



Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Strana: 1/18

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
16.11.2025

Plán standardizace – Program rozvoje metrologie 2025

Číslo úkolu: VII/05/25

Zpráva pro závěrečnou oponenturu úkolu Principy kalibrace a další aspekty kalibrace v oborech mechanický pohyb, vibrace a akustika

Zadavatel: Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu

Řešitelé: Ing. Martin Valenta, ČIA
Ing. Marek Blabla, ČMI

Oponenti: Ing. Radovan Wiecek, ČMI
Ing. Tomáš Vojtěch, SVMTech, s.r.o.

Vypracoval: Ing. Martin Valenta, ČIA
Schválil: Ing. Pavel Nosek, ČIA

Datum oponentury: 26.11.2025

Rozdělovník: 1 × ÚNMZ
1 × ČIA, útvar 600
2 × oponenti

Výtisk č.: ...



RESUMÉ

ČIA se dlouhodobě věnuje aktivitám, které mají kalibrační laboratoře podpořit v aktivitách, které sjednocují pohled na nejistoty jako takové a CMC nejistoty především, na principy kalibrace a případná specifika oboru, což následně usnadňuje správné pochopení přílohy osvědčení o akreditaci (POA). Příloha OA má být a je hlavním prvním zdrojem informací o kalibrační laboratoři, jejím zaměření a šíři záběru laboratoře. Významnou pomocí pro uživatele je především její srozumitelnost, jednotnost a formální stabilita uváděných informací.

Tento úkol je zaměřen na obory akustika a kinematika. Na stávajících POA se tyto obory částečně překrývají a hranice mezi nimi nejsou vždy zcela zřetelné, obdobná situace nastává i při vlastním posuzování akreditačních kritérií, kdy se ve využívaném členění odbornosti jednotlivých posuzovatelů nejen doplňují, ale i překrývají, čímž vznikají nejednoznačné situace, které zvyšují riziko různého posuzování stejné aplikace systému managementu nastaveného v kalibrační laboratoři se shodným rozsahem akreditace.

Proto bylo účelem a cílem tohoto úkolu upřesnění právě tohoto přesahu mezi podobory tak, aby překrývání oborů a podoborů bylo co možná nejvíce omezeno. Součástí řešení úkolu jsou informace a zhodnocení principů (metod, postupů) kalibrací a podstatných příspěvků k nejistotě měření. Naplní tak další krok v dlouhodobé snaze ČIA sjednocovat popisy rozsahu akreditace kalibračních laboratoří především v přílohách osvědčení o akreditaci.

Předkládané řešení úkolu PRM má dát do rukou vedoucích a odborných posuzovatelů informace, které podporují sjednocování pohledu na správně formulovaný rozsah akreditace, reálně dosažitelné nejistoty a celkový soulad informací a hodnot na POA. Stejně informace v kalibračních laboratořích mají usnadnit nastavování systému managementu a přípravu dokumentace k jednotlivým kalibračním postupům. V neposlední řadě by výsledek této práce měl zvýšit jednotnost posuzování kalibračních laboratoří působících v oborech kinematika a akustika.



OBSAH

RESUMÉ.....	2
0. Zadání.....	4
1. Úvod.....	4
2. Forma řešení úkolu programu rozvoje metrologie	6
3. Vztah oborů, podoborů a předmětů kalibrací	6
4. Členění oborů	7
5. Přehled (souhrnné informace) – KL akreditované ČIA	8
6. Přehled (souhrnné informace) – vybrané zahraniční kalibrační laboratoře.....	11
7. Rozsahy měření a jim odpovídající nejistoty (POA).....	12
8. Problematika kalibrací v řešených oborech souhrnně	14
9. Závěr.....	18
 P1 Příloha 1 – Přehled příloh osvědčení o akreditaci kalibračních laboratoří v ČR	
P2 Příloha 2 – Přehled příloh osvědčení o akreditaci zahraničních kalibračních laboratoří	

0. Zadání

Cílem zadání bylo sjednocení pohledu posuzovatelů ČIA (vedoucích i odborných) na kalibraci mechanického pohybu a vibrací, i s přihlédnutím k vazbám na obor akustika, vhodnými příklady a jednotným uváděním rozsahu akreditace v oboru do POA. Součástí má být informace o příspěvku k nejmenší uváděné nejistotě vzhledem k rozsahu měřené veličiny a principu/metody kalibrace, a především správné uvádění těchto principů z hlediska jejich vypovídací schopnosti a technické správnosti. Výsledkem řešení má také být základní přehled o kalibracích v oborech mechanický pohyb, vibrace a akustika a jejich případné rozdělení na podobory. Dále také uvedení faktorů ovlivňujících nejistotu, jejichž vliv je nutné při stanovování CMC laboratoře vzít v úvahu. Součástí výsledku úkolu bude, stejně jako v případě předchozích úkolů PRM, zpřístupnění řešení úkolu odborné veřejnosti formou semináře a článkem v odborném periodiku.

