

MERACIE MIKROFÓNY

Prvá časť

Vymedzenie meradiel a spôsob ich metrologickej kontroly

1. Táto príloha sa vzťahuje na meracie mikrofóny, ktoré sú určené na meranie akustického tlaku, resp. hladiny akustického tlaku (ďalej len „mikrofón“) ako určené meradlá podľa § 8 zákona.
2. Mikrofóny pred uvedením na trh podliehajú schváleniu typu a prvotnému overeniu. Metódy technických skúšok pri schvaľovaní typu a metódy skúšania pri overení sú uvedené v druhej časti.
3. Mikrofóny schváleného typu výrobca alebo dovozca označí značkou schváleného typu.
4. Mikrofóny, ktoré pri overení vyhovejú ustanoveným požiadavkám, označia sa overovacou značkou.
5. Mikrofóny počas ich používania ako určené meradlá podliehajú následnému overeniu.

Druhá časť

Technické požiadavky, metrologické požiadavky, metódy technických skúšok a metódy skúšania pri overení mikrofónov

1. Termíny a definície

- 1.1 Kondenzátorový mikrofón je mikrofón, ktorý pracuje na základe zmeny elektrickej kapacity (kapacitný odpor).
- 1.2 Laboratórny mikrofón je kondenzátorový mikrofón spĺňajúci prísne požiadavky na mechanické rozmery a elektroakustické charakteristiky, osobitne so zreteľom na časovú stabilitu a závislosť od okolitých podmienok, schopný kalibrácie primárnou metódou s veľmi vysokou presnosťou, akou je metóda reciprocity v uzavretej komôrke.
- 1.3 Pracovný mikrofón je kondenzátorový mikrofón spĺňajúci požiadavky na mechanické rozmery a elektroakustické charakteristiky, osobitne so zreteľom na časovú stabilitu a závislosť od okolitých podmienok, schopný kalibrácie
 - a) primárnou metódou,
 - b) porovnávacou metódou s kalibrovaným laboratórnym mikrofónom,
 - c) pomocou akustického kalibrátora.
- 1.4 Akustická impedancia mikrofónu je komplexný pomer akustického tlaku rovnomerne rozloženého na membráne k objemovej rýchlosti membrány pri danej frekvencii. Je vyjadriteľná sústredenými parametrami – poddajnosťou, akustickou hmotnosťou a akustickým odporom alebo ekvivalentným objemom pri nízkej frekvencii, rezonančnou frekvenciou a stratovým činiteľom. Rezonančná frekvencia je frekvencia, pri ktorej imaginárna časť akustickej impedancie sa rovná nule.
- 1.5 Elektrická impedancia mikrofónu je komplexný pomer elektrického napätia privedeného na svorky mikrofónu k výslednému prúdu pretekajúcemu mikrofónom.

2. Metrologické požiadavky

- 2.1 Nasledujúce metrologické požiadavky sa vzťahujú na laboratórne mikrofóny s tlakovou elektroakustickou charakteristikou a s elektroakustickou charakteristikou na voľné pole a na pracovné mikrofóny s rozšírením o elektroakustickú charakteristiku na difúzne pole.
- 2.2 Referenčné podmienky okolia:
 - a) teplota vzduchu 23 °C,
 - b) statický tlak 101,325 kPa,
 - c) relatívna vlhkosť vzduchu 50 %.

