

# STUDIOVÁ TECHNIKA II

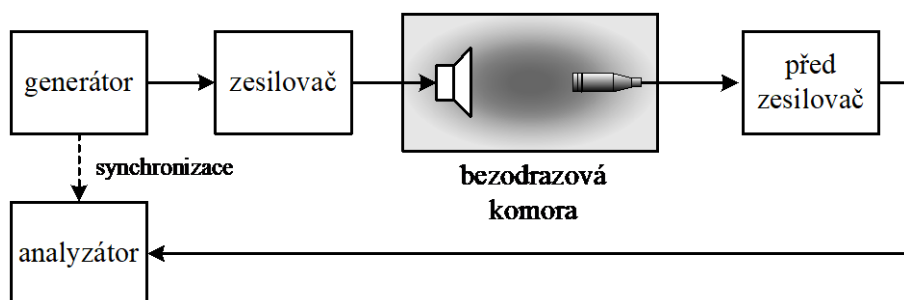
## Laboratorní úloha č. 4 Měření charakteristik reproduktorové soustavy

### Cíl úlohy

Cílem úlohy je seznámit se s měřením kmitočtových a směrových charakteristik reproduktorových soustav.

### Parametry reproduktorových soustav

**Kmitočtová charakteristika** je definována jako závislost akustického tlaku v akustické ose reproduktorové soustavy a stálém vstupním napětí. Základní uspořádání měření je uvedeno na obr. 1. Výstupní signál generátoru je po zesílení přiveden na vstup měřené soustavy. Před ní je umístěn měřící mikrofon tak, aby byl ve vzdáleném poli soustavy, obvykle 1 m, minimálně ale trojnásobek průměru membrány reproduktoru, u sloupových soustav až v pětinasobku jejich výšky. Průběh výstupního napětí měřícího mikrofону, který odpovídá hodnotě akustického tlaku v místě měřícího mikrofону, zaznamenává analyzátor synchronizovaný s budícím generátorem.



Obr. 1: Měření kmitočtové charakteristiky reproduktoru.

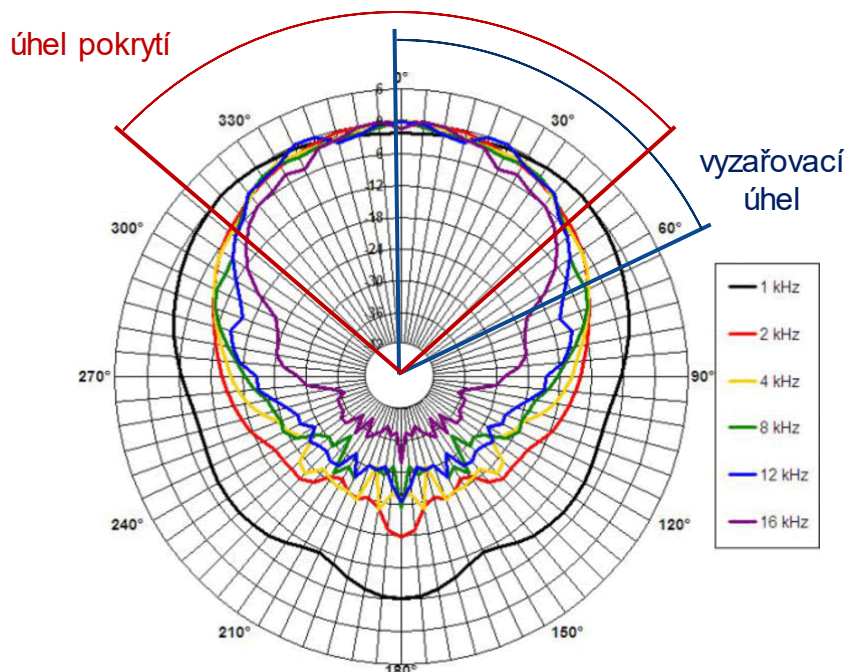
**Efektivní kmitočtový rozsah** reproduktorové soustavy je definován pro pokles modulové kmitočtové charakteristiky reproduktoru o 10 dB oproti průměrné hodnotě akustického tlaku v oktávových pásmech.

**Směrová charakteristika** je polární diagram akustického tlaku v konstantní vzdálenosti od reproduktoru v závislosti na úhlu  $\alpha$  při stálém kmitočtu. Akustický tlak bývá ve směrových charakteristikách normován vzhledem k akustickému tlaku  $p_0$  v ose reproduktoru. Se vzrůstajícím kmitočtem roste směrový účinek reproduktoru a membrána vyzařuje energii více do směru osy, viz obr. 2.

