MERACIE MIKROFÓNY

1. Vymedzenie meradiel a spôsob ich metrologickej kontroly

1.1 Táto príloha upravuje merací mikrofón, ktorý je určený na meranie akustického tlaku alebo hladiny akustického tlaku (ďalej len „mikrofón“) ako určené meradlo podľa § 11 zákona.

1.2 Mikrofón pred uvedením na trh podliehajú schváleniu typu a prvotnému overeniu.

1.3 Mikrofón, ktorý pri overení vyhovuje ustanoveným požiadavkám, sa označí overovacou značkou.

1.4 Mikrofón počas jeho používania ako určené meradlo podlieha následnému overeniu.

2. Pojmy

2.1 Kondenzátorový mikrofón je mikrofón, ktorý pracuje na základe zmeny elektrickej kapacity.

2.2 Laboratórny mikrofón je kondenzátorový mikrofón, ktorý spĺňa 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.

2.3 Pracovný mikrofón je kondenzátorový mikrofón, ktorý spĺňa 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.

2.4 Akustická impedancia mikrofónu je komplexný pomer akustického tlaku rovnomerne rozloženého na membráne k objemovej rýchlosti membrány pri frekvencii a je vyjadriteľná sústredenými parametrami, ktorými sú poddajnosť, akustická hmotnosť a akustický odpor alebo ekvivalentný objem pri nízkej frekvencii, rezonančná frekvencia a stratový činiteľ.

2.5 Rezonančná frekvencia je frekvencia, pri ktorej imaginárna časť akustickej impedancie sa rovná nule.

2.6 Elektrická impedancia mikrofónu je komplexný pomer elektrického napätia privedeného na svorky mikrofónu k výslednému prúdu pretekajúcemu mikrofónom.

3. Technické požiadavky

3.1 Technické požiadavky sa vzťahujú na laboratórny mikrofón s tlakovou elektroakustickou charakteristikou a s elektroakustickou charakteristikou na voľné pole a na pracovný mikrofón s rozšírením o elektroakustickú charakteristiku na difúzne pole.

3.2 Určí sa frekvenčný rozsah mikrofónu, ktorý závisí od typu mikrofónu a účelu použitia a vyhovuje požiadavkám podľa technickej normy alebo inej obdobnej technickej špecifikácie s porovnateľnými alebo prísnejšími požiadavkami.

3.3 Mechanické parametre

3.3.1 Menovitý priemer telesa laboratórneho mikrofónu s dovolenými odchýlkami spĺňa požiadavky podľa technickej normy alebo inej obdobnej technickej špecifikácie s porovnateľnými alebo prísnejšími požiadavkami takto:

a) typ LS1P má priemer 23,77 mm ± 0,05 mm,

b) typ LS2aP/LS2F má priemer 13,2 mm ± 0,03 mm,

c) typ LS2b má priemer 12,15 mm ± 0,03 mm.

3.3.2 Menovitý priemer telesa pracovného mikrofónu s dovolenými odchýlkami spĺňa požiadavky podľa technickej normy alebo inej obdobnej technickej špecifikácie s porovnateľnými alebo prísnejšími požiadavkami takto:

a) typ WS1P/F/D má priemer 23,77 mm ± 0,1 mm,

b) typ WS2P/F/D má priemer 12,7 mm ± 0,1 mm,

c) typ WS3P/F/D má priemer 6,35 mm ± 0,05 mm.

3.3.3 Priemer membrány mikrofónu sa určí pre laboratórny mikrofón s dovolenou odchýlkou ±0,03 mm.

3.3.4 Určí sa najväčšia sila pôsobiaca na elektrický kontakt mikrofónu.

3.3.5 Závit mikrofónovej vložky je 60 UNS-2B.

3.3.6 Ochranná mriežka mikrofónov je snímateľná, a ak nie je snímateľná, táto skutočnosť sa uvedie v technickej dokumentácii.

3.4 Elektroakustické parametre

3.4.1 Elektroakustické špecifikácie pre laboratórny mikrofón vyhovujú požiadavkám uvedeným v tabuľke č. 1.

Tabuľka č. 1

Elektroakustické špecifikácie pre laboratórny mikrofón						
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 20µPa)	pre skreslenie 1 %	> 130	> 124	> 145	> 145	dB
súčiniteľ	bod 3.4.4	od –	od –0,02	od –0,025	od –0,05	dB/kPa

statického tlaku		0,02 do +0,02	do +0,02	do +0,025	do +0,05	
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	$> 10^{13}$	$> 2 \times 10^{10}$	$> 10^{13}$	$> 10^{13}$	Ω
časová konštanta tlakového vyrovnávania[5])		> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05	s
súčiniteľ dlhodobej stability	od 15 °C do 25 °C pri frekvencii od 250 Hz do 1 kHz	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	dB/rok
súčiniteľ krátkodobej stability[6])	od 15 °C do 25 °C pri frekvencii od 250 Hz do 1 kHz	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	dB

[1]) Nový mikrofón alebo starý mikrofón môže byť označený LS1Pn a LS1Po.
[2]) Hodnoty v tomto stĺpci sa vzťahujú na mikrofón, ktorý sa už nevyrába.
[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 nie je dlhšia ako 1 s, inak nie je možné splniť požiadavku na krátkodobú stabilitu.
[6]) Hodnoty sa majú získať najmenej z piatich meraní vykonaných počas 10 dní s intervalom dlhším ako 24 h.

3.4.2 Elektroakustické špecifikácie pre pracovný mikrofón vyhovuje požiadavkám uvedeným v tabuľke č. 2.

Tabuľka č. 2

Elektroakustické špecifikácie pre pracovný mikrofón					
charakteristika	poznámka	typ WS1	typ WS2	typ WS3	jednotka
najmenšia hladina citlivosti (re 1 V/Pa)	pri f_0 v rozsahu od 200 Hz do 1 000 Hz	–34	–40	–60	dB
frekvenčná charakteristika[1])	relatívne k hladine citlivosti pri f_0 určená ako f_1 - f_2 na	10 – 8 000	10 – 16 000	10 – 31 600	Hz

	krivke dovolených odchýlok				
efektívny predmembránový objem	od 160 Hz do 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 20µPa)	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 nie je možné splniť požiadavku na krátkodobú stabilitu.
[3]) Hodnoty sa majú získať najmenej z piatich meraní vykonaných počas 10 dní s intervalom dlhším ako 24 h.
[4]) Menovité hodnoty a dovolené odchýlky sú v určenom frekvenčnom rozsahu určené 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 laboratórny mikrofón pri statickom tlaku od 90 kPa do 110 kPa a pre pracovný mikrofón pri statickom 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 laboratórny mikrofón pri teplote od 15 °C do 25 °C a pre pracovný mikrofón pri teplote 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 laboratórny mikrofón najmenej pri relatívnej vlhkosti od 25 % do 80 % a pre pracovný mikrofón pri relatívnej vlhkosti od 10 % do 90 %.

3.4.7 Stabilita citlivosti mikrofónu sa určí pri referenčných podmienkach okolia pri frekvenciách od 200 Hz do 1000 Hz, prednostne 500 Hz, a spĺňa podmienky ustanovené v tabuľkách č. 1 a 2.

3.4.8 Elektrický izolačný odpor sa určí ako najmenší odpor po vystavení mikrofónu podmienkam pri teplote 23 °C, relatívnej vlhkosti 80 % a statickom tlaku od 90 kPa do 110 kPa počas 24 h.

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.

3.5 Uvedie sa, či kapilára na vyrovnávanie tlaku ústi do spodnej časti mikrofónu dosadajúcej na predzosilňovač, alebo prechádza naprieč krytom mikrofónu.

3.6 Hodnota polarizačného napätia mikrofónu sa uvedie v technickej dokumentácii.

4. Metrologické požiadavky

4.1 Metrologické požiadavky sa vzťahujú na laboratórny mikrofón s tlakovou elektroakustickou charakteristikou a s elektroakustickou charakteristikou na voľné pole a na pracovný mikrofón s rozšírením o elektroakustickú charakteristiku na difúzne pole.

4.2 Referenčné podmienky okolia sú:

a) teplota vzduchu 23 °C,

b) statický tlak 101,325 kPa a

c) relatívna vlhkosť vzduchu 50 %.

4.3 Citlivosť mikrofónu určená individuálne pre 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 pracovný mikrofón a s rozlíšením 0,01 dB pre laboratórny mikrofón. Každá hodnota má priradenú rozšírenú neistotu s koeficientom pokrytia k = 2.

4.4 Akustická impedancia je určená ako funkcia frekvencie v predpísanom frekvenčnom rozsahu. Ak je vyjadrená ekvivalentným objemom mikrofónu, jej hodnota sa uvedie v doklade o kalibrácii.

4.5 Frekvenčná charakteristika závislá od typu mikrofónu vo frekvenčnom pásme sa určí s dovolenou odchýlkou ±2 dB.

4.6 Korekcia citlivosti mikrofónu na voľné pole sa určí vo forme grafu alebo tabuľky.

4.7 Rezonančná frekvencia sa uvedie v doklade o kalibrácii.

4.8 Linearita hladiny citlivosti pre pracovný mikrofón zotrvá v rozsahu ±0,1 dB vo frekvenčnom rozsahu od 160 do 1000 Hz a v rozsahu hladín akustického tlaku určeného v tabuľke č. 2.

5. Nápisy a značky

5.1 Typové označenie mikrofónu využíva mnemotechnický systém, ktorý pozostáva z

a) písmen
   1. LS pre laboratórny mikrofón,
   2. WS pre pracovný mikrofón,

b) čísla, ktoré určuje mechanickú konfiguráciu,

c) písmena, ktoré určuje elektroakustickú charakteristiku
   1. P pre tlakovú charakteristiku,
   2. F pre voľné pole,
   3. D pre difúzne pole.

5.1.1 Toto konvenčné označenie sa špecifikuje.

5.2 Každý mikrofón sa označí typovo a uvedie sa individuálne výrobné číslo.

5.3 Uvádza sa každá požiadavka pre mikrofón podľa bodov 3 a 4.

5.4 Ďalšie údaje, ktoré sa určujú, sú podstatné charakteristiky predzosilňovača a zosilňovača, s ktorým je mikrofón spojený tak, že spĺňa elektroakustické požiadavky. Ak sa odporúča viac typov predzosilňovačov, určí sa efektívny zisk týchto predzosilňovačov vzhľadom na výstupné napätie mikrofónu naprázdno.

5.5 Ku každému mikrofónu sa vystaví kalibračný graf mikrofónu s podrobným opisom.

5.6 K mikrofónu sa dodá návod na používanie v slovenskom jazyku s úplným opisom.

6. Metódy technických skúšok pri schvaľovaní typu

6.1 Pri technických skúškach pri schvaľovaní typu sa vykonáva

a) vonkajšia obhliadka a meranie elektrického izolačného odporu,

b) určenie citlivosti mikrofónu naprázdno,

c) určenie frekvenčnej charakteristiky,

d) určenie ekvivalentného objemu,

e) určenie rezonančnej frekvencie,

f) určenie súčiniteľa statického tlaku mikrofónu,

g) určenie súčiniteľa teploty mikrofónu,

h) určenie súčiniteľa relatívnej vlhkosti mikrofónu,

i) skúška krátkodobej stability a

j) skúška dlhodobej stability.

6.2 Elektrický izolačný odpor sa meria teraohmmetrom za podmienok podľa bodu 3.4.8.

6.3 Určenie citlivosti mikrofónu a frekvenčnej charakteristiky je opísané v bodoch 7.1.1 až 7.1.4 a 7.3.

6.4 Určenie ekvivalentného objemu a rezonančnej frekvencie mikrofónu je určené v technickej norme alebo inej obdobnej technickej špecifikácii s porovnateľnými alebo prísnejšími požiadavkami.

6.5 Určenie súčiniteľov statického tlaku, teploty a relatívnej vlhkosti mikrofónu sa vykonáva v termobarokomore za podmienok podľa bodov 3.4.4 až 3.4.6.

6.6 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.

6.7 Postup technických skúšok pri schvaľovaní typu určuje technická norma alebo iná obdobná technická špecifikácia s porovnateľnými alebo prísnejšími požiadavkami.

7. Metódy skúšania pri prvotnom overení a následnom overení

7.1 Skúšanie mikrofónov pri prvotnom overení a následnom overení pozostáva

a) z vonkajšej obhliadky a kontroly izolačného odporu,
b) z určenia citlivosti mikrofónu,
c) zo skúšky krátkodobej stability a
d) z určenia frekvenčnej charakteristiky.

7.1.1 Citlivosť mikrofónu je možné určiť

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.

7.1.2 Pri určení citlivosti mikrofónu metódou reciprocity sa vykonáva meranie

a) ekvivalentného objemu, ktoré predpokladá
   1. meranie elektrickej kapacity mikrofónu,
   2. meranie stratového činiteľa mikrofónu,
   3. výpočet rezonančnej frekvencie mikrofónu,
   4. výpočet akustických parametrov mikrofónu,
b) efektívneho objemu mikrofónu a výpočet predmembránového objemu,
c) citlivosti mikrofónu pri frekvencii 250 Hz.

7.1.3 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 určení citlivosti mikrofónu porovnávacou metódou sa potom citlivosť skúšaného mikrofónu vypočíta z citlivosti referenčného mikrofónu, pričom sa berie do úvahy korekcia citlivosti mikrofónov na aktuálne parametre prostredia.

7.1.4 Pri určení citlivosti mikrofónu 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 aparatúry alebo metódy sa započítava korekcia na napäťový zisk predzosilňovača a vstupnú kapacitu predzosilňovača.

7.2 Skúška krátkodobej stability pozostáva zo súboru meraní počas najmenej dvoch dní.

7.3 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 tuhou dierovanou elektródou – elektrostatickým aktuátorom, ktorý je položený na mikrofón. Na aktuátor sa privedie pomocné polarizačné napätie $U_{\mathbf{P}}$, obvykle 800 V podľa technickej dokumentácie výrobcu mikrofónu, na ktoré sa superponuje z tónového generátora striedavé sínusové napätie u v $\boldsymbol{\omega}$ najviac do 40 V. Pri frekvencii 250 Hz sa najskôr nastaví na meracom zariadení referenčná úroveň, voči ktorej sa vykonáva relatívne meranie, a generátorom sa prelaďuje v celom meranom frekvenčnom pásme a zaznamenáva sa frekvenčný priebeh výstupného napätia z mikrofónu.

7.4 Ak je mikrofón súčasťou zvukomera, určuje sa korekčný činiteľ citlivosti mikrofónu. Pri jeho určení sa na mikrofón umiestnený na 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, ktorá zodpovedá 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.

7.5 Postup pri prvotnom overení a následnom overení určuje technická norma alebo iná obdobná technická špecifikácia s porovnateľnými alebo prísnejšími požiadavkami.