- 2.3 Citlivosť mikrofónu stanovená individuálne pre daný mikrofón sa určí v technickej dokumentácii mikrofónov vo V/Pa alebo mV/Pa, alebo ako hladina citlivosti v dB s rozlíšením 0,1 dB alebo lepším pre pracovné mikrofóny a s rozlíšením 0,01 dB pre laboratórne mikrofóny. Všetky hodnoty majú priradenú rozšírenú neistotu s koeficientom pokrytia 2.
- 2.4 Akustická impedancia je špecifikovaná ako funkcia frekvencie v predpísanom frekvenčnom rozsahu určenom výrobcom. Ak je vyjadrená ekvivalentným objemom mikrofónu, výrobca jej hodnotu uvedie v doklade o kalibrácii.
- 2.5 Frekvenčnú charakteristiku závislú od typu mikrofónu určí vo frekvenčnom pásme výrobca s dovoľenou odchýlkou ± 2 dB.
- 2.6 Korekciu citlivosti mikrofónov na voľné pole určí výrobca vo forme grafu alebo tabuľky.
- 2.7 Rezonančnú frekvenciu uvedie výrobca v doklade o kalibrácii.
- 2.8 Linearita hladiny citlivosti pre pracovné mikrofóny zotrvá v rozsahu $\pm 0,1$ dB vo frekvenčnom rozsahu od 160 Hz do 1000 Hz a v rozsahu hladín akustického tlaku špecifikovaného v tabuľke č. 2.

3. Technické požiadavky na meracie mikrofóny

- 3.1 Nasledujúce technické požiadavky sa vzťahujú na laboratórne mikrofóny s tlakovou elektroakustickou charakteristikou a s elektroakustickou charakteristikou na voľné pole a na pracovné mikrofóny s rozšírením o elektroakustickú charakteristiku na difúzne pole.
- 3.2 Výrobca určí frekvenčný rozsah mikrofónu, ktorý závisí od typu mikrofónu a účelu použitia a vyhovuje požiadavkám príslušných slovenských noriem.
- 3.3 Mechanické parametre
 - 3.3.1 Menovitý priemer telesa laboratórnych mikrofónov s dovoľenými odchýlkami spĺňa požiadavky príslušnej slovenskej technickej normy takto:
 - a) Typ LS1P 23,77 mm $\pm$ 0,05 mm,
 - b) Typ LS2aP/LS2F 13,2 mm $\pm$ 0,03 mm,
 - c) Typ LS2b 12,15 mm $\pm$ 0,03 mm.
 - 3.3.2 Menovitý priemer telesa pracovných mikrofónov s dovoľenými odchýlkami spĺňa požiadavky slovenskej technickej normy takto:
 - a) Typ WS1P/F/D 23,77 mm $\pm$ 0,1 mm,
 - b) Typ WS2P/F/D 12,7 mm $\pm$ 0,1 mm,
 - c) Typ WS3P/F/D 6,35 mm $\pm$ 0,05 mm.
 - 3.3.3 Priemer membrány mikrofónu určí výrobca pre laboratórne mikrofóny s dovoľenou odchýlkou $\pm 0,03$ mm.
 - 3.3.4 Najväčšiu silu pôsobiacu na elektrický kontakt mikrofónu určí výrobca.
 - 3.3.5 Závit mikrofónovej vložky je 60 UNS-2B.
 - 3.3.6 Ochranná mriežka mikrofónov je snímateľná, a ak nie je snímateľná, výrobca uvedie túto skutočnosť v technickej dokumentácii.
- 3.4 Elektroakustické parametre
 - 3.4.1 Elektroakustické špecifikácie pre laboratórne mikrofóny vyhovujú požiadavkám uvedeným v tabuľke č. 1.

Tabuľka č. 1

Elektroakustické špecifikácie pre laboratórne mikrofóny

Charakteristika	Poznámka	Typ LS1P		Typ LS2aP	Typ LS2F	Jednotka
		nový ¹⁾	starý ^{1), 2)}			
Hladina citlivosti (re 1 V/Pa)	od 200 Hz do 500 Hz	-26 ± 2	-30 ± 5	-37 ± 3	-38 ± 2	dB
Frekvenčná charakteristika ³⁾	v rozsahu 2 dB ⁴⁾	od 10 do 8 000	od 10 do 7 000	od 10 do 20 000	od 10 do 20 000	Hz
Ekvivalentný objem (modul)	od 200 Hz do 500 Hz	150 ± 30	95 ± 55	10 ± 5	9 ± 3	mm ³