**Vyzařovací úhel** reproduktoru či soustavy je úhel mezi akustickou osou reproduktoru a směrem, ve kterém klesne hodnota hladiny akustického tlaku o 10 dB oproti hladině naměřené v akustické ose. **Úhel pokrytí** je úhel mezi směry, ve kterých poklesne hladina akustického tlaku hlavního vyzařovacího laloku o 6 dB oproti směru s maximální hladinou.

### Měření v blízkém poli

Splnění požadavků na volné pole při měření reproduktorových soustav bývá na nízkých kmitočtech problematické. Menší bezodrazové komory nemají na nízkých kmitočtech dostatečnou pohltivost, což vede ke vzniku stojatých vln. Možným řešením je měření v blízkém poli, kdy je mikrofon umístěn ve vzdálenosti maximálně  $0,11R$  od prachové vložky reproduktoru, kde  $R$  je poloměr membrány reproduktoru. Toto měření je ale platné pouze do kmitočtu



Obr. 2: Směrové charakteristiky reproduktoru.

$$f_{\max} = \frac{c_0}{\pi M}, \quad (1)$$

kde  $M$  je největší rozměr ozvučnice. Měření v blízkém poli eliminuje stojaté vlnění prostoru, ve kterém měření probíhá, změřená charakteristika ale nezahrnuje vliv difrakcí na nízkých kmitočtech.

Pokud se na nízkých kmitočtech při vyzařování reproduktorové soustavy uplatňuje více zářičů, např. dva hlubokotónové reproduktory nebo hlubokotónový reproduktor a bassreflexový nátrubek, je nutné při měření v blízkém poli sečíst jimi vyzařovaná zvuková vlnění jako koherentní. Pokud budeme chtít znát akustický tlak generovaný těmito zářiči v dostatečně velké vzdálenosti, můžeme zanedbat vzájemné fázové posuny vlnění.

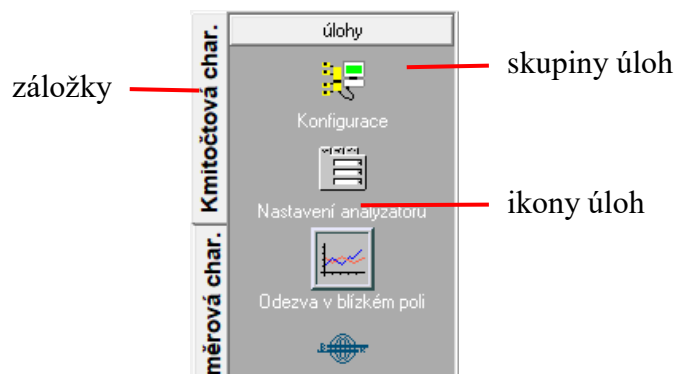
## Měřicí systém Pulse

Měřicí systém Pulse, který budete při měření používat, se skládá z hardware LAN-XI obsahujícího mikrofonní vstupy a výstupy generátoru, který je pomocí lokální sítě připojen k počítači s ovládacím software LabShop. Nastavení měření je poměrně komplikované, proto je připraven projekt, ve kterém jsou již všechna nastavení provedena. Nejprve pomocí menu Start otevřete aplikaci LabShop (v adresáři PULSE). Po spuštění se zobrazí dialog „New Project“ s posledně otevřenými soubory, ve kterém zvolte projekt

„C:\MEASUREMENT\Pulse\Loudspeaker\_measurement\_2ch\_CCLD.pls“

a klikněte na tlačítko OK. Pokud projekt nebude v dialogu zobrazen, zavřete dialog tlačítkem Cancel a projekt otevřete pomocí menu *File / Open ...*

Samotný projekt aplikace LabShop může obsahovat několik různých měření, např. měření kmitočtové charakteristiky, měření směrové charakteristiky apod. Měření se v aplikaci LabShop označuje jako šablona (*template*) a při jejich změně je potřeba šablonu aktivovat funkcí *Activate Template* (menu *Measurement* nebo klávesa F2). Pokud při aktivování šablony ohlásí LabShop nějakou chybu, požádejte o pomoc vyučujícího. Jedno měření obvykle obsahuje několik úloh (*task*): nejprve je potřeba nastavit analyzátor, pak provést měření a pak zobrazit výsledky. Úlohy jsou zobrazeny jako ikony v levé části okna, viz obr. 3.