Výstupem úkolu má být souhrn informací, předaný, resp. nabídnutý akreditovaným kalibračním laboratořím, shrnující pohled na obory mechanický pohyb, vibrace a akustika a na hranice mezi jejich jednotlivými podobory. Z hlediska vlastní kalibrace je ideálním výstupem přehled používaných principů kalibrace, podstatných zdrojů nejistot kalibrace a příspěvků, které nelze vzhledem k jejich vlivu na nejnižší udávané hodnotě nejistoty měření v rámci CMC zanedbat. Zjednodušená verze textu závěrečné zprávy bude nabídnuta k uveřejnění časopisu Metrologie a pro pracovníky AKL v daných oborech bude uspořádán veřejný seminář.

1. Úvod

Řešený úkol navazuje na úkoly PRM řešené v předchozích letech. Ty byly zaměřené na sjednocování informací v POA v různých oborech a tento úkol tak rozšiřuje spektrum řešených oborů o další dva. Specifikem těchto oborů vzájemné prolínání, jehož důsledkem je mnohdy různý pohled na tematiku a její detaily v závislosti na kalibrační laboratoři nebo konkrétní osobě, přestože podrobnější analýzou lze odhalit, že se jedná o shodnou situaci. Autoři úkolu proto považují za vhodný výstup úkolu takové informace, které budou prakticky využitelné kalibračními laboratořemi i jejich zákazníky a současně usnadní komunikaci mezi akreditovanými subjekty a akreditačním orgánem.

Řešitelé se při řešení daného úkolu zaměřili na popisy kalibrované veličiny a předmětů kalibrace, na principy (metody, postupy) kalibrací a jim odpovídající nejistoty a podstatné příspěvky k celkové nejistotě kalibrace a jejich zhodnocení z hlediska jejich zanedbatelnosti. To vše v takové podobě, aby informace o rozsahu akreditace byly pro čtenáře prakticky použitelné, tedy srozumitelné a logicky uspořádané. Jak bylo již uvedeno, obory mechanických vibrací a akustiky se určitým způsobem prolínají, ale pro potřeby posuzování, a především jeho formální část navrhuje autoři zpřesnění hranic mezi jednotlivým i obory a drobné úpravy v uspořádání oborů a podoborů pro kalibrované veličiny, které spadají do rámce tohoto úkolu.

Pro letošní úkol řešený ČIA v rámci Programu rozvoje metrologie samozřejmě platí stejný postulát, kterým se řídily úkoly řešené v předchozích úkolech PRM, a tedy že sjednocování POA v jednotlivých oborech přispívá k porovnatelnosti POA pro daný obor či obory, a tím celkově především zvýšením srozumitelnosti a jednoznačnosti popisů principů kalibrace



Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Strana: 5/18

Zpracoval:

Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:

16.11.2025

v oboru i mezi obory. Sjednocování také usnadňuje pochopení nejasných míst POA na základě podobnosti s podobnými nebo podobně uspořádanými informacemi v jiných oborech.

2. Forma řešení úkolu programu rozvoje metrologie

Hlavní cíl navrhovaného úkolu pro obory vibrace a akustika daný zadáním je ověřit v ČIA dlouhodobě užívané rozdělení oborů a podoborů, toto dělení zhodnotit a případně navrhnout jeho úpravy, které používaný systém zjednoduší a zefektivní. Návrhy se dotýkají i číselného značení oborů. Těžištěm v této části je návrh textového značení, které respektuje změnu náhledu, doplněný o vhodné příklady, které usnadní výběr odborností a následně i konkrétních odborných posuzovatelů odpovídajících aktivitám posuzované laboratoře. Další část se zabývá obsahem POA, především vhodnými formulacemi textu v jednotlivých rubrikách, především předmětu kalibrace a jejího principu. Výjimečným rysem oboru je možnost uvádět měřené hodnoty v několika různých veličinách, které jsou vzájemně snadno přepočitatelné a jejichž volba závisí především na potřebě či přání zákazníků. S tím souvisí i úvahy o dosažitelných CMC nejistotách, vlivech s dopady na dosažitelné nejistoty a hodnocení jejich závažnosti a dopadů. Nedílnou součástí měly být podle původního záměru také podklady podle výsledků řešení k tomu, jak koncipovat POA a v souladu s navrhovanou změnou přístupu k náhledu na obory. V oblasti zmiňovaných oborů ale existuje prakticky neomezené množství kombinací přístrojového vybavení a způsobů, jak aplikovat normy, které jsou v tomto oboru obvykle závazné, a způsobů provedení měření. S tím souvisí také následný rozbor nejistot, který je logicky pro každou takovou kombinaci individuální. Je tedy možné říct, že téměř každý zápis v POA je natolik individuální, že není možné laboratoře zavazovat stanovením závazného předpisu nebo striktně definovat vztah dané metody s konkrétní sadou nejistot.

3. Vztah oborů, podoborů a předmětů kalibrací

Stávající stav vede k doporučení neslučovat akustické a kinematické obory i přesto, že některé přístroje umožňují měření parametrů v obou oborech. Např. přístroj pro měření rychlosti zavírání dveří pro automobilový průmysl – zákazník chce kalibraci rychlosti z měření dvojitou optickou závorou, kdy je parametr složen z výsledku měření vzdálenosti čidel (obor technická délka) a časového odstupe el. pulsů (akustika a kinematika). Ve výstupním dokumentu je uveden údaj o časové diferenci pulsů (výjimečně odkaz na aktuální hodnotu naměřené vzdálenosti a podmíněně uvedena odpovídající rychlost). Jiným druhem prolínání oborů je měření přenosové charakteristiky např. nábojového nebo proudového předzesilovače – lze jimi měřit v „obou oborech“, charakteristika je obvykle dodávána k metrologickému výkonu s příslušným vstupním prvkem (snímač, mikrofon...).

Zároveň je vhodné alespoň v základní míře respektovat dělení, resp. sloučení některých oborů ve strukturách mezinárodních organizací, např. Euramet: „Acoustics (někdy spíše uváděné jako „Sound in Air“), Ultrasound and Vibration“. Součástí oborů pracovní skupiny Euramet TC-AUV je navíc i sekce „Underwater Acoustics“, která sice v našich vnitrozemských podmínkách nemá zastoupení, ale svým zařazením podtrhuje obecné chápání fyzikální podstaty všech metod daných podoborů – kmitání zprostředkované médii. U „Sound on Air“ je to vzduch (nebo obecně plynná látka), u „Underwater Acoustics“ voda (resp. kapalná látka) a u „Vibration“; látka pevná. Fyzikální podstata měřených veličin je však stejná.

Předmětem kalibrace se nazývá kalibrovaný přístroj ve spojení s veličinou, která se u daného přístroje měří. U některých přístrojů je na první pohled zřejmé, jaká měření se na nich provádějí. Je to často dáno příslušnou normou, která se k dané funkci přístroje vztahuje. Typickým příkladem může být akustický kalibrátor, u kterého se vyšetřuje hladina, kterou kalibrátor generuje, jeho kmitočet a celkové harmonické zkreslení. Klient pak může kalibraci specifikovat přesněji, např. omezením výběru hladin, resp. kmitočtů u multihladinových nebo multikmitočtových kalibrátorů. U jiných přístrojů, které nabízejí buď rozsáhlou strukturu měření (např. zvukoměr) nebo jejich funkce je možné vyšetřovat z různých úhlů pohledu, a klient pak musí podrobněji specifikovat, co chce u daného přístroje měřit. Příkladem může být generátor otáček, u kterého je možné kalibrovat otáčky (tedy kmitočet) nebo linearitu otáček příp. dlouhodobou stabilitu otáček. U měřidel v oborech akustika i vibrace jsou obecné principy kalibrace dány normami, které zde, především v souvislosti s ověřováním měřidel, nejsou pouze doporučující, ale jsou přímo závazné. Principy měřících metod je ale možné prakticky a technicky aplikovat různými měřicími řetězci nebo automatizovanými systémy. Velmi často vycházejí z mezinárodní konvence označení měřicí procedury, které jsou u oborů akustika i kinematika uváděné v příslušných normách. Doporučujeme toto názvosloví dodržet. Nejistoty takových systémů jsou pak samozřejmě individuální, a není tedy možné vytvořit unifikovaný vztah mezi principem kalibrace a příslušnou nejistotou.

4. Členění oborů

Stávající struktura členění oborů, používaná ČIA, vykazuje určitý překryv. Posuzování jednotlivých oborů je svěřeno odborným posuzovatelům, jejich odbornost je deklarována alfanumerickými kódy, které označují určitou odpovídající skupinu odborností, samozřejmě spadajících pod daný obor či podobor. K těmto tzv. kódům jsou kromě vlastního názvu kódu připojeny příklady příslušných předmětů kalibrace.

Aktuální členění dotčených oborů (a počet přiřazených odborných posuzovatelů) je následující:

K.0.22.40	Měřidla zrychlení (např. akcelerometry, snímače zrychlení)	2 OP
K.0.22.60	Měřidla vibrací (např. kmitoměry, měřidla amplitud kmitů)	2 OP
K.0.62.10	Přístroje pro měření akustického tlaku (např. zvukoměry, měřicí mikrofony, akustické generátory, akustické kalibrátory, pásmové propusti, hladinové analyzátory)	3 OP
K.0.63	Mechanické kmitání	0 OP

K oboru K.0.63 byli historicky přiřazeni celkem 2 OP, kteří v současnosti již nejsou aktivní, kód tedy není vaužit.

Stávající strukturu členění oborů lze hodnotit jako problematickou, protože není zřejmý důvod rozdělení na „vibrace“ a „mechanické kmitání“, mezi kterými z hlediska posuzování není rozdíl. Současně příklady měřidel uvedené v daném oboru zcela opomíjejí zdroje či generátory zrychlení a kmitání.

V daných oborech ovšem není jednoduché dosáhnout natolik jednoznačného rozdělení na dvě skupiny – snímače vs. generátory. Např. u primární metody kalibrace etalonových mikrofónů, tzv. reciproční metody, se během měření střídá funkce kalibrovaného mikrofónu mezi

přijímačem a vysílačem – generátorem. Proto lze za dostačující považovat doplnění vhodných příkladů zařízení k příslušným kódům.

Vzhledem k výše uvedeným společným charakteristikám kinematiky a akustiky považují autoři za vhodné kategorii akustických měření přiblížit kategorii kinematiky a doporučují změnit kód takovým způsobem, který tuto blízkost bude i vyjadřovat. Návrh konkrétní struktury je v následující tabulce:

Akt. kód	Popis (příklady)	Návrh
K.0.22	Mechanický pohyb	K.0.22.
K.0.22.10	Měřicí dráhy (např. tachometry, snímače dráhy)	K.0.22.10
K.0.22.20	Měřidla rychlosti (např. rychloměry, anemometry)	K.0.22.20
K.0.22.30	Měřidla úhlové rychlosti (např. otáčkoměry, stroboskopy)	K.0.22.30
K.0.22.40	Měřidla zrychlení (např. akcelerometry, snímače zrychlení), zařízení pro pádové a rázové zkoušky	K.0.22.40
K.0.22.50	Vyvažovací aparatury (např. vyvažovací stroje)	K.0.22.50
K.0.22.60	Měřidla a zdroje mechanického kmitání a vibrací (např. kmitoměry, měřidla amplitud kmitů), kalibrátory vibrací	K.0.22.60
K.0.23	<i>Síla, mechanické zkoušky materiálu</i>	K.0.23
K.0.24	<i>Tlak, mechanické napětí</i>	K.0.24
K.0.25	<i>Zkoušky vlastností a vad materiálu</i>	K.0.25
K.0.62	Akustický tlak	K.0.26.
K.0.62.10	Přístroje pro měření akustického tlaku (např. zvukoměry, měřicí mikrofony, akustické generátory, akustické kalibrátory, pásmové propusti, hladinové analyzátoři)	K.0.26.10
K.0.63	Mechanické kmitání	(K.0.22.60)

Pozn.: Obory tlak a zkoušky materiálu jsou uvedeny pouze pro přehled, pro řešení úkolu nemají význam.

Protože kódy K.0.23 až K.0.25 jsou již využity, navrhuje pro obor akustika nejbližší možný kód, kterým se akustika přiblíží i formálně mechanickému pohybu. Dosud samostatný kód mechanické kmitání, který v současnosti ani není přidělen žádnému OP, doporučují autoři sloučit do kódu K.0.22.60. Ostatní kódy zůstávají nedotčeny.

5. Přehled (souhrnné informace) – KL akreditované ČIA

Příklady POA kalibračních laboratoří v ČR jsou obsahem přílohy I této zprávy.

Přílohy osvědčení o akreditaci jednotlivých subjektů se často velmi liší v popisu jednotlivých kalibrovaných veličin, jejich rozsahu a příslušejících CMC nejistot. Je to dáno především metodou kalibrace a kalibračním systémem – měřicí sestavou, kterou je kalibrace prováděna. Zásadní část příslušných nejistot je definována výrobcem takového kalibračního systému, u kterého je často zahrnuta i nejistota spolupracujících systémů, např. sestav pro měření podmínek prostředí.

Následující poznámky k jednotlivým POA českých kalibračních laboratoří komentují významné body a sporná místa těchto příloh.



Poznámky k jednotlivým POA

2245 ČEZ, a.s.

KL kalibruje v oboru mechanický pohyb.

Je dodrženo oddělení kalibrované veličiny od předmětu kalibrace tam, kde je předmět kalibrace omezujícím prvkem. Kde je předmět kalibrace „libovolný“, v souladu s pokyny k vyplnění POA uveden není.

Zmíněný princip „porovnání s etalonem“ ani nenaznačuje, jaký princip/metodu laboratoř používá, nelze si utvořit představu o úrovni udávaných CMC nejistot, zda patří mezi špičkové nebo že špičkové nejsou.

Vhodné je naopak uvedení konkrétních rozsahů měření pro zrychlení, rychlost a výchylku do samostatných řádků bez parametru a CMC nejistoty, které jsou uvedeny u kalibrované veličiny, z uspořádání jednoznačně vyplývá, že ač jsou měření v číselně různých rozsazích, vztahuje se k nim stejný parametr a nejistota.

2246 Výzkumný a zkušební ústav Plzeň s.r.o.

KL kalibruje v oboru mechanický pohyb (vibrace).

Použitý princip kalibrace je popsán jako porovnávací měření s etalonem vibrací, popis tedy podává základní informaci o etalonu, ten tak není zcela „anonymním“ etalonem. Informace u parametru „v pásmu kmitočtů“ je pravděpodobně z uvedených hodnot zřejmá, určitě ničemu nevádí a pro některé čtenáře může být i nápovědou.

2358 HOLAB, spol. s r.o.

KL kalibruje v oboru mechanický pohyb.

Forma zápisu citlivostí obdobná jako u KL 2405 TÜV SÜD Czech s.r.o. (viz níže).

2364 EHSQ CONSULTING, s.r.o.

KL kalibruje v oboru mechanický pohyb.

Kalibrace *Zrychlení přímočarých mechanických vibrací harmonického průběhu / kalibrátory vibrací, vibrometry, vibrační systémy* za použití metody *Simulací el. signálem* naznačuje, že se jedná o čistě elektrickou kalibraci, zejména uvedení rozsahu ve voltech znamená, že se jedná o kalibraci v oboru elektrických veličin, veličina i jednotka musí být v souladu s oborem měření.

U postupu 3 je pro uvádění citlivosti zvoleno graficky odlišné, ale stejně funkční řešení od dále popsaného pro KL 2405 TÜV SÜD Czech s.r.o. (viz níže).

U postupu 6 je použit nevhodný výraz pro osobu provádějící měření – „měřiče“ místo správného „měřidla“.

2388 SVMTech s.r.o.

KL kalibruje v oboru mechanický pohyb, vibrace a v oboru akustické veličiny

Přestože na první pohled je v postupu 3 pro uvádění citlivosti obdobná situace jako dalších zde zmíněných příkladech, při pozornějším pohledu zjistíme, že tomu tak není, jsou zde použity dva plnohodnotně vyplněné řádky, pro každou jednotku citlivosti jsou v ostatních buňkách (sloupcích) vyplněny všechny údaje (logicky shodné).

V některých případech jsou v postupu uvedeny normy, které ale nejsou jako postup využívány, účelem je pouze podat informaci o metodě měření, k tomu je ovšem určen sloupec „princip“

2395 Vysoké učení technické v Brně, CVVOZE

KL kalibruje v oboru mechanický pohyb.

Nejrozsáhlejší a nejpodrobněji popsany rozsah akreditace v oboru, lze používat jako zdroj inspirace.

2405 TÜV SÜD Czech s.r.o.

KL kalibruje v oboru mechanický pohyb.

V některých případech je v prvním sloupci kalibrovaná veličiny a předmět kalibrace spojen do jednoho názvu, který ale úplnou informaci obsahuje.