Rezonančná frekvencia		> 8	> 7	> 20	> 20	kHz
Horná hranica dynamického rozsahu (re 20 µPa)	pre skreslenie 1%	> 130	> 124	> 145	> 145	dB
Súčiniteľ statického tlaku	bod 3.4.4	od -0,02 do +0,02	od -0,02 do +0,02	od -0,025 do +0,025	od -0,05 do +0,05	dB/kPa
Súčiniteľ teploty	bod 3.4.5	od -0,02 do +0,02	od -0,02 do +0,02	od -0,02 do +0,02	od -0,035 do +0,035	dB/K
Súčiniteľ relatívnej vlhkosti	bod 3.4.6	< 0,0004	–	< 0,0004	< 0,0004	dB/%
Elektrický izolačný odpor	minimálna d.c. hodnota	> 10 ¹³	> 2 × 10 ¹⁰	> 10 ¹³	> 10 ¹³	Ω
Časová konštanta tlakového vyrovnávania ⁵⁾		> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05	s
Súčiniteľ dlhodobej stability	15 °C – 25 °C od 250 Hz do 1 kHz	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	dB/rok
Súčiniteľ krátkodobej stability ⁶⁾	15 °C – 25 °C od 250 Hz do 1 kHz	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	dB

¹⁾ Mikrofony špecifikované ako nové a staré môžu byť označené LS1Pn a LS1Po.

²⁾ Hodnoty v tomto stĺpci sa vzťahujú na mikrofony, ktoré sa už nevyrábajú.

³⁾ Frekvenčná charakteristika je tlaková alebo na voľné akustické pole, podľa typu mikrofónu.

⁴⁾ Interval určuje maximálny rozdiel medzi najvyššou a najnižšou hladinou v danom frekvenčnom pásme.

⁵⁾ Ak nie sú špeciálne požiadavky, časová konštanta by nemala byť dlhšia ako 1 s, inak nemožno splniť požiadavku na krátkodobú stabilitu.

⁶⁾ Hodnoty sa majú získať najmenej z piatich meraní vykonaných počas 10 dní s intervalom nie kratším ako 24 h.

3.4.2 Elektroakustické špecifikácie pre pracovné mikrofony vyhovujú požiadavkám uvedeným v tabuľke č. 2.

Tabuľka č. 2

Elektroakustické špecifikácie pre pracovné mikrofony

Charakteristika	Poznámka	Typ WS1	Typ WS2	Typ WS3	Jednotka
Minimálna hladina citlivosti (re 1 V/Pa)	pri f_0 v rozsahu (200 – 1 000) Hz	–34	–40	–60	dB
Frekvenčná charakteristika ¹⁾	relatívne k hladine citlivosti pri f_0 stanovená ako $f_1 - f_2$ na krivke dovolených odchýlok	10 – 8 000	10 – 16 000	10 – 31 600	Hz
Efektívny predmembránový objem	pri (160 – 1 000)Hz	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	mm ³
Modul ekvivalentného objemu (iba typ P)	od 200 Hz do 500 Hz	< 200	< 50	< 3	mm ³
Horná hranica dynamického rozsahu (re 20 µPa)	pre skreslenie 3 % od 160 Hz do 1 000 Hz	> 135	> 140	> 150	dB

Rozsah linearity (re 20 µPa)	pre 0,2 dB zmeny hladiny citlivosti od 160 Hz do 1 000 Hz	10 – 130	25 – 135	40 – 145	dB
Súčiniteľ statického tlaku	bod 3.4.4	od –0,03 do +0,03	od –0,03 do +0,03	od –0,03 do +0,03	dB/kPa
Súčiniteľ teploty	bod 3.4.5	od –0,03 do +0,03	od –0,03 do +0,03	od –0,03 do +0,03	dB/K
Súčiniteľ relatívnej vlhkosti	bod 3.4.6	od –0,001 do +0,001	od –0,001 do +0,001	od –0,001 do +0,001	dB/%
Časová konštanta tlakového vyrovnávania ²⁾		> 0,05	> 0,05	> 0,05	s
Súčiniteľ dlhodobej stability	od 15 °C do 25 °C pri frekvencii od 250 Hz do 1 kHz	< 0,03	< 0,03	< 0,03	dB/rok
Súčiniteľ krátkodobej stability ³⁾	od 15 °C do 25 °C pri frekvencii od 250 Hz do 1 kHz	< 0,03	< 0,03	< 0,03	dB

¹⁾ Frekvenčná charakteristika je tlaková alebo na voľné akustické pole, podľa typu mikrofónu.

