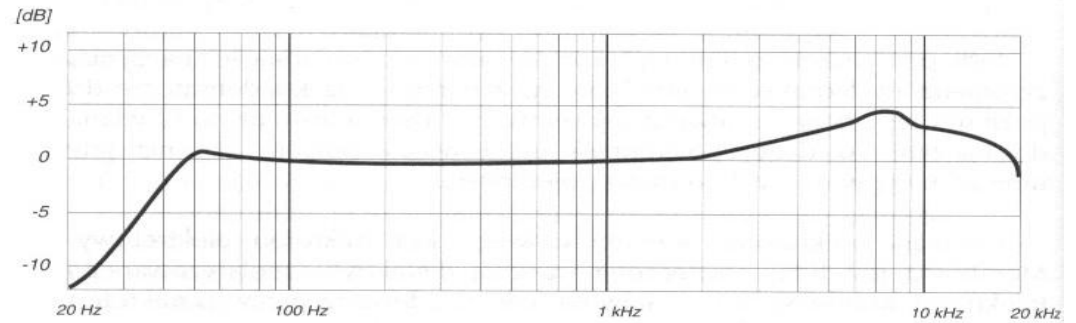
Idealny mikrofon powinien równomiernie przetwarzać wszystkie częstotliwości akustyczne.



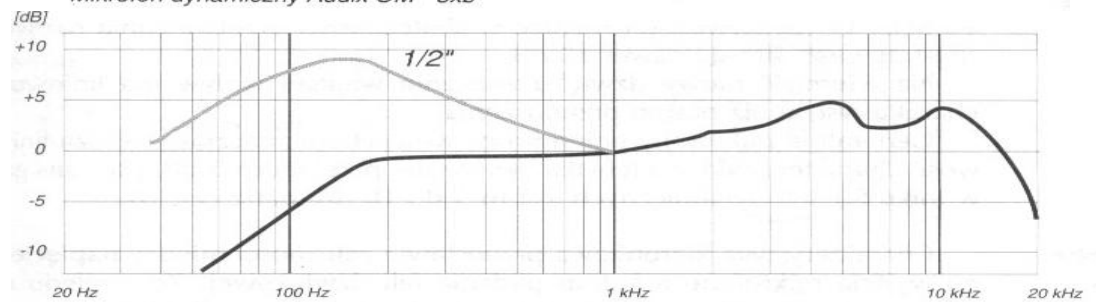
Charakterystyka przenoszenia



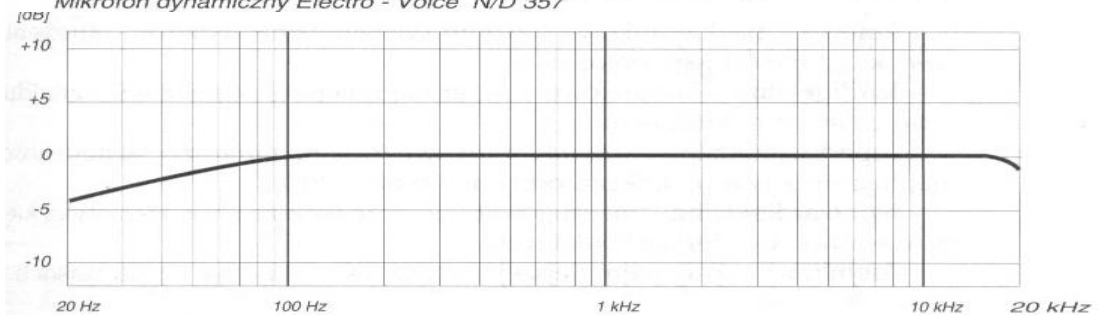
Przykładowe charakterystyki różnych mikrofonów:



Mikrofon dynamiczny Audix OM - 3xb



Mikrofon dynamiczny Electro - Voice N/D 357



Mikrofon pojemnościowy Neumann KM 84

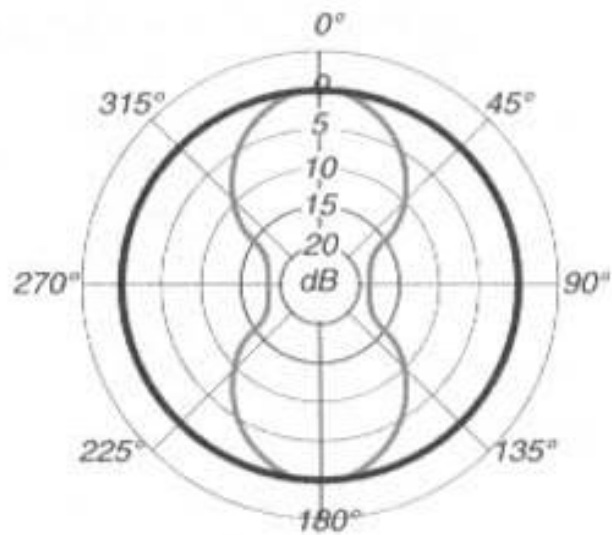
Charakterystyka kierunkowa



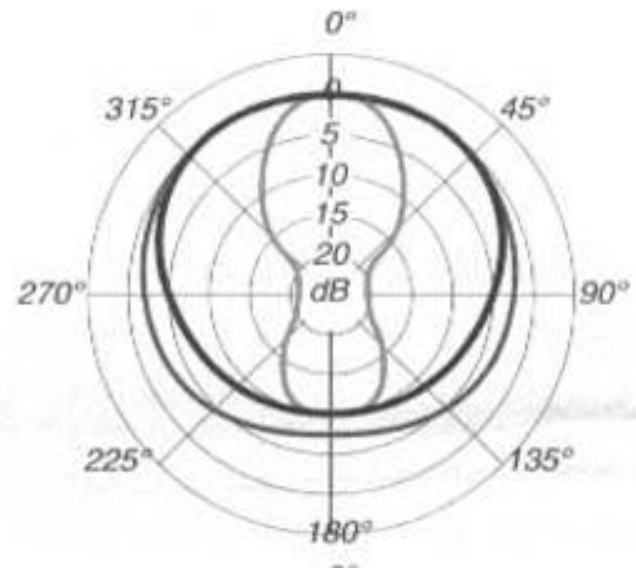
Przedstawia zależności między napięciem na wyjściu mikrofonu a kątem padania fali dźwiękowej.

Właściwości kierunkowe mikrofonu zależą wyłącznie od konstrukcji jego obudowy.

Charakterystyka kierunkowa

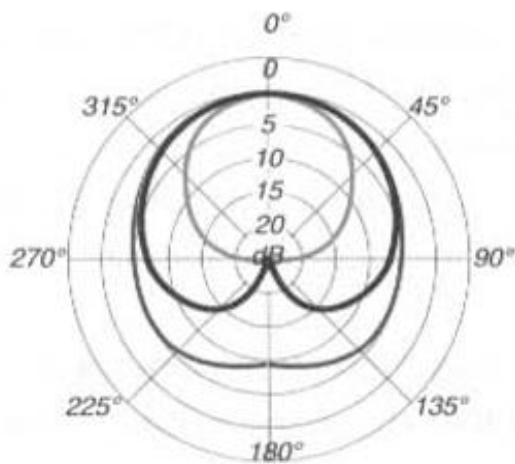


bezkierunkowy

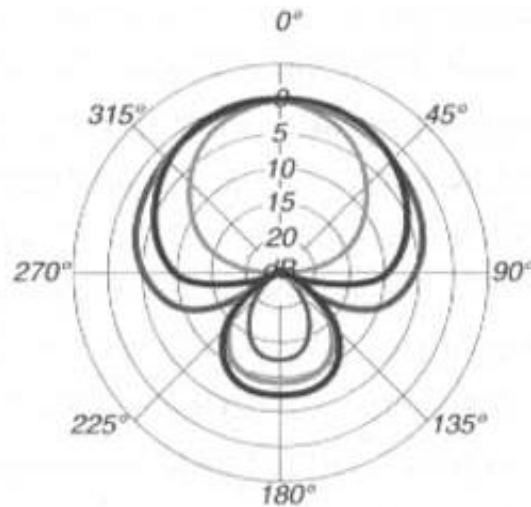


kierunkowy

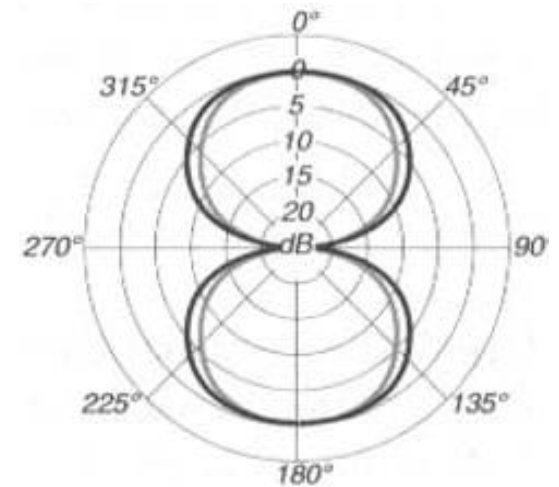
Charakterystyka kierunkowa



kardioidalny



superkardioidalny









dwukierunkowy



Oznakowanie mikrofonów

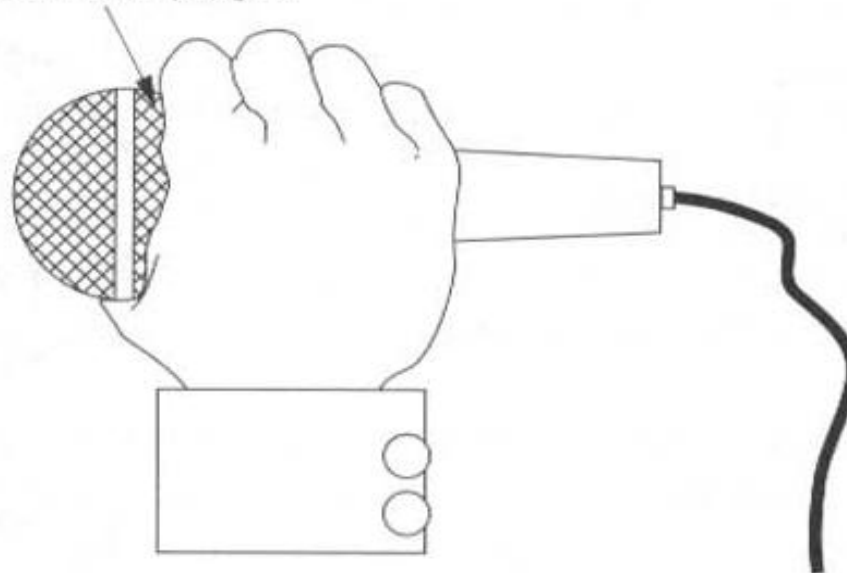


Symbol	Richtcharakteristik
	Cardioid
	Supercardioid
	Figure of Eight
	Omnidirectional
	Halfcardioid
	Hypercardioid

Charakterystyka kierunkowa



*Zakrycie tych otworów zmienia charakterystykę na bezkierunkową –
mikrofon może zacząć sprzęgać.*



Charakterystyka kierunkowa



kierunkowy



kardioidalny /
bezkierunkowy



superkierunkowy



Skuteczność

Określa, jakie napięcie powstanie na wyjściu mikrofonu przy ciśnieniu akustycznym równym **1 Pa**, co odpowiada natężeniu dźwięku **94 dB** dla $f = 1 \text{ kHz}$

Skuteczność podajemy w **mV / Pa**

Wynosi ona zwykle:

Dla mikrofonów dynamicznych – od **0,7** do **3,5 mV/Pa**

Dla pojemnościowych – od **7** do **20 mV/Pa**



Szумы własne

Poziom hałasu generowany przez sam mikrofon przy ciśnieniu akustycznym 0 dB

Przyjmuje zwykle wartość:

Dla mikrofonów dynamicznych od do **14 dB** do **20 dB**

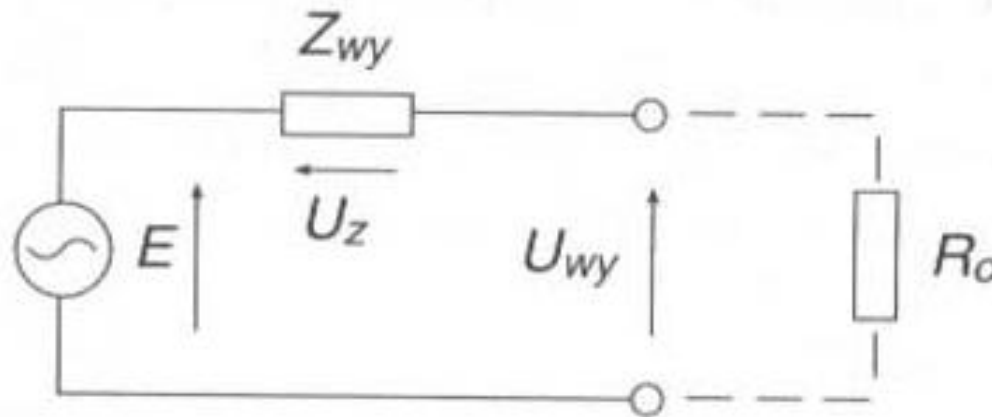
Dla pojemnościowych od **7 dB** do **25 dB**



Impedancja

Przyjmuje zwykle wartość od 50 do 600 Ω

Powinniśmy dążyć do stosowania mikrofonów o jak najniższej impedancji.



$$U_{wy} = E - U_z$$

$$R_{we} \geq 5 Z_{wy}$$

Pozostałe parametry mikrofonów



- **SPL (maksymalne ciśnienie akustyczne)**
 - Parametr wyrażany w dB. Jest to najgłośniejszy dźwięk jaki może być przenoszony przez mikrofon przy zniekształceniach rzędu 1%, dla mikrofonów pojemnościowych <math><0.5\%</math>.
- **S/N – stosunek sygnału do szumu**
 - Różnica poziomu odniesienia 94dB (1Pa) i poziomu szumów
- **Dynamika**
 - Odległość między najgłośniejszym dźwiękiem przeniesionym bez zniekształceń (SPL), a dźwiękiem najcichszym (szumem własnym)

Porównanie dynamicznych i pojemnościowych



Mikrofony dynamiczne:

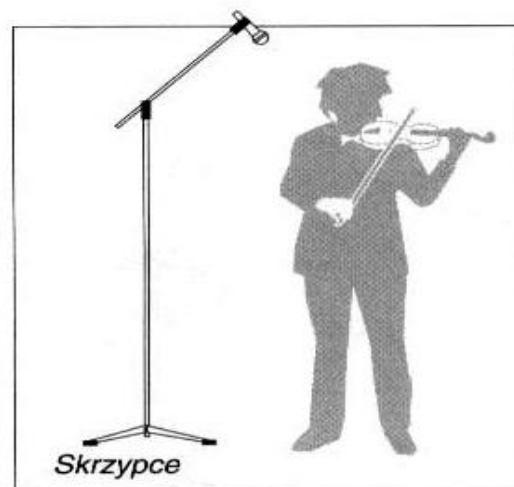
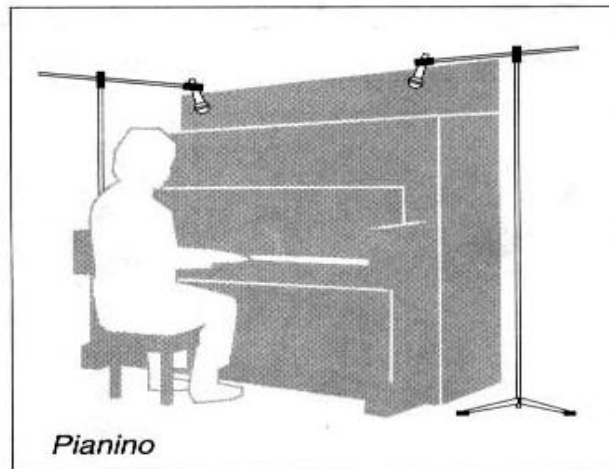
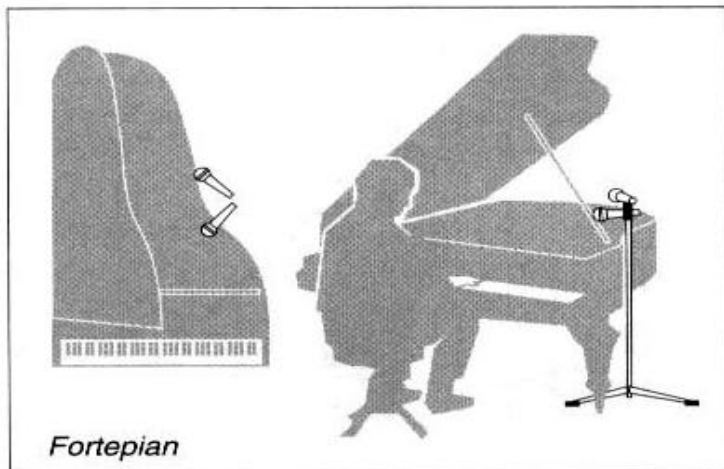
- tańsze
- wytrzymalsze*
- nie wymagają zasilania
- łatwiejsze w obsłudze (węższe pasmo i bardziej kierunkowe)

Mikrofony pojemnościowe:

- droższe
- dokładniejsze
- mniejsze szумы własne
- szersza i bardziej płaska charakterystyka
- większe ryzyko sprzężenia*

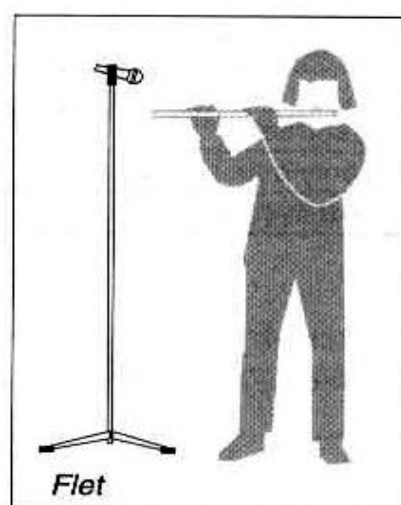


Sposoby ustawiania mikrofonów



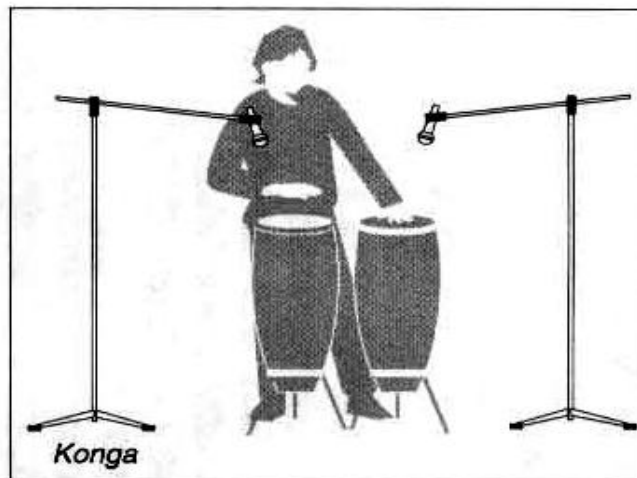
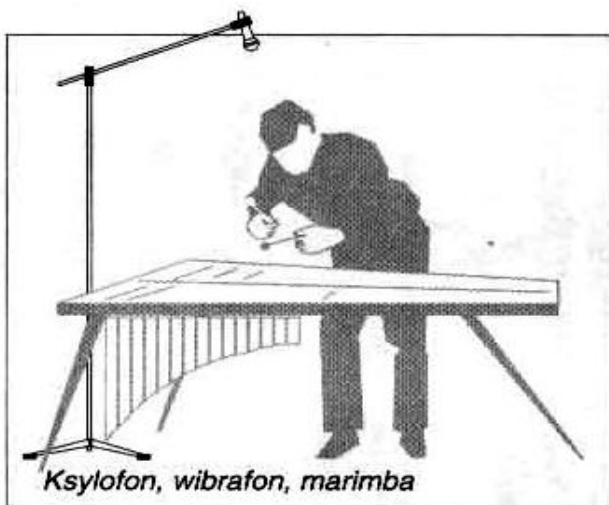


Sposoby ustawiania mikrofonów





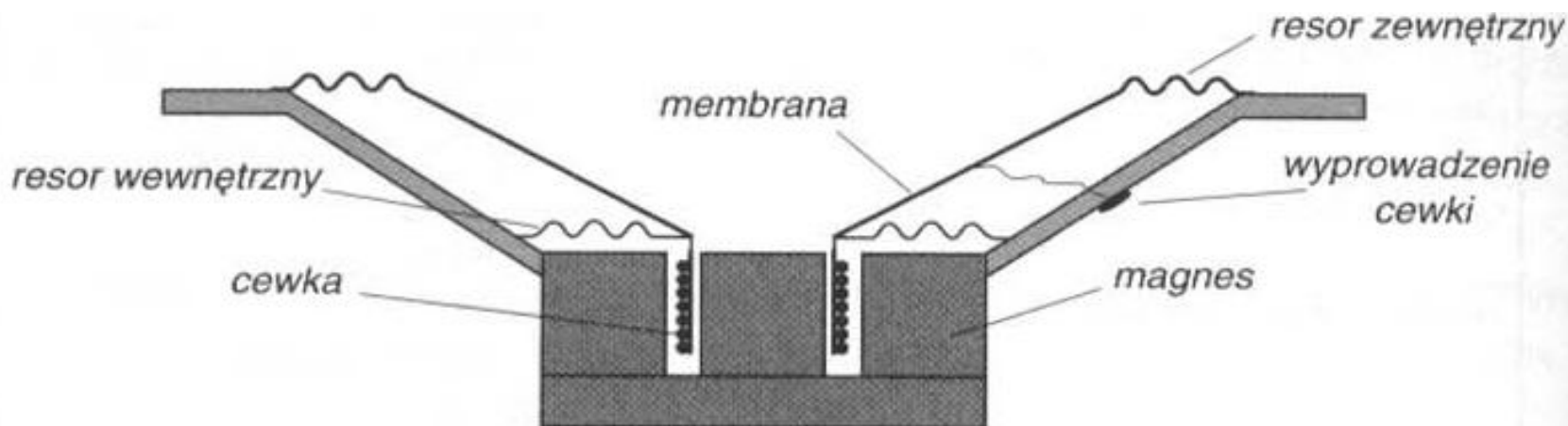
Sposoby ustawiania mikrofonów



Głośniki



Budowa głośnika





Podstawowe parametry głośników:

-Efektywność [dB / W]

Określa, jakie natężenie dźwięku zostanie wytworzone w odległości 1m metra od głośnika, gdy podamy na niego moc 1W

-Moc znamionowa

Największa moc, jaka może być dostarczona w sposób ciągły (przez więcej niż 2 h)



Podstawowe parametry głośników:

-Moc muzyczna

Moc, jaką można dostarczać przez krótki okres czasu (1s) – odpowiada największej mocy wzmacniacza, jaki może współpracować z głośnikiem

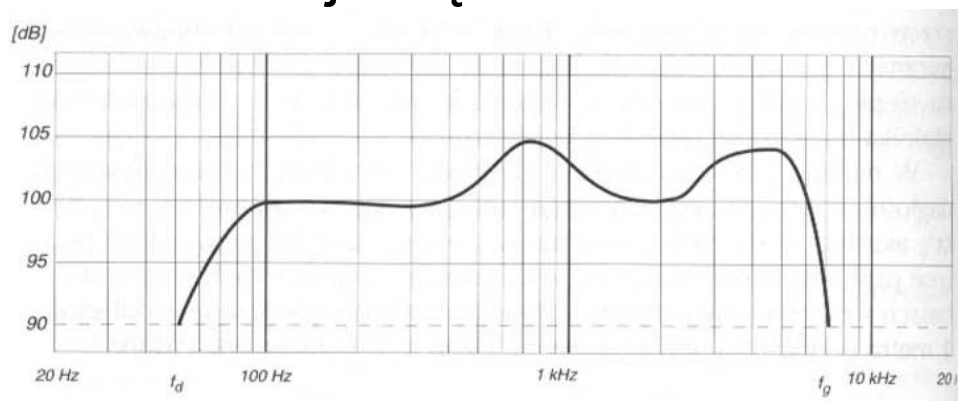
-Moc szczytowa

Określa, jak silny impuls o czasie trwania nie przekraczającym 10 ms nie uszkodzi głośnika



Podstawowe parametry głośników:

-Charakterystyka przenoszenia
Skuteczność w funkcji częstotliwości



-Impedancja

Oporność dla prądu zmiennego – należy pamiętać, że zależy od częstotliwości



Podział głośników:

- niskotonowe 20 – 400 Hz
- średniotonowe 400 – 5000 Hz
- średnio i wysokotonowe (drivery)
800 – 20000 Hz
- wysokotonowe (tweeterzy) 5 – 20 kHz



Słuchawki

Ze względu na niewielkie moce potrzebne do nagłośnienia przestrzeni pomiędzy słuchawką i błoną bębenkową ucha, masa elementów drgających jest tu bardzo mała. Nie ma większych problemów z uzyskaniem szerokiego pasma i płaskiej charakterystyki przenoszenia. Najlepsze modele potrafią odtwarzać dźwięki w zakresie **20 Hz – 20 kHz** z tolerancją **1 dB**.



Słuchawki



- niskoomowe – **8 – 32 Ω** – przeznaczone do urządzeń przenośnych o zasilaniu bateryjnym
- średnioomowe – **75 – 300 Ω** – do współpracy z urządzeniami o zasilaniu sieciowym takimi jak magnetofony, wzmacniacze
- wysokoomowe – **600 – 2000* Ω** – do współpracy ze sprzętem profesjonalnym. Można je włączyć bezpośrednio do wyjścia liniowego w stole mikserskim.



Słuchawki typy

wokółuszne (circumaural) – „pełnowymiarowe”
nauszne/przyuszne – (supra-aural) – „poduszki”

otwarte (open-back)

półotwarte (semi-open)

zamknięte (closed-back)

douszne (earbuds)

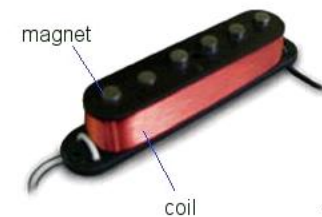
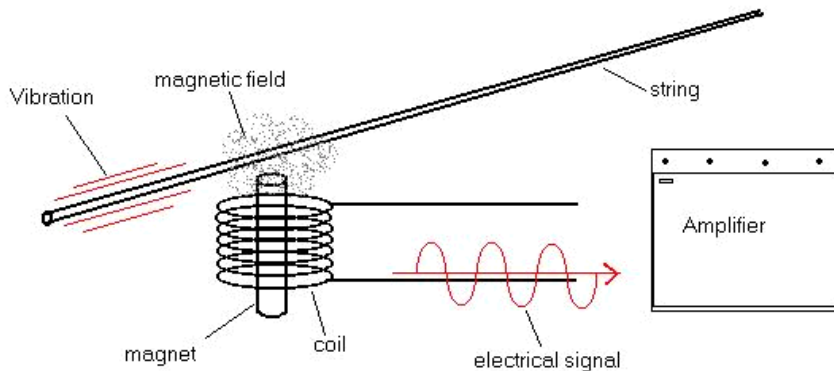
dokanałowe (in-ear)





Przystawka gitarowa

Jest to przetwornik elektroakustyczny wykorzystywany do zamiany mechanicznego drgania struny na sygnał elektryczny.



Single coil



Humbucker