Obr. 3: Zobrazení ikon úloh v aplikaci Labshop.

Nejvyšší úrovní jsou záložky (zcela vlevo s textem na výšku). Je zvykem vytvořit pro každé měření (šablonu) vlastní záložku. Kliknutím na záložku se zobrazí seznamy úloh, kterých může být i několik. V každé skupině úloh jsou pak ikonou zastoupeny jednotlivé úlohy, na obr. 3 jsou to úlohy „Nastavení analyzátoru“, „Měření“ a „Zobrazení výsledků“. Je zvykem volit pořadí úloh ve skupině shora dolů tak, jak se má při samotném měření postupovat. Po kliknutí na ikonu úlohy se zobrazí její pracovní plocha, tj. okna potřebná pro nastavení měření, zobrazení výsledků apod.

V aplikaci LabShop jsou k dispozici dva typy grafů. Ve vašem projektu je jednodušší typ grafu použit na zobrazení kmitočtových charakteristik a komplexnější typ na zobrazení polárního grafu směrových charakteristik. U kmitočtových charakteristik můžete na plochu grafu kliknout levým tlačítkem, tím na danou pozici umístíte kurzor a do pravé části okna se napíše jeho poloha. V obou typech grafů ale vystačíte s funkcemi pro automatické nastavení rozsahu zobrazení a pro export dat.

Po kliknutí na plochu grafu pravým tlačítkem se objeví kontextové menu, kde zvolte položku *Properties*. Objeví se dialogové okno, které se liší podle typu grafu, nicméně v obou případech v něm najdete záložku „X Axis“ a „Y Axis“, kde se nastavují parametry os. Mimo jiné zde najdete i tlačítko Autoscale pro automatické nastavení rozsahu zobrazení v dané ose.

Export naměřených dat z jednoduššího typu grafu provedete kliknutím pravým tlačítkem na plochu grafu, zvolením položky „Copy Active Curve“ a pak vložení do Excelu funkcí Paste. U komplexnějšího typu grafu musíte otevřít jeho okno *Properties*, zvolit záložku „Options“, kliknout na tlačítko „Copy to clipboard“ a pak vložit do Excelu.

## Zadání

- 1) Změřte kmitočtovou charakteristiku reproduktorové soustavy v blízkém poli v akustické ose hlubokotónového reproduktoru a bassreflexového nátrubku a kmitočtovou charakteristiku ve vzdáleném poli.
- 2) Změřte směrovou charakteristiku reproduktorové soustavy na kmitočtech od 125 kHz do 16 kHz v oktávových intervalech a pro směrové charakteristiky na dvou nejvyšších kmitočtech zjistěte vyzářovací úhel a úhel pokrytí.