²⁾ Ak nie sú špeciálne požiadavky, časová konštanta by nemala byť dlhšia ako 1 s, inak nemožno splniť požiadavku na krátkodobú stabilitu.

³⁾ Hodnoty sa majú získať najmenej z piatich meraní vykonaných počas 10 dní s intervalom nie kratším ako 24 h.

⁴⁾ Menovité hodnoty a dovolené odchýlky musia byť v stanovenom frekvenčnom rozsahu dané výrobcom.

3.4.3 Frekvenčná závislosť efektívneho predmembránového objemu mikrofónu sa určí vo frekvenčnom rozsahu od 160 Hz do 1000 Hz.

3.4.4 Súčiniteľ statického tlaku určujúci závislosť citlivosti mikrofónu od statického tlaku sa určí v závislosti od frekvencie pre laboratórne mikrofóny v rozsahu statického tlaku od 90 kPa do 110 kPa a pre pracovné mikrofóny v rozsahu statického tlaku od 65 kPa do 115 kPa.

3.4.5 Súčiniteľ teploty určujúci závislosť citlivosti mikrofónu od teploty sa určí v závislosti od frekvencie pre laboratórne mikrofóny v rozsahu teplôt od 15 °C do 25 °C a pre pracovné mikrofóny v rozsahu teplôt od –10 °C do 50 °C.

3.4.6 Súčiniteľ relatívnej vlhkosti určujúci závislosť citlivosti mikrofónu od vlhkosti sa určí pri teplote 23 °C a statickom tlaku 101,325 kPa, pre laboratórne mikrofóny najmenej v rozsahu relatívnej vlhkosti od 25 % do 80 % a pre pracovné mikrofóny v rozsahu relatívnej vlhkosti od 10 % do 90 %.

3.4.7 Stabilita citlivosti mikrofónu sa určí pri referenčných podmienkach okolia v rozsahu frekvencií od 200 Hz do 1000 Hz, prednostne 500 Hz, a spĺňa podmienky ustanovené v príslušných tabuľkách tejto prílohy.

3.4.8 Elektrický izolačný odpor sa stanoví ako minimálny odpor po vystavení mikrofónu podmienkam pri teplote 23 °C, relatívnej vlhkosti 80 % a statickom tlaku v rozsahu od 90 kPa do 110 kPa počas 24 hodín.

3.4.9 Tlakové vyrovnávanie sa vyjadrí vo forme časovej konštanty pre vyrovnávajúcu trubicu a zadnú dutinu systému alebo vo forme dolnej medznej frekvencie. Táto dolná medzná frekvencia je tou frekvenciou, pri ktorej je hladina citlivosti voľného poľa o 3 dB menšia ako hladina tlakovej citlivosti pri frekvencii 250 Hz. Výrobca uvedie, či kapilára na vyrovnávanie tlaku ústi do spodnej časti mikrofónu dosadajúcej na predzosilňovač, alebo prechádza naprieč krytom mikrofónu.

3.5 Hodnota polarizačného napätia mikrofónu sa uvedie v technickej dokumentácii.

4. Nápis a značky

4.1 Typové označenie mikrofónov využíva mnemotechnický systém pozostávajúci z

- písmen – LS pre laboratórne mikrofóny,
– WS pre pracovné mikrofóny,
- čísla určujúceho mechanickú konfiguráciu,
- písmena určujúceho elektroakustickú charakteristiku
 - P tlakovú,
 - F voľné pole,
 - D difúzne pole.

Výrobca špecifikuje toto konvenčné označenie.

