

Obecné vlastnosti reproduktorů

Výkon RMS

Tato veličina popisuje dlouhodobý hudební (také označován jako nominální, sinusový) výkon, tj. výkon který ani při dlouhodobém hraní reproduktor nepoškodí. V praxi bývá reproduktor testován *růžovým šumem* po dobu 2 hodin při tomto hudebním výkonu.

Laicky řečeno: je to je největší výkon, který do reproduktoru můžete "pustit" aniž byste jej zničili.

Co tedy znamená RMS výkon udávaný u zesilovačů?

Root Mean Square = střední kvadratická hodnota = efektivní hodnota

V našem případě napětí na výstupu zesilovače, takže jestli je výstupní funkcí sinusovka s amplitudou 1 (maximální hodnota), pak je hodnota RMS = 0,707, takže výkon, udávaný jako RMS je "ta správná hodnota" a *je-li výstupní napětí sinusové, platí, že sinusový výkon je totéž, jako RMS.*

Takže když někde píšou, že to má 20W RMS, tak to znamená, že to dokáže dát např. 8,94Vef do zátěže 4Ohmy. $P = \frac{U^2}{R} \Rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{20 \cdot 4} = \sqrt{80} = 8,94V$ *efektivní*

Prostě RMS je hodnota pro obecný průběh, daná odmocninou z integrálu výstupních hodnot na druhou a "sinusová" hodnota je pouze speciální případ, kdy je touto funkcí čistá sinusovka. Výkonů okolo 20W RMS dosahují autorádia běžně, díky můstkovému zesilovači, ten nepracuje proti zemi, ale proti dalšímu zesilovači, který je v protifázi, takže se výstupní napětí sčítají, takže místo našich 5V vyrobí můstek 10V a výkon je 100/4 a to je 20W RMS.

Co znamená P.M.P.O výkon udávaný u zesilovačů?

Picosecond Music Power Output = Pět Milisekund Před Odpálením

Počítá se zhruba tak, že se vezmou všechny možný parametry a navzájem se to počítá, takže příkon + výkon + vstupní proud * napájecí napětí + odstup s/š + činitel tlumení. No a nakonec třeba vyjde, že rádio s TDA2005 (tuším 2x5W/RMS na 4Ohm) má p.m.p.o 80W... (Je to maximální teoretická hodnota - většinou jen na papíře) ale hlavně, že je na něm obrovská nálepka 80W... Osobně to řeším tak, že udávanou hodnotu dělím 10-15ti (dle výrobce) a dostanu se někde k reálnému výkonu.

Problematika definice šumu

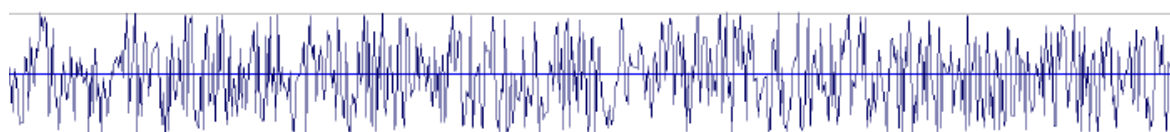
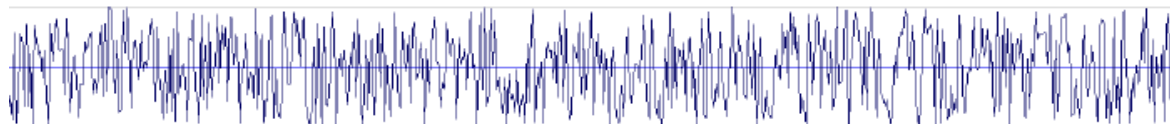
V širším slova smyslu se jedná o jakýkoliv nežádoucí signál. Šumem tedy může být například i akustický (avšak nežádoucí) Zvuk – například pokud student potřebuje studovat v knihovně.

V užším slova smyslu se jedná o nespojitý náhodný signál, který nemá nijak specifickou barvu. Nežádoucí signál většinou vzniká nedokonalostí nahrávacího a nebo reprodukčního zařízení. Šumy je možné dělit podle jejich světlosti (čím vyšší frekvenci šum má, tím je

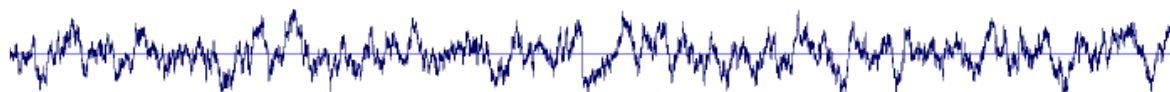
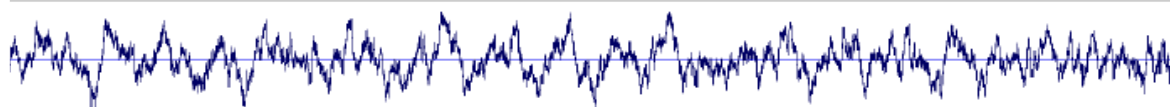
světlejší). Známe šum bílý (white noise), který obsahuje všechny frekvence spektra, růžový šum (pink noise), který obsahuje méně vyšších frekvencí, hnědý (brown noise), atd.

Bílý šum je reprezentovaný náhodnou nepředvídatelnou křivkou s ostrými vrcholy.

Hnědý šum je reprezentován náhodnou nepředvídatelnou křivkou s oblejšími vrcholy.



Náhodná křivka bílého šumu



Náhodná křivka hnědého šumu

Růžový šum - Růžový šum také známý jako „1/f šum“ nebo „kmitající šum“ je signál nebo proces s takovým frekvenčním rozsahem, že výkonová frekvenční hustota je přímo úměrná převrácené hodnotě frekvence. To nastane v mnoha případech studie a získává tak svůj název jako přechod mezi bílým a červeným šumem.

Něco o reproduktorech:

dle ČSN IEC 268

Norma předepisuje výrobcům údaje které **musí uvádět povinně na štítku nebo přímo na reproduktoru (A)** a údaje, které **musí poskytnout kupujícímu před koupi k nahlédnutí** (pokud o to bude požádán - **B**). Dále norma specifikuje údaje, které je rovněž vhodné (ale není povinné) uvádět.

Údaje	A	B
popis typu reproduktoru : princip měniče		x
: Typ		x
reproduktorová soustava	x	
Značení svorek a ovladačů:	x	
Referenční rovina		x
Referenční bod		x
referenční osa		x
jmenovitá impedance	x	x
Impedanční křivka		x
krátkodobé maximální vstupní napětí		x
dlouhodobé maximální vstupní napětí		x
jmenovité sinusové napětí		x
jmenovité šumové napětí		x
krátkodobý maximální příkon		x
dlouhodobý maximální příkon		x
jmenovitý sinusový příkon		x
jmenovitý šumový příkon		x
jmenovitý kmitočtový rozsah		x
rezonanční kmitočet		x
střední hladina akustického tlaku v udaném kmitočtovém pásmu		x
kmitočtová charakteristika	x	x
akustický výkon		x
směrová charakteristika		x
rozměry		x
hmotnost		x
kabely		x

Tab.1

Co to je to :

- **princip měniče:** např. elektrostatický, elektrodynamický, piezoelektrický...
- **typ:** tlakový, se zvukovodem nebo přímo vyzařující, jednoduchý nebo vícenásobný, s výhybkami nebo bez nich
- **reproduktorová soustava :** počet a typ použitých měničů a použitý princip akustického zatížení, uzavřená ozvučnice, zvukovod, basreflex, sloup, liniový zdroj a pod.
- **značení svorek :** musí být dle ČSN IEC 268-1 a 2, (až bude čas tak to dopíšu).
- **referenční rovina :** referenční rovina je rovina, jejíž poloha je specifikována výrobcem ve vztahu k reproduktorové ozvučnici nebo některému měniči. Referenční rovina se používá k definici polohy referenčního bodu a směru referenční osy.
- **referenční bod:** bod na referenční rovině, jehož poloha je specifikována výrobcem.