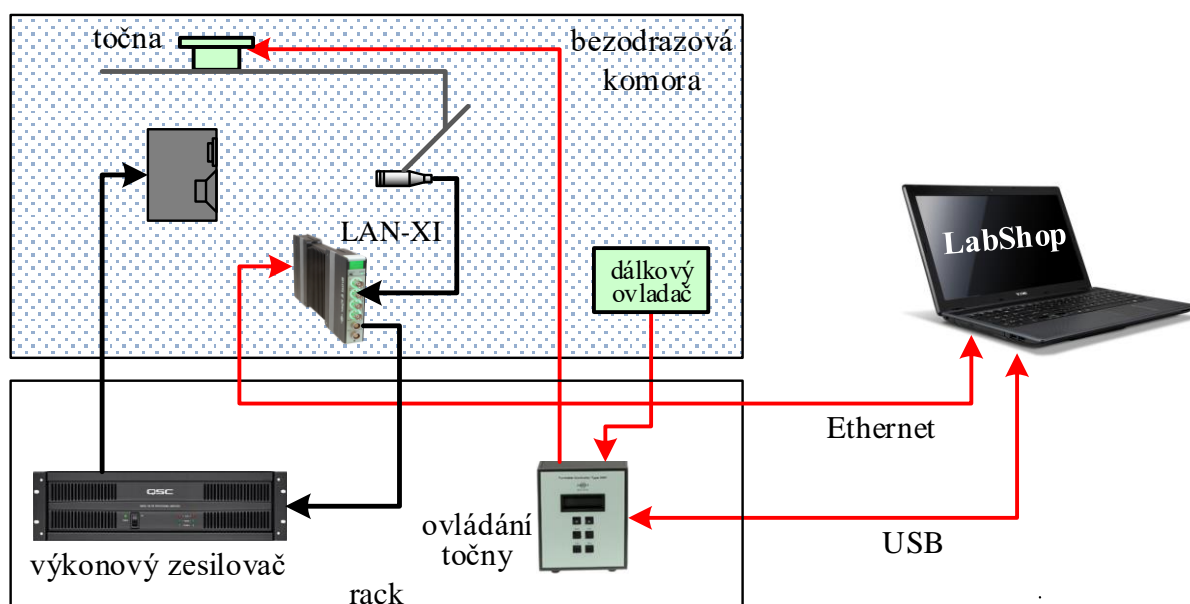
### Bezpečnost práce

Při práci v bezdrazové komoře věnujte zvýšenou pozornost točně a ramenu s mikrofonom zavěšeným pod stropem. Před započítím měření zavítejte dveře komory a nevstupujte dovnitř během měření nebo použijte ochranu sluchu!

## Postup

Laboratorní pracoviště je zapojeno podle obr. 4. V bezodrazové komoře je umístěn měřicí hardware LAN-XI, ke kterému je připojen mikrofón a přes výkonový zesilovač QSC, umístěný v racku, i měřený reproduktor. Mikrofón je umístěný na rameni na dálkově ovládané točně na stropu bezodrazové místnosti, ovládání točny je umístěno v přístrojovém racku. Měřicí hardware LAN-XI je s vaším počítačem propojen pomocí lokální sítě a ovládání točny pomocí rozhraní USB. V komoře je také malý dálkový ovladač, kterým můžete točnu ovládat manuálně.

Pokud jste tak ještě neučinili, přečtěte si kapitolu „Měřicí systém Pulse“ v teoretickém úvodu úlohy a otevřete projekt LabShopu „Loudspeaker\_measurement\_2ch\_CCLD.pls“. Po otevření projektu zvolte na záložce „Kmitočtová char.“ úkol „Konfigurace“ a aktivujte šablonu měření (F2).



Obr. 4: Zapojení měřicího pracoviště.

### ad 1) Měření kmitočtové charakteristiky

Měřicí mikrofón na otočném rameni nastavte do vzdálenosti 1 m od přední stěny ozvučnice a do osy vysokotónového reproduktoru. K natočení mikrofónu můžete použít dálkový ovladač točny v komoře. Mikrofón na stativu umístěte do osy hlubokotónového reproduktoru do vzdálenosti 5 až 10 mm od prachové vložky reproduktoru. Zavřete dveře do komory. Pokud chcete, můžete spuštěním zástupce „Kamera v komoře“ na ploše otevřít stránku IP kamery v komoře (na úvodní stránce klikněte na odkaz Motion JPEG – Single Camera a pomocí ovládacích prvků v levé části stránky natočte kameru tak, abyste viděli reproduktor).

V aplikaci LabShop přepněte v záložce „Kmitočtová char.“ na úkol „Nastavení analyzátoru“ a aktivujte šablonu měření (F2). Poté přepněte na úkol „Odezva v blízkém poli“ a klávesou F5 měření spusťte. Po skončení měření si data z grafu modulové kmitočtové charakteristiky zkopírujte do schránky (kliknutím pravým tlačítkem na plochu grafu, zvolením položky „Copy Active Curve“). V listu „SPL charakteristiky“ vašeho vypracování v Excelu je připravená tabulka s tlačítky pro import charakteristik ze schránky. Kliknutím na tlačítko „Import ze schránky“ ve sloupečku „hlubokotónový reproduktor“ se provede import dat ze schránky do tohoto sloupečku.

Nyní umístěte mikrofón na stativu do osy bassreflexového nátrubku, opět do úrovně přední desky reproduktoru a měření zopakujte. Naměřená data opět vložte do tabulky do

sloupečku „bassreflex“. Vložené odezvy v blízkém poli se zobrazí na listu „SPL charakteristiky – graf“. Zobrazí se také jejich součtová odezvy ve vzdálenosti 1 m, ale pouze do kmitočtu 300 Hz, což je kmitočet, pro který je podle rovnice (1) měření v blízkém poli platné.