- 4.2 Každý mikrofón výrobcu označí typovo a uvedie individuálne výrobné číslo.
- 4.3 Výrobca uvádza všetky metrologické a technické špecifikácie pre mikrofóny podľa bodov 2 a 3.
- 4.4 Ďalšie údaje, ktoré výrobca špecifikuje, sú podstatné charakteristiky predzosilňovačov a zosilňovačov, s ktorými je mikrofón spojený tak, aby splnil elektroakustické požiadavky. Ak výrobca odporúča viac typov predzosilňovačov, určí efektívny zisk týchto predzosilňovačov vzhľadom na výstupné napätie mikrofónu naprázdno.
- 4.5 Ku každému mikrofónu výrobca vystaví kalibračný graf mikrofónu s príslušným podrobným opisom.
- 4.6 K mikrofónu výrobca dodá návod na používanie v slovenskom jazyku s úplným opisom.

5. Metrologická kontrola

- 5.1 Metódy technických skúšok pri schvaľovaní typu
 - 5.1.1 Pri technických skúškach pri schvaľovaní typu sa vykonávajú tieto úkony:
 - a) vonkajšia obhliadka a meranie elektrického izolačného odporu,
 - b) stanovenie citlivosti mikrofónu naprázdno,
 - c) stanovenie frekvenčnej charakteristiky,
 - d) stanovenie ekvivalentného objemu,
 - e) stanovenie rezonančnej frekvencie,
 - f) stanovenie súčiniteľa statického tlaku mikrofónu,
 - g) stanovenie súčiniteľa teploty mikrofónu,
 - h) stanovenie súčiniteľa relatívnej vlhkosti mikrofónu,
 - i) skúška krátkodobej stability,
 - j) skúška dlhodobej stability.
 - 5.1.1.1 Elektrický izolačný odpor sa meria teraohmmetrom za podmienok stanovených v bode 3.4.8.
 - 5.1.1.2 Stanovenie citlivosti mikrofónu a frekvenčnej charakteristiky je opísané v bodoch 5.2.1.1 až 5.2.1.4 a 5.2.3.
 - 5.1.1.3 Stanovenie ekvivalentného objemu a rezonančnej frekvencie mikrofónu je uvedené v príslušnej slovenskej technickej norme.
 - 5.1.1.4 Stanovenie súčiniteľov statického tlaku, teploty a relatívnej vlhkosti mikrofónov sa vykonáva v termostate za podmienok stanovených v bodoch 3.4.4 až 3.4.6.
 - 5.1.1.5 Skúška krátkodobej stability sa vykonáva zo súboru meraní počas najmenej dvoch dní. Skúška dlhodobej stability sa vykonáva opakovaním merania krátkodobej stability v trojmesačných intervaloch v priebehu najmenej 1/2 roka.
- 5.1.2 Postup technických skúšok pri schvaľovaní typu ustanovuje príslušná slovenská technická norma.
- 5.2 Metódy skúšania pri prvotnom a následnom overení
 - 5.2.1 Skúšanie mikrofónov pri prvotnom a následnom overení pozostáva z
 - a) vonkajšej obhliadky a kontroly izolačného odporu,
 - b) stanovenia citlivosti mikrofónu,
 - c) skúšky krátkodobej stability,
 - d) stanovenia frekvenčnej charakteristiky.
 - 5.2.1.1 Citlivosť mikrofónu možno stanoviť týmito metódami:
 - a) metódou reciprocity
 - 1. v tlakovej komôrke pomocou troch mikrofónov,
 - 2. v tlakovej komôrke pomocou dvoch mikrofónov a pomocného zdroja,
 - 3. vo voľnom poli,
 - b) porovnávacou metódou,
 - c) metódou pistonfónu.
 - 5.2.1.2 Pri stanovení citlivosti mikrofónu metódou reciprocity sa vykonávajú ďalšie skúšky:
 - a) meranie ekvivalentného objemu, ktoré predpokladá
 - 1. meranie elektrickej kapacity mikrofónu,
 - 2. meranie statického činiteľa mikrofónu,
 - 3. výpočet rezonančnej frekvencie mikrofónu,
 - 4. výpočet akustických parametrov mikrofónu,
 - b) meranie efektívneho objemu mikrofónu a výpočet predmembránového objemu,
 - c) meranie citlivosti mikrofónu pri frekvencii 250 Hz.