- **referenční osa:** přímka procházející referenční rovinou v referenčním bodě směrem specifikovaným výrobcem. Referenční osa slouží jako nulová referenční osa pro měření směrových a kmitočtových charakteristik.
- **jmenovitá impedance :** výrobcem uvedená hodnota odporu rezistoru, kterým je nahrazován reproduktor pro účely definování elektrického výkonu dostupného ze zdroje. Nejnižší hodnota modulu impedance nesmí být nižší než 80% jmenovité impedance. Je - li impedance na kterémkoliv kmitočtu vně tohoto rozsahu (vč. stejnosměrného odporu) nižší než tato hodnota, musí to být uvedeno ve specifikaci.
- **Impedanční křivka:** reprezentace modulu impedance jako funkce kmitočtu.
- **krátkodobé maximální vstupní napětí :** maximální napětí, které reproduktor nebo soustava může zpracovat, aniž dojde k trvalému poškození, po dobu 1 sekundy, při šumovém signálu simulující normální programový materiál. Zkouška se opakuje 60 krát, vždy s minutovými přestávkami.
- **dlouhodobé maximální vstupní napětí :** maximální napětí, které reproduktor nebo soustava může zpracovat, aniž dojde k trvalému poškození, po dobu 1 minuty, při šumovém signálu simulující normální programový materiál. Zkouška se opakuje 10 krát, vždy s 2 minutovými přestávkami.
- **jmenovité sinusové napětí :** výrobcem udávané napětí trvalého sinusového signálu ve jmenovitém kmitočtovém rozsahu, které je reproduktor schopen trvale zpracovávat, aniž dojde k jeho tepelnému nebo mechanickému poškození. Platí jako limit pro měření sinusovými signály po specifikovanou dobu. Není-li žádná doba specifikována, použije se doba 1 hodiny.
- **jmenovité šumové napětí :** výrobcem udávané napětí šumového signálu ve jmenovitém kmitočtovém rozsahu, které je reproduktor schopen trvale zpracovávat, aniž dojde k jeho tepelnému nebo mechanickému poškození.
- **krátkodobý maximální příkon :** elektrický výkon odpovídající krátkodobému maximálnímu vstupnímu napětí. Je definován jako U^2/R , kde U je krátkodobé maximální vstupní napětí a R je impedance.
- **dlouhodobý maximální příkon :** elektrický výkon odpovídající dlouhodobému maximálnímu vstupnímu napětí. Je definován jako U^2/R , kde U je dlouhodobé maximální vstupní napětí a R je impedance.
- **jmenovitý sinusový příkon :** elektrický výkon vypočtený ze vzorce U^2/R , kde U je jmenovité sinusové napětí a R je jmenovitá impedance.
- **jmenovitý šumový příkon :** elektrický výkon vypočtený ze vzorce U^2/R , kde U je jmenovité šumové napětí a R je jmenovitá impedance.
- **jmenovitý kmitočtový rozsah :** výrobcem udávaný kmitočtový rozsah reproduktoru, může se lišit od efektivního kmit. rozsahu, zejména u výškových a basových reproduktorů.
- **rezonanční kmitočet :** kmitočet, na kterém modul elektrické impedance dosahuje svého prvního hlavního maxima na rostoucí kmitočtové stupnici, s hodnotou tohoto kmitočtu musí být udáno akustické prostředí a způsob umístění, včetně specifikace měřící ozvučnice, pokud je použita.
- **střední hladina akustického tlaku v udaném kmitočtovém pásmu :** dvacetinásobek logaritmu poměru p_m ke standardnímu referenčnímu akustickému tlaku, vyjádřený v decibelech, více viz níže citlivost.
- **kmitočtová charakteristika :** akustický tlak jako funkce kmitočtu, měřený v podmínkách volného pole v poloprostoru a to v dané poloze vzhledem k referenční ose a referenčnímu bodu, při specifikovaném konstantním napětí sinusového nebo pásmového šumového signálu.

- **akustický výkon** : celkový akustický výkon vyzařovaný reproduktorem v daném kmitočtovém pásu se středním kmitočtem f pro definovaný vstupní signál
- **směrová charakteristika**: hladina akustického tlaku jako funkce úhlu mezi osou měření a referenční osou a kmitočtu vyzařovaného zvuku, měřená v podmínkách volného pole ve specifikované rovině. Osa měření je přímka spojující mikrofon a referenční bod. součástí by měl být i vyzařovací úhel a činitel směrovosti.
- **rozměry** : Vnější rozměry a rozměry pro upevnění reproduktoru.
- **hmotnost** : hmotnost reproduktoru připraveného k použití.
- **kabely** : kabely a konektory by měly být v souladu s normami. Konektory které jsou normalizovány jsou za některých okolností nevhodné a nelze se pak vyhnout použití jiných typů.

Norma uvádí ještě asi tak 20 - 50 údajů. které výrobce není povinen poskytnout, ale které se měří.

Údaje, které pro nás mají praktický význam:

1. označení reproduktorů
2. zkušební signály
3. citlivost reproduktoru
4. označení svorek
5. impedance
6. vstupní napětí
7. vstupní elektrický výkon
8. výstupní elektrický výkon
9. kmitočtové charakteristiky
10. zkreslení a ostatní

zkušební signály:

- **sinusový** - netřeba snad vysvětlovat, signál nesmí přesáhnout jmenovité sinusové napětí na žádném kmitočtu. Napětí na vstupních svorkách zkoušeného reproduktoru je udržováno pro všechny kmitočty konstantní, pokud není uvedeno jinak.
- **širokopásmový šumový signál** - přesná charakteristika je uvedena v ČSN, z praktických důvodů se doporučuje zdroj šumu s činitelem výkmitu 3 až 4, aby nedocházelo k přetěžování zesilovačů. Je nutno používat voltmetr měřící skutečnou efektivní hodnotu, s časovou konstantou dlouhou nejméně jako konstanta "slow" zvukoměru specifikovaného v IEC.
- **Úzkopásmový šumový signál**: - přesná charakteristika je uvedena v ČSN, pro měření využívající pásmový šum se používají filtry s konstantní relativní šířkou pásma a generátor *růžového šumu*. Relativní šířka pásma je obvykle 1/3 oktávy.
- **Impulsní signál** : Krátký impuls s konstantním spektrálním výkonem na jednotku pásma v rozsahu kmitočtů větším než kmitočtový rozsah, který je předmětem zájmu. Protože takové signály mají vzhledem k svým amplitudám relativně nízký energetický obsah, maximální amplitudy musí být normálně co největší, v mezích lineární funkce reproduktoru, aby byly při měření minimalizovány relativní příspěvky akustického a elektrického hluku.

citlivost reproduktorů a akustický tlak:

Akustický tlak v udaném kmitočtovém pásmu : hodnota, která má být výrobcem specifikována představuje akustický tlak vytvářený v udané vzdálenosti od referenčního bodu na referenční ose, je - li reproduktor napájen růžovým šumem v daném kmitočtovém pásmu a daným napětím.

Hladina akustického tlaku v udaném kmitočtovém pásmu : veličina, která má být specifikována je dvacetinásobkem logaritmu poměru akustického tlaku k standardnímu referenčnímu akustickému tlaku (20uPa), vyjádřený v decibelech.

Charakteristická citlivost v udaném kmitočtovém pásmu: veličina má být specifikována, představuje akustický tlak v udaném pásmu kmitočtů vztažený ke vstupnímu výkonu 1W. Up se číselně rovná odmocnině R, kde R je jmenovitá impedance.

Takže česky řečeno, čím citlivější reproduktor, tím větší akustický tlak (hlasitost) získá z 1W výkonu zesilovače. Protože akustický tlak je veličina logaritmická, znamená zvýšení citlivosti *o 3dB dvojnásobnou hlasitost*. Z toho plyne, že citlivost je vlastnost velice důležitá, protože při stejném akustickém tlaku potřebujeme u citlivějšího reproduktoru menší výkon zesilovače = menší nároky na energii, menší výkony se lépe chladí, slabší zesilovače jsou levnější a pod. Na tuto vlastnost (citlivost) zapomíná spousta lidí, kteří jdou hlavně po výkonu, ale je třeba opravdu vzít v úvahu, že mezi zesilovačem 500W s reproduktorem s citlivostí 93 db a zesilovačem 1000W s reproduktorem 90dB není **žádný** rozdíl (pokud se výsledného akustického tlaku týká, nebere se ohled na to že se můžu chlubit známým 1kW výkonovým zesilovačem)

METODY MĚŘENÍ :podmínky

1. reproduktor pracuje v normálních měřících podmínkách.
2. reproduktor je napájen konstantním napětím, nebo proudem, přičemž se obvykle dává přednost proudu. Hodnota napětí nebo proudu se pro měření volí dostatečně malá, aby reproduktor pracoval v lineární oblasti.
3. měří se modul impedance v rozsahu nejméně 20 Hz až 20kHz.
4. výsledky měření se udávají graficky jako funkce kmitočtu, přičemž hodnota napětí nebo proudu musí být udána spolu s výsledky.

Proč se vůbec zabýváme **impedancí Z** při měření výkonu zesilovače? Je pravdou, že pro vlastní měření nahrazujeme zátěž většinou rezistorem o dané hodnotě, ale pokud se bavíme o skutečných provozních podmínkách - to jsou stavy za jakých to hraje a občas taky nehraje - je impedance jednou z nejdůležitějších veličin. Jak to vypadá v praxi? Nejprve budeme pro zjednodušení předpokládat jeden reproduktor. Představte si, že do reproduktoru o kmitočtovém rozsahu 20Hz - 20kHz pošlete postupně signál stejné velikosti (jedno jaké) na frekvencích 31,5 Hz, 62 Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz, 8000Hz, 16000Hz prostě oktávy a voltmetrem měříte na svorkách reproduktoru úbytek napětí, který postupně přepočtete podle ohmova zákona na odpor a vynesete do grafu. Vyjde Vám velikost zatěžovacího odporu reproduktoru na dané frekvenci. Měl by být na všech kmitočtech v daném kmitočtovém rozsahu reproduktoru přibližně stejný, norma povoluje toleranci - 20% a

zároveň uvádí povinnost výrobce uvést případné překročení této tolerance a to i mimo rozsah použití reproduktoru. Cílem je dosažení *rovnoměrného* zatěžování zesilovače. *Pokud totiž na některých kmitočtech bude impedance vysoká, zesilovač na nich bude "hrát méně" pokud bude impedance nízká zesilovač bude přetěžován a může dojít k jeho zničení.*

Teď už víme co to ta impedance je, takže se podívejme jak ji využít ve svůj prospěch.

Výrobce zesilovačů udává výkon zesilovače při dané impedanci např. 400W/4Ω, to znamená, že zesilovač je schopen dodávat výkon 400W do zátěže 4Ω v celém kmitočtovém rozsahu !!!! to je velice důležitá vlastnost, kterou je nutno vzít v potaz zejména, pokud na různých akcích různým způsobem kombinujeme reproduktorové soustavy (oblíbený zločin je připojování basových beden paralelně k kompakům). Maximální výkon je dán dle ohmova zákona

$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R}$ kde R je předpokládaná impedance. Jak vidíme z uvedených vzorců, proud ani napětí ze zesilovače měnit nemůžeme, takže nám zbývá R.

Řazení rezistorů (reproduktorů):

- paralelní : "vedle sebe" $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ neboli sčítáme převrácené hodnoty, které potom převrátíme. typicky $\frac{1}{R} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} \Rightarrow R = 2\Omega$
- seriové : "za sebou" $R = R_1 + R_2$ neboli sčítáme hodnoty odporů, typicky

$$R = 4\Omega + 4\Omega = 8\Omega$$

tohleto se nám děje i při řazení reproduktorů na akcích, pokud tedy máme onen typický zesilovač 400W/4Ω a připojíme na něj 4Ω reproduktor, dostáváme z něj maximum možného výkonu, pokud na něj připojíme 8 ohmový reproduktor dostáváme výkon poloviční $P = U^2/8$. Připojovat na něj 2Ω reproduktor velmi nedoporučuji. Jak to tedy vypadá s těmi kompakty a basákem? Pokud máme 4 Ω kompak a k němu paralelně připojíme 4 Ω basák s výhybkou, výsledná impedance je 2 ohmy pro basovou část a 4 ohmy pro středovýškovou část, což vede k přetížení zesilovače na basových frekvencích a může vést ke zničení zesilovače.

Souhrn:

- Pro zátěž zesilovače je nutné dodržet minimální zatěžovací impedanci udanou výrobcem zesilovače.
- Pokud řadíme reproduktorové soustavy, vždy je to nutno dělat tak, aby impedance na **žádné frekvenci** nepoklesla pod minimální hodnotu, udávanou výrobcem zesilovače..

vstupní napětí : Přesně specifikováno musí být sinusové napětí, je podkladem pro výpočet vstupního elektrického výkonu (tzv. sinusový výkon)

vstupní příkon: elektrický příkon vypočtený ze vzorce $P = U \cdot I = U^2/R$, kde U je jmenovité sinusové napětí a R je jmenovitá impedance. Pro nás je to důležitý údaj, který nám udává, co vlastně reproduktor snese za normálních provozních podmínek (normální se myslí těsně pod

limitací), případně pro porovnání s konkurenčními produkty (protože způsob měření a tvar signálu je přesně specifikován - sinusovka je stejná v ČR i na Taiwanu, na rozdíl od šumových signálů, jak dobře známe různé zesilovače na tržnicích a pro PC)

výstupní výkon (akustický výkon): výstupní výkon je celkový akustický výkon vyzařovaný reproduktorem v daném kmitočtovém pásmu se středním kmitočtem f pro definovaný vstupní signál. Výsledky se udávají graficky jako funkce kmitočtu. Měří se v podmínkách volného pole nebo volného pole v poloprostoru, nebo v podmínkách difúzního pole. Výstupní výkon je při srovnatelných podmínkách vždy nižší než vstupní elektrický příkon. Podle mne je výstupní výkon objektivnější údaj, protože v této hodnotě jsou zahrnuty vlivy citlivosti, účinnosti a pod. Výrobci tento údaj většinou neposkytují, protože laikům v podstatě nic neřekne.

kmitočtové charakteristiky:

- Jmenovitý kmitočtový rozsah: jmenovitá podmínka - výrobcem udávaný kmitočtový rozsah reproduktoru (tzn. to co umí zahrát), většinou se liší od efektivního kmitočtového rozsahu (to je rozsah, ve kterém je reproduktor vhodné používat).
- rezonanční kmitočet: kmitočet, na kterém modul elektrické impedance dosahuje svého prvního hlavního maxima na rostoucí kmitočtové stupnici. S hodnotou kmitočtu musí být udáno i akustické prostředí vč. způsobu umístění a specifikace měřící ozvučnice.
- rezonanční kmitočet uzavřené reproduktorové soustavy : viz rez. kmitočet , ale jsou zahrnuty i vlivy kmitočtových výhybek.
- kmitočtové naladění basreflexu nebo pasivního zářiče reproduktorové soustavy: kmitočet, na kterém modul impedance dosahuje svého prvního hlavního maxima po dosažení svého prvního hlavního maxima na rostoucí kmitočtové stupnici, přičemž ozvučnice není vyplněna akusticky pohltivým materiálem. Případné obvody kmitočtových výhybek jsou zahrnuty.

zkreslení a ostatní: taky vcelku komplikovaná záležitost, bohužel. pokud výrobce udá zkreslení, většinou neuvede o které se jedná, zjišťuje se:

- celkové harmonické zkreslení.
- harmonické zkreslení n -tého řádu (kde $n = 2$ nebo 3)
- charakteristické harmonické zkreslení
- celkové šumové zkreslení
- šumové zkreslení n -tého řádu (kde $n = 2$ nebo 3)
- charakteristické šumové zkreslení
- intermodulační zkreslení n -tého řádu (kde $n = 2$ nebo 3)
- charakteristické intermodulační zkreslení n -tého řádu (kde $n = 2$ nebo 3)
- zkreslení rozdílovým kmitočtem
- šumové intermodulační zkreslení

Takže myslím, že tohle by jako stručný úvod do problematiky měření reproduktorů stačilo. Je ale nutné napsat že tato záležitost je celkem komplikovaná a ne všichni výrobci se staví seriózně k označování svých výrobků a poskytování informací a hodně využívají malé informovanosti kupujících.

Reproduktory



obr.1 Reprodukter z roku 1929

Reproduktory jsou elektro-akustické měniče, tj. zařízení ([elektrické stroje](#)), které přeměňují [elektrickou energii](#) na [mechanickou energii](#) ve formě [zvuku](#). Obvykle se skládají z [membrány](#), z pohonné části, do které je přiváděn vstupní [signál](#) a dalších dílů. Zvláštním případem malých reproduktorů jsou [sluchátka](#).

Dělení reproduktorů dle způsobu vyzařování

- Přímovyzařující - kmitající membrána je bezprostředně navázána na prostředí, do kterého se akustická energie vyzařuje. Obvyklá účinnost nepřevyšuje několik málo procent.
- Nepřímovyzařující (tlakové) - mezi prostředím, do kterého se akustická energie vyzařuje, a mezi membránou, je vložen zvukovod a popřípadě další pomocné akustické obvody. Toto uspořádání obvykle zvyšuje účinnost, umožňuje dosahovat vysokých vyzářených výkonů, tvarovat směrový diagram apod.

Dělení reproduktorů dle pohonu

- Elektrodynamické
- Elektromagnetické
- Elektrostatické
- Piezoelektrické
- [Plazmové](#)
- [Pneumatické](#)

Elektrodynamické



obr.2 Dvojice plošných reproduktorů Magnepan, vpravo bez přední masky

Tento princip pohonu je nejběžnější. Základem těchto reproduktorů je cívka a permanentní [magnet](#). Cívka se pohybuje ve válcové štěrbině mezi pólovými nástavci magnetického obvodu. Princip činnosti spočívá v působení [síly](#) na [vodič](#), kterým protéká [elektrický proud](#) v [magnetickém poli](#). Síla se přenáší na membránu a způsobuje její pohyb.

Kromě konvenčních typů existují zvláštní provedení :

- **Páskový reproduktor** je zvláštní typ elektrodynamického reproduktoru. Bývá používán pro vysoké, někdy pro střední kmitočty. Principem je pásek z elektricky vodivého materiálu, nebo membrána páskového tvaru, umístěná v poli silného magnetu. Uspořádání je obdobné jako u páskového [mikrofonu](#).
- **Plošné elektrodynamické reproduktory** jsou tvořeny membránou velké plochy, ukotvenou v napínacím rámu. Na membránu bývá po celé ploše upevněn vodič cívky, často tenký hliníkový drát nebo fólie, uspořádaný do meandru. Membrána o velké ploše je umístěna v těsné blízkosti plošného magnetu. Bývají někdy označovány jako "magnetostatické" pro svoji vzdálenou podobu s elektrostatickými měniči.
- **Reproduktor s ohybovou vlnou**¹ používá trochu odlišný princip působení. Na rozdíl od běžných elektrodynamických reproduktorů, kde se předpokládá u ideálního provedení pístový pohyb tuhé membrány, zde naopak se používá membrána pružná. V důsledku toho dochází k tomu, že pro daný kmitočet kmitá pouze určitá část membrány, čím je kmitočet vyšší, tím je plocha menší. Nízké kmitočty vyzařuje membrána celou plochou, vysoké jenom malé část plochy v blízkosti kmitací cívky.

Elektromagnetické

Tento princip není dnes příliš používán. Základem je membrána, např. z tenkého železného plechu, kterou přitahuje pevně umístěná cívka s jádrem ([elektromagnet](#)), nebo malý magnet, umístěný v poli budící cívky, který pohybuje s membránou. V historii se na tomto principu vyráběly např. sluchátka pro spojaře nebo telefonii a také reproduktory k radiopřijímačům. Výhodou je poměrně jednoduchá konstrukce, nevýhodou většinou značné zkreslení a omezený kmitočtový rozsah.

Elektrostatické

Membrána z tenké fólie s vodivou vrstvou bývá umístěna mezi dvě pevné elektrody, obvykle ve tvaru sítěk. Reprodukční pracuje na principu vzájemného přitahování a odpuzování elektricky nabitých desek. Podle uspořádání a vzdálenosti elektrod vyžaduje značně velké provozní a polarizační napětí (stovky až tisíce [Voltů](#)). Mohou být vyráběny jako vysokotónové, nebo i širokopásmové, ovšem vyžadují značné rozměry. Na stejném principu se konstruuje i vysoce kvalitní [sluchátka](#).

Piezelektrické

Využívá se [piezoelektrického jevu](#). Destička z piezomateriálu je mechanicky spojena s vhodnou membránou, nebo přímo tvoří membránu. Použití je spíše pro levné vysokotónové jednotky (malá výchylka membrány), nebo pro tlakové měniče i poměrně velkých výkonů (malé sirény apod.). Jejich zásadní nevýhodou je poměrně nerovnoměrná frekvenční charakteristika a větší zkreslení. Výhodou bývá poměrně vysoká účinnost, jednoduchá konstrukce a nízká cena.

Plazmové reproduktory

Tyto reproduktory nemají membránu. Využívá se změny tlaku vzduchu, vyvolaných [koronou](#) nebo obloukovým [výbojem](#). Na tomto principu se dají realizovat převážně vysokotónové měniče, výhodou je kmitočtový rozsah, neomezovaný hmotností membrány. Přestože je princip znám dlouho a experimenty se prováděly již kolem roku 1900, je použití reproduktorů na tomto principu velmi okrajové. Ve starší literatuře se pro tyto měniče používá označení ionofon.

Pneumatické

V praxi se tohoto principu běžně nepoužívá. Tradují se informace o sporadickém použití pro vytváření extrémně vysokých zvukových hladin, např. pro simulaci hluku při testech dílů pro letectví a kosmonautiku. Principem je modulace unikajícího stlačeného vzduchu z kompresoru pomocí ventilu, ovládaného budícím signálem. Na stejném principu, s ventilem ovládaným nikoliv elektricky, ale mechanicky - přenoskou - byly počátkem 20. století vyráběny i [gramofony](#).

Další principy

Zajímavý princip reproduktoru představuje tzv. rotary woofer (nezaměňovat s rotujícími reproduktory - Leslie efekt). V otvoru [ozvučnice](#) se otáčí lopatky [ventilátoru](#), u kterého se náklon lopatek mění budícím signálem. Princip připomíná [fenestron](#). Použití je zvláště pro velmi nízké kmitočty a generování [infrazvuku](#).

Jeden z méně obvyklých principů se v praxi častěji používá, a to pohon membrány pomocí [servomotoru](#). Membrány - obvykle více membrán, např. 2 nebo 4 - jsou táhly napojeny na obvod kotouče, který je pootáčen pomocí servomotoru. Membrány tak konají pístový pohyb, vynucovaný natáčením serva. Použití je pouze pro nízké kmitočty a poměrně velké výkony.

Existují další fyzikálně možné principy, ale jejich použití je spíše v rovině pokusů. Mezi ně patří např. využití magnetostrikčního jevu, který se používá u měničů pro [ultrazvuk](#), nebo využití Johnsen-Rahbeckova jevu (změna součinitele [tření](#) mezi [vodičem](#) a [polovodičem](#) vlivem změny [elektrického potenciálu](#)).

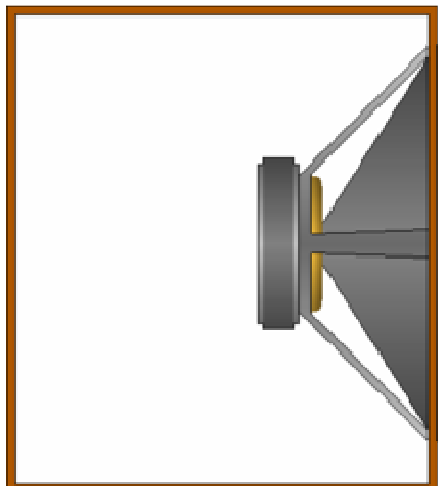
Dělení reproduktorů dle účelu

Podle účelu použití většina výrobců odlišuje několik různých skupin. Nejčastěji to bývá :

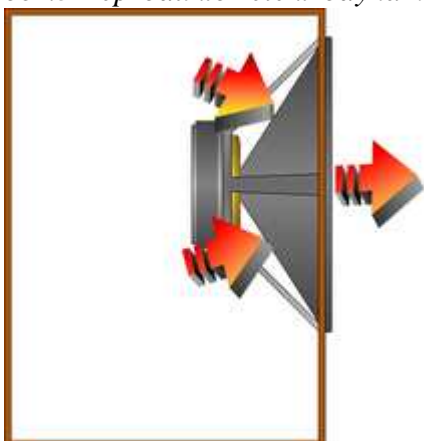
- pro domácí použití (spotřební elektronika, HiFi soustavy)
- vysoce kvalitní měniče pro studiové monitory, HiEnd audio apod.
- pro profesionální použití (výkonné PA systémy apod.)
- ozvučení automobilů
- pro el. hudební nástroje (speciálně vyráběné reproduktory pro aparatury zvláště el. kytar, baskytar, klávesových nástrojů apod.)
- reproduktory a reprosoustavy pro přenos mluveného slova (městský rozhlas, sirény apod.), zde se často používají tlakové reproduktory se skládaným (reentrantním) zvukovodem
- speciální (např. ozvučení pod vodní hladinou, pro vědecké pokusy, jednotky s velkým výkonem, vojenské použití aj.)

Dělení není jednotné ani závazné, některé výrobky mají vlastnosti, které jim dovolují použití pro různý účel. Také je do jisté míry na tom kterém výrobcu, jak ve svém výrobním programu reproduktory rozdělí.

Dělení reproduktorů dle kmitočtového rozsahu



obr.3 Reprodukter elektrodynamický



obr. 4 Proudění vzduchu vznik tlakové a podtlakové síly

Z hlediska frekvenčního rozsahu se vyrábějí reproduktory s různými vlastnostmi. Je to dáno jednak jejich účelem jednak fyzikálními vlastnostmi jednotlivých konstrukcí. Některé reproduktory se provozují jen v úzkém kmitočtovém pásmu, např. o šířce jen jedné oktávy (např. v sirénách), nebo např. pouze v pro přenos řeči v telekomunikační technice (obvykle požadovaný rozsah od několika set Hz po 3-5kHz), některé jsou určeny pro přenos zvuku v levné spotřební elektronice, domácích Hi-Fi soupravách nebo profesionálních ozvučovacích systémech. Různé nároky na požadované vlastnosti (výkon, rozměry, účinnost, kmitočtová charakteristika, zkreslení, cena aj.) daly vzniknout široké škále vyráběných typů.

Pro vysoce kvalitní přenos zvuku se obvykle požaduje co nejširší přenášený kmitočtový rozsah, nejlépe v celém slyšitelném pásmu (20Hz až 20kHz). Z mnoha důvodů je výroba reproduktoru, který by celé takto široké pásmo přenesl, velmi obtížná. Na takový reproduktor jsou kladeny zcela protichůdné požadavky. Např. pro přenos nízkých kmitočtů je vhodné, aby reproduktor měl tuhou membránu velkých rozměrů, což znamená i dosti značnou hmotnost kmitajících částí, naopak pro přenos vysokých kmitočtů je nutné mít membránu velmi lehkou. Proto je výhodné přenášet celý požadovaný kmitočtový rozsah pomocí více různých měničů, které jsou optimálně přizpůsobeny pro dílčí, poměrně úzká kmitočtová pásma. Z těchto

reproduktorů se sestavují [reprosoustavy](#), které kromě reproduktorů obsahují často pomocné akustické obvody, a většinou další elektronické části (přívodní konektory, výhybky, popřípadě zesilovače aj.).

Širokopásmové

- Patří mezi ně např. univerzální reproduktory určené obvykle pro nenáročné použití např. v dopravních prostředcích, televizorech a levné spotřební elektronice
- Jejich maximální kmitočtový rozsah je od 45 – 15 000 Hz, běžně se ale setkáme s širokopásmovými reproduktory s kmitočtovým rozsahem 55 – 13 500 Hz, je ale možné vyrobit speciální reproduktory, které dokážou pokrýt celé akustické pásmo 20 Hz až 20 tisíc Hz.
- Poměrně výjimečně se vyskytují širokopásmové reproduktory pro vysoké nároky na přenos zvuku, jejich nevýhodou bývá omezená zatížitelnost
- Koaxiální reproduktory
- Za širokopásmové se často v praxi označují i reproduktory, složené ze dvou či více měničů. Častá je montáž malého vysokotónového reproduktoru na zvláštní držák, který je součástí koše, před membránu hlubokotónového reproduktoru, obvykle v ose. Toto bývá časté u reproduktorů pro ozvučení automobilů. Pro profesionální a studiové použití se vyrábějí reproduktory, kde je tlaková vysokotónová jednotka umístěna za magnetickým obvodem hlubokotónového reproduktoru a otvor v pólovém nástavci je součástí zvukovodu, nebo může být umístěna v prostoru mezi středovým pólovým nástavcem a kupolkou membrány. Výhybka může být umístěna samostatně (reproduktor tak má vyvedeny samostatně svorky obou měničů), nebo může být výhybka součástí koaxiálního reproduktoru.

Hlubokotónové (basové) reproduktory



obr.5 Basové reproduktory (P-Audio) s litým košem

- Rozsah:
 - 20 – 1 500 Hz (nízkorezonanční o velkém průměru)
 - 35 – 5 000 Hz (běžný basový nebo tzv. středobasový)
- Konstrukce:
 - Základní předpoklad je velký zdvih membrány a malá tuhost zavěšení a nízká vlastní rezonance reproduktoru. Výchytky membrány dosahují až 5 mm. Horní zavěs membrány bývá zhotoven z gumy, pěnové gumy, polyuretanu, někdy z impregnovaného textilu. Membrány jsou většinou papírové, méně často z plastu, někdy kovové nebo sendvičové. Koše reproduktorů se vyrábějí z plechu, nebo z hliníkových slitin, výjimečně z plastu (pouze u malých rozměrů).
 - Průměry reproduktorů bývají 150 – 600 mm kruhového tvaru, udávají se obvykle v [palcích](#)
 - Výkon na nižších kmitočtech je úměrný druhé mocnině součinu efektivní plochy membrány a výchylky.
 - U některých reproduktorů mívá střední pólový nástavec otvor, aby vzduch mohl proudit kolem kmitací cívky.

Středopásmové (středotónové) reproduktory

- Rozsah 80 – 12 000 Hz
- Konstrukce:
 - Materiál membrán bývá papírovina, kevlar, polypropylen, sendvič, výjimečně i jiné materiály. U kvalitních středotónových reproduktorů je kladen důraz hlavně na nízké zkreslení, protože je lidský sluch v této oblasti nejcitlivější. Kromě klasických kónusových membrán se vyrábějí [kalotové \(membrána ve tvaru vrchlíku\)](#).
 - Průměry membrán reproduktorů bývají v zhruba v rozmezí 50 – 180 mm pro použití v HiFi soustavách, pro profesionální účely i větší.
 - Pokud jsou montovány ve společné ozvučnici s hlubokotónovým reproduktorem, mívají uzavřený koš nebo se montují do uzavřeného krytu, aby je hlubokotónový reproduktor neovlivňoval.

Vysokotónové (výškové) reproduktory



obr. 6 Kalotový reproduktor

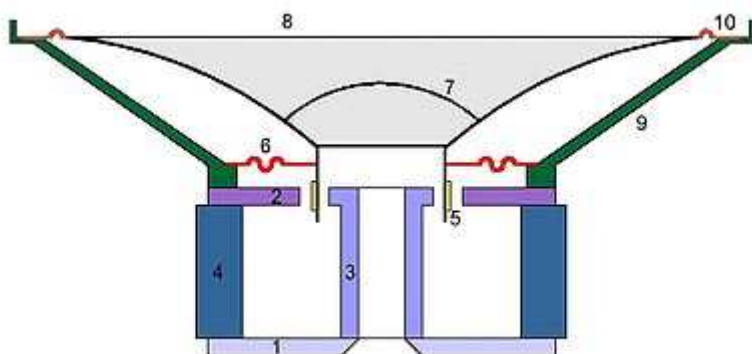


Tlakový vysokotónový reproduktor se sektorově děleným zvukovodem

- Rozsah obvykle od 2 000 do 20 000 Hz, někdy i více
- Konstrukce:
 - Membrána nemá zpravidla z důvodu požadavku co nejširšího vyzařování tvar kužele, ale kulového vrchlíku - kaloty. Průměr membrány je většinou do 30 mm.
 - Materiály membrán jsou plasty, textilní úplety (hedvábné), sendvičové konstrukce (na textilní základ se napařuje vrstva kovu), kovové (titan, dural), keramika, aerogel a podobné materiály.
 - Některé vysokotónové reproduktory mají kmitací cívku chlazenou [ferrofluidem](#), který zároveň tlumí rezonance systému
 - Vyrábějí se i páskové reproduktory, kde není zvuková vlna vyzařována pomocí kaloty, ale kmitajícího pásku.
 - Pro nenáročné použití v levné spotřební elektronice, zvláště přenosných radiomagnetofonech, a v levných ozvučovacích systémech se používají piezoelektrické vysokotónové jednotky
 - Pro profesionální použití (PA systémy apod.) se vysokotónové reproduktory vyrábějí nejčastěji jako tlakové, s vysokou účinností.
 - Tlakové reproduktory mohou mít různé provedení zvukovodu, jak rotačně symetrické, tak čtvercového nebo obdélníkového tvaru. Zvukovod se mimo jiné podílí na tvarování směrového diagramu reproduktoru. Některé reproduktory mají úmyslně jiný vyzařovací úhel ve vertikální a horizontální rovině, např. 90 x 60 stupňů.
 - [Zvukovod](#) může být pevnou součástí reproduktoru. Některé reproduktory jsou vyráběny jako samostatné jednotky bez zvukovodu (tzv. **drivery**) a zvukovody (různého tvaru) se dodávají samostatně. V takovém případě je možné vhodnou kombinací driveru a zvukovodu dosáhnout požadovaných vlastností.

Části elektrodynamickeho reproduktoru

Koš reproduktoru



obr.7 Konstrukce elektrodynamickeho reproduktoru

Koš reproduktoru je základní nosnou konstrukcí reproduktoru. Slouží pro připevnění reproduktoru do skříňky a zároveň nese elektromagnetický obvod, závěsy membrány a

připojovací terminál. U výškových reproduktorů bývá bez otvorů, u hlubokotónových musí být opatřen co největšími otvory aby uzavřený vzduch pod membránou negativně nezvyšoval tuhost zavěšení membrány a nezhoršoval tak akustické vlastnosti zařízení. Ohraničení otvorů má aerodynamický tvar pro co nejlepší proudění vzduchu. Konstrukce koše musí být co nejpevnější a zároveň musí mít antirezonanční vlastnosti. U levných reproduktorů se používají koše vylisované z plechu, také se používá polyamid či jiný plast, zejména u reproduktorů pro použití ve vlhku. Dražší reproduktory mají koš ze silnostěnného odlitku slitin hliníku. Koš má po obvodu otvory pro upevňovací šrouby, kterými je reproduktor uchycen k ozvučnici. U miniaturních reproduktorů tyto otvory často chybí, reproduktory se upevňují pomocí různých úchytků, rámečků nebo i lepením.

U vysokotónových reproduktorů a některých nepřímovařujících jednotek koš jako takový neexistuje. Membránový systém, zvukovod a další části jsou montovány přímo k magnetickému obvodu. K ozvučnici se reproduktor často uchycuje pomocí zvukovodu. V současnosti je většina vyráběných reproduktorů s membránou a košem kruhového tvaru. Existují i reproduktory **eliptické**, kde je koš i membrána eliptického tvaru. Časté to bývalo u širokopásmových reproduktorů, zvláště pro TV přijímače.

Magnetický obvod

Je to základní součást pohonu elektrodynamického reproduktoru. Magnetické pole ve válcové vzduchové mezeře mezi pólovými nástavci je vybuzováno permanentním magnetem uloženým nejčastěji ve vnějším plášti magnetického obvodu nebo tvoří podstatnou součást středového sloupku magnetického obvodu. Magnet bývá z jednoho kusu, ale může být složen i z několika shodných, umístěných na sobě, nebo několika různých segmentů, umístěných vedle sebe po obvodu. Magnety se používají nejčastěji feritové, ze slitiny AlNiCo a v poslední době se prosazují (zejména u drahých reproduktorů pro profesionální použití) [neodymové magnety](#). U reproduktorů vyráběných v 30. až 40. letech 20. století bývalo běžné, že byl použit elektromagnet, který zároveň sloužil jako [tlumivka](#) napájecího zdroje. Pólové nástavce bývají někdy vybaveny zkratovacími prstenci. U některých reproduktorů je vnitřní pólový nástavec plný, u některých má otvor. Tento otvor může být součástí zvukovodu některých výškových systémů, nebo umožňuje proudění vzduchu z prostoru kmitačky (chlazení a zvýšení poddajnosti celého systému).

Pro některé účely, hlavně pro instalaci do klasických televizorů s [CRT](#) a pro soustavy, které mají pracovat v blízkosti televizorů a monitorů, se vyrábějí reproduktory, u kterých je magnetický obvod stíněný, nebo omezen tak, aby vnější mag. pole bylo co nejmenší.

Kmitací cívka



obr.8 Kmitací cívka a středící membrána elektrodynamického reproduktoru



obr.9 Membránový systém vysokotónového reproduktoru, pohled zespodu na kmitací cívku

Kmitací cívka je další podstatnou částí pohonu elektrodynamického reproduktoru. Nejčastěji to bývá vinutí z izolovaného vodiče (měď, hliník, pomědřený hliník), navinuté na tzv. formeru (cívkové těleso), který je spojen s membránou. Former může být vyroben i jako část membrány. Jako vodič může být použito i profilovaného drátu (čtvercový průřez nebo pásek). Vinutí bývá obvykle ve dvou vrstvách, u některých (zejména středových a vysokotónových tlakových reproduktorů) často jen jedna vrstva, výjimečně 4 vrstvy (některé basové reproduktory). Former může být z papíroviny, pro vyšší výkony z hliníku, kaptonu, skelných vláken apod. V některých případech bývá samonosné vinutí, vlastní vinutí je pouze prosyceno vhodným lepidlem. V některých případech mají kmitací cívky 2 samostatná vinutí (tzv. dvoucívkové reproduktory, obvykle pro subwoofery). Na cívku, zejména u výkonných reproduktorů, jsou kladeny značné nároky. Musí snášet teploty vznikající při vysokém zatížení, být tuhá, nesmí se deformovat, přitom - zejména u reproduktorů pro vysoké kmitočty - musí mít co nejmenší hmotnost.

Membrána

Tvar membrány basových a středových reproduktorů je většinou kuželový, buď v rozvinutelném nebo nerozvinutelném tvaru (tzv. NAWI tvar- zkratka z něm. nicht abwickelbar). U širokopásmových reproduktorů se často používá lehká pomocná membrána menšího průměru, která je upevněna před hlavní membránou, a zlepšuje vyzařování vysokých kmitočtů. U některých reproduktorů je v membráně vytvořena jedna nebo více vlnků, které rozdělují membránu na několik koncentrických mezikružích. Nízké kmitočty pak vyzařuje celá plocha membrány, nejvyšší jen vnitřní mezikružích. U výškových se často používá tvar vrchlíku (kalota), nebo mezikružích (zejména u tlakových).

Materiály membrán

- **Papír:** Nejrozšířenější, vyrábí se nanášením papírové suspenze na speciální síta nástřikem. Je levný, u většiny basových reproduktorů. Z důvodu zvýšení tuhosti, odolnosti vůči vlhku a k utlumení nežádoucích vlastních kmitů, se na papírovou membránu většinou nanáší speciální lak.

- **Polypropylen:** Levná výroba a dostatečná tuhost membrány bez nutnosti dalších úprav. Výhodou také může být odolnost proti vlhkosti.
- tkaniny prosycené fenolickými pryskyřicemi - časté u levných tlakových reproduktorů
- **Kevlar** nebo **uhlíková vlákna** spojená speciální pryskyřicí – velmi kvalitní, ale velmi drahé (výrobcem je např. firma B&W). Místo kevlarových vláken se také často používají lacinější vlákna skelná.
- **Kovové membrány:** Většinou hliníkové nebo titanové. Výhodou je nízká hmotnost a vysoká tuhost membrány. Nevýhodou je obvykle vyšší cena a hlavně vlastní rezonance na vyšších kmitočtech.
- **Sendvičové membrány:** Skládají se z více vrstev (např. papír + kov)
- okrajově, zvláště pro drahé HiFi reproduktory, se používají další materiály - např. kaloty pro zpevnění potažené oxidem hlinitým, sloučeninami titanu, membrány z aerogelu a další.

Zavěšení membrány



obr.10 Detail závěsu membrány basového reproduktoru

Membrána je obvykle připevněna tak, aby se mohla pístově pohybovat. U většiny reproduktorů s kónickou membránou bývá membrána zavěšena na celém vnějším obvodu závěsem ke koši a středícími prvky k vnitřní části koše nebo k magnetu. Závěs může být ze stejného materiálu jako membrána, vytvořený např. jednou nebo několika vlnkami, které se deformují a umožňují pístový pohyb. Papírový závěs obvykle neumožňuje velký pohyb membrány, proto se používá převážně u středotónových reproduktorů. U basových reproduktorů bývá závěs často z impregnovaného textilu, gumy, pěnové pryže, molitanu ^[zdroj?] a podobných poddajných materiálů.

Aby se mohla kmitací cívka pohybovat poměrně přesně v úzké mezeře magnetického obvodu, musí být zejména u reproduktorů větších rozměrů membrána zavěšena i kolem svého středu. Používá se na to středící prvek, montovaný ke koši nebo magnetickému obvodu. Tento díl je obvykle z impregnovaného textilu, má soustředně vylišované vlnky (vlnovec). Brání zároveň vnikání nečistot do mezery mag. obvodu. Svojí poddajností se podílí na vlastnostech reproduktoru. U rozměrově malých reproduktorů, sluchátek a měničů s kalotovou membránou tento prvek nebývá.

Vývody a terminály

Pro připojení ke zdroji [signálu](#) jsou reproduktory vybaveny různými svorkami. U levných a miniaturních reproduktorů to bývají jednoduchá pájecí oka. Často se používají fastony-nožové

konektory (někdy i různého rozměru pro nezáměnnost připojení - polarita), u dražších i tlačné nebo šroubovací svorky. Kladná svorka bývá označena obvykle červenou barvou nebo znaménkem +. *Smluvně platí, že při přivedení napětí souhlasné polarity se membrána pohybuje dopředu.*

Vývody od samotné kmitací cívky k terminálům mohou být jak vodičem, kterým bývá vinuta vlastní cívka (u některých vysokotónových měničů a levných miniaturních reproduktorů), většinou je použit jiný vodič. U dražších vysokotónových měničů se často používají páskové vývody, napojené v těsné blízkosti kmitací cívky, nebo přímo na vlastním formeru. Také se používají zesílené lankové vývody. U reproduktorů s větší výchylkou se používají měkká ohebná lanka mezi terminály a membránou, někdy jsou letmo ukotvena ke středícímu vlnovci. Lanka jsou dostatečně dlouhá a nebrání membráně v pohybu.

Kvalita reproduktorů a jejich použití

Kvalitu a použití reproduktoru určují následující vlastnosti:

- Jmenovitá [impedance](#) - je zpravidla o cca 10 - 20% větší než stejnosměrný odpor kmitací cívky, běžná hodnota je několik jednotek až několik desítek [ohmů](#). Impedance se vždy mění s kmitočtem, jmenovitá impedance je přibližně nejnižší impedance v pracovním pásmu (t.j. nad rezonančním kmitočtem). Běžné hodnoty jmenovité impedance se pohybují v hodnotách 4, 5, 6, 8 Ohmů, reproduktory do kytarových reproboxů a vysoce výkonné výškové systémy mívají často 16 Ohmů. Naopak reproduktory pro ozvučování automobilů se často zhotovují s malou jmenovitou impedancí, 3.2 či 2 Ohmy, občas i méně.
- Frekvenční rozsah - je dán [frekvenční charakteristikou](#), která definuje závislost ([akustického](#) tlaku) na [frekvenci](#) zvuku. Může být uváděn ve zjednodušené formě číselně (od-do), pro definovaný pokles citlivosti při krajních kmitočtech (např. -3 nebo -10dB)
- Příkon - určuje, jak velký [elektrický příkon](#) je reproduktor schopen zpracovat při jeho přeměně v akustický výkon, obvykle se pohybuje v jednotkách až stovkách [wattů](#), (*správně se má udávat ve VA*), vyšší je u basových a středobasových reproduktorů, nižší pak u reproduktorů středotónových a vysokotónových. Vzhledem k poměrně nízké účinnosti zařízení je vyzářený akustický výkon obvykle poměrně malý i při vysokém příkonu.
- Charakteristická citlivost - určuje vyzářený akustický výkon (hladinu akustického tlaku) při daném příkonu - obvykle při příkonu 1 Wattu měřené ve vzdálenosti 1 metru v ose reproduktoru. Charakteristické citlivosti 102 dB na 1 W (1 m) odpovídá účinnost cca 10%.
- Směrová charakteristika - používá se „vyzařovací diagram“, který určuje závislost akustického výkonu na směru vyzařování. Směrová charakteristika je proměřována pro horizontální i vertikální poslechovou rovinu.
- Rezonanční kmitočet - pod tímto kmitočtem obvykle vyzářený výkon reproduktoru strmě klesá. U reproduktorů s malým tlumením se při rezonanci značně zvyšuje výchylka membrány, což většinou znamená vyšší zkreslení a sníženou zatížitelnost kolem rezonančního kmitočtu. U basových reproduktorů se může rezonanční kmitočet pohybovat obvykle v rozmezí 20 - 70Hz. Při zabudování basového reproduktoru do uzavřené ozvučnice se rezonanční kmitočet zvýší. U středotónových a vysokotónových měničů bývá rezonanční kmitočet obvykle mimo pásmo pracovních kmitočtů.

- Kvalita materiálu, zkušenosti elektroakustických inženýrů, pečlivost a zručnost výrobců, tradice výroby

Thiele-Smallovy parametry reproduktoru

Pro popis a simulaci chování elektrodynamických reproduktorů na nízkých kmitočtech se používají tzv. Thiele-Smallovy parametry. Jejich omezení spočívá v předpokladu, že se membrána chová jako ideální píst a nedochází k její deformaci a na dalších zjednodušujících předpokladech.

- S_d - Efektivní plocha membrány $S_d = \pi r_d^2$
- m_{ms} - Hmotnost membrány, včetně spolukmitajícího sloupce vzduchu
 $m_{ms} = m_{md} + 3,227 r_d^3$ [kg]
- m_{md} - hmotnost kmitajícího systému
- c_{ms} - Celková poddajnost zavěšení kmitacího systému
- c_{md} - poddajnost kmitajícího systému
- R_{ms} - Mechanický odpor kmitacího systému N·s/m
- L_e - Indukčnost kmitací cívky
- R_e - Stejnoseměrný odpor kmitací cívky
- Bl - Součin indukce magnetického pole v mezeře magnetického obvodu a délky vodiče v mag. poli
- f_s - Rezonanční kmitočet reproduktoru

$$f_s = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{c_{ms} \cdot m_{ms}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{c_{ms} \cdot (m_{md} + 3,227 \cdot r_d^3)}}$$

- f_{kr} - kritická frekvence membrány $f_{kr} = \frac{115}{r_d}$ r_d poloměr membrány

shrnutí:

1. f_s je frekvence, při které reproduktor kmitá s největší výchylkou. To je pro něj za určitých podmínek nebezpečné.
2. Nižší rezonanční kmitočet naznačuje, že reproduktor bude dobře pracovat na nižších kmitočtech. Dolní hodnota kmitočtového pásma bude tedy nižší což nám bude vyhovovat

3. Poklepem na membránu uslyšíme výrazně kmitočety, na kterém reproduktor rezonuje
4. Rezonanční kmitočet je bod maximální impedance na impedanční charakteristice
5. Rezonance je důležitý údaj pro budící zesilovač. Přivedeme-li na reproduktor kmitočet rovnající se vlastní rezonanci, pak reproduktor odebírá ze zesilovače minimální proud, výchylka reproduktoru se prudce zvyšuje a v důsledku toho roste zkreslení.
6. Vlastní rezonanční kmitočet je důležitým údajem pro volbu dělicích kmitočtů výhybky

- **Q_{es} – Elektrický činitel jakosti (ideálně by měl být okolo 0,45), zahrnuje vliv elektrických ztrát v kmitací cívce**

$$Q_{es} = 2\pi f_s \cdot \frac{m_{ms} \cdot R_e}{Bl^2} \quad \begin{array}{l} R_e \text{ činný odpor kmitací cívky} \\ Bl \text{ gyrační konstanta} \end{array}$$

- **Q_{ms} – Mechanický činitel jakosti, zahrnuje v sobě vliv mechanických ztrát pohyblivých částí reproduktoru**

$$Q_{ms} = 2\pi f_s \frac{m_{ms}}{r_{ms}} \quad \begin{array}{l} r_{ms} \text{ odpor kmitacího systému } r_{md} \text{ a spolukmitajícího sloupce} \\ \text{vzduchu} \\ r_{ms} = r_{md} + 5,59 \cdot 10^{-3} r^4 \end{array}$$

- **Q_{ts} – Celkový činitel jakosti**

$$Q_{ts} = \frac{Q_{ms} \cdot Q_{es}}{Q_{ms} + Q_{es}}$$

shrnutí:

1. Q_{ts} je v podstatě množství ztrát v případě, že reproduktor je buze při rezonanci. čím menší je Q_{ts} , tím menší je potřebný objem soustavy. Reprodukter s vysokou hodnotou Q_{ts} může být v malé skříni, ale jen tehdy, má-li velmi nízké hodnoty V_{as} a f_s

V_{as} – Ekvivalentní objem (t.j. objem uzavřené ozvučnice, při kterém se rezonanční kmitočet reproduktoru zvýší na dvojnásobek)

$$V_{as} = c_{ms} \cdot c_0^2 \cdot \rho \cdot S_d^2 \quad [m^3]$$

kde ρ je měrná hmotnost vzduchu ($1,21 \text{ kg/m}^3$ při $25 \text{ }^\circ\text{C}$), a c_0 je rychlost zvuku ($346,1 \text{ m/s}$ při $25 \text{ }^\circ\text{C}$).

2. Reproductory s nízkým Q_{ts} mají dobré tlumení a výkonové buzení. Tyto reproductory jsou „přesné“ na nízkých kmitočtech, ale mají omezené množství basů, které jsou schopny vyzářit.

3. Reproductory s vysokou hodnotou Q_{ts} mají více basů, ale potřebují větší objem skříně.

<i>nízké Q_{ts}</i>	<i>střední Q_{ts}</i>	<i>vysoké Q_{ts}</i>
<i>< 0,3</i>	<i>0,3 až 0,5</i>	<i>> 0,5</i>

- X_{\max} - Maximální lineární výchylka kmitacího systému (uvádí se v jednom směru, někdy také ale jako špička-špička). Je to maximální posuv, který může membrána učinit jedním směrem bez toho, aby jakákoliv část kmitací cívky opustila štěrbinu v dutině magnetu
- X_{mech} - Maximální výchylka kmitacího systému (při jejím překročení dochází k poškození reproduktoru)

Ještě něco k ozvučnicím typu bassreflex

Pro účely stanovení potřebnosti ozvučnice bassreflex je stanoven tzv.

EBP - Efficiency Bandwidth Product - odvozený parametr, kterým se posuzuje vhodnost použití reproduktoru do otevřené ozvučnice

$$EPB = \frac{f_s}{Q_{es}} \quad [\text{Hz}]$$

tento údaj představuje informativní hodnotu, jejíž hlavní mez je číslo 50. Pokud je EPB menší než 50, pak se reproduktor hodí spíše do uzavřených reprosoustav, pokud je EPB větší než 50, pak určitě použijeme soustavu typu bassreflex.