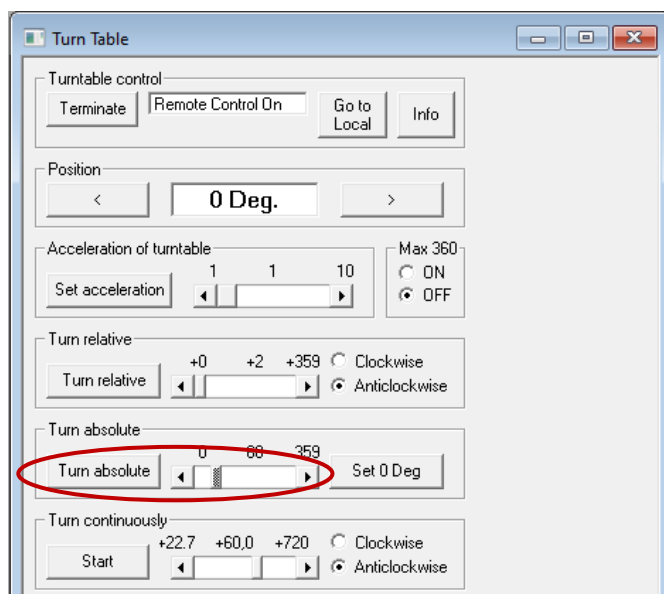
V aplikaci LabShop přepněte na úkol „Odezva ve vzdáleném poli“ a z grafu odezvy ve vzdáleném poli, která se měřila současně s odezvou v blízkém poli, si do schránky zkopírujte data a vložte je do vypracování do sloupečku „soustava v 1m“. Porovnáním tohoto průběhu na nízkých kmitočtech s průběhem součtové odezvy vypočítané pomocí měření v blízkém poli zjistíte vliv stojatého vlnění a difrakce na modulovou kmitočtovou charakteristiku.

## ad 2) Měření směrové charakteristiky

Zkontrolujte, zda je mikrofon na rameni ve směru akustické osy reproduktorové soustavy (tj. ve výchozí pozici  $0^\circ$ ). V aplikaci LabShop zobrazte záložku „Směrová char.“, klikněte na úkol „Nastavení analyzátoru“ a aktivujte šablonu měření (F2). Poté přepněte na úkol „Měření“. Zobrazí se okno *Directivity Measurement*, kde je nastaven počáteční úhel měření (Start)  $0^\circ$ , koncový úhel měření (Stop)  $358^\circ$  a krok měření (Increment)  $2^\circ$ . Měření spusťte kliknutím na tlačítko Start v okně *Directivity Measurement*. V každé pozici se automaticky změří hladina akustického tlaku v oktávových intervalech od 125 do 16 kHz. Kamerou v bezodrazové komoře můžete sledovat automatické otáčení mikrofону na točně kolem reproduktorové soustavy. Měření trvá přibližně 15 minut.

Po skončení měření klikněte na úkol „Zobrazení výsledků“. Zobrazí se polární graf, jehož data si zkopírujte do schránky (pravým tlačítkem kliknout na plochu grafu, zvolit *Properties*, zvolit záložku „Options“, kliknout na tlačítko „Copy to clipboard“) a na listu „Směrové charakteristiky“ vašeho vypracování klikněte na tlačítko „Import ze schránky“. Charakteristiky se zobrazí na listu „Směrové charakteristiky – graf“. Pro kmitočty 8 kHz a 16 kHz zjistíte z grafu vyzařovací úhel a úhel pokrytí zapište je do vypracování. Pro nalezení přesných hodnot použijte importovanou tabulku s importovanými hodnotami.

Na závěr změřte kmitočtovou charakteristiku ve směru  $60^\circ$  od akustické osy reproduktoru ve vzdálenosti 1 m a porovnejte ji s charakteristikou v akustické ose změřenou v bodě 1). Nejprve klikněte v LabShopu na úkol „Měření“ a v okně *Directivity measurement* na tlačítko *Show TurnTable Setup*. V okně, které se objeví, nastavte na posuvníku v části *Turn absolute* hodnotu 60 a klikněte na tlačítko *Turn absolute*, viz obr. 6. Mikrofon se nastaví do pozice  $60^\circ$ .



Obr. 6: Okno nastavení točny.

Poté se přepněte na záložku „Kmitočtová analýza“ a klikněte na úkol „Odezva ve vzdáleném poli“. Stlačením klávesy F2 aktivujte šablonu a následně klávesou F5 spustíte měření. Po skončení měření si data z grafu modulové kmitočtové charakteristiky zkopírujte do schránky a ve vašem vypracování na listu „SPL charakteristiky“ je vložte do posledního sloupečku tabulky. Na listu „SPL charakteristiky – graf“ pak můžete obě charakteristiky porovnat. Po skončení měření ukončete aplikaci LabShop, ale **projekt neukládejte!**