- 5.2.1.3 Princíp porovnávacej metódy spočíva v následnej alebo súčasnej expozícii referenčného a skúšaného mikrofónu takým istým akustickým tlakom, pričom pomer tlakových citlivostí mikrofónov sa rovná pomeru výstupných napätí naprázdno z oboch mikrofónov. Pri stanovení citlivosti mikrofónov porovnávacou metódou sa potom citlivosť skúšaného mikrofónu vypočíta z citlivosti referenčného mikrofónu, pričom sa berie do úvahy korekcia citlivosti mikrofónov na aktuálne parametre prostredia.
- 5.2.1.4 Pri stanovení citlivosti mikrofónov metódou pistonfónu sa skúšaný mikrofón vloží do komôrky zdroja akustického tlaku so známou generovanou hodnotou akustického tlaku, pričom hodnota citlivosti sa vypočíta ako pomer výstupného napätia z mikrofónu k hodnote akustického tlaku, ktorý pôsobí v komôrke na membránu skúšaného mikrofónu. Hodnota citlivosti sa koriguje na aktuálne parametre prostredia a na objem komôrky zdroja akustického tlaku. V závislosti od použitej elektrickej aparatury, resp. metódy sa započítava korekcia na napäťový zisk predzosilňovača a vstupnú kapacitu predzosilňovača.
- 5.2.2 Skúška krátkodobej stability pozostáva zo súboru meraní počas najmenej dvoch dní.
- 5.2.3 Elektrostatická metóda pomocou aktuátora ako relatívna metóda na rozšírenie frekvenčnej charakteristiky do pásma 20 kHz je prípustná. Využíva sa ako náhrada pôsobenia akustického tlaku na membránu pôsobením elektrostatickej sily medzi membránou a elektricky izolovanou tuhú dierovanou elektródou – elektrostatickým aktuátorom, ktorý je položený na mikrofón. Na aktuátor sa privedie pomocné polarizačné napätie U_p , obvykle 800 V (v súlade s technickou dokumentáciou výrobcu mikrofónu), na ktoré sa superponuje z tónového generátora striedavé sínusové napätie $u(\omega)$ maximálne do 40 V (efektívna hodnota). Pri frekvencii 250 Hz sa najprv nastaví na meracom zariadení referenčná úroveň, voči ktorej sa vykonáva relatívne meranie, a potom sa generátorom preladí v celom meranom frekvenčnom pásme a zaznamenáva sa frekvenčný priebeh výstupného napätia z mikrofónu.
- 5.2.4 Ak je mikrofón súčasťou zvukomera, stanovuje sa korekčný činiteľ citlivosti mikrofónu. Pri jeho stanovení sa na mikrofón umiestnený na danom zvukomere privedie akustický tlak so známou hodnotou. Prepínačom rozsahov sa na zvukomere pre známu hodnotu akustického tlaku nastaví zodpovedajúci rozsah citlivosti. Zmenou nastavenia zosilnenia na zvukomere sa na stupnici zvukomera doreguluje výchylka zodpovedajúca známej hodnote akustického tlaku so započítaním korekcie na skutočný atmosférický tlak v čase a mieste merania. Prepínačom rozsahov zvukomera sa prepne do polohy „referenčná hodnota“ alebo „kalibrácia“ a na stupnici sa odčíta rozdiel medzi výchylkou a referenčnou, prípadne kalibračnou hodnotou uvedenou na stupnici, ktorý zodpovedá korekčnému činiteľu citlivosti mikrofónu.
- 5.2.5 Postup pri prvotnom a následnom overení ustanovuje príslušná slovenská technická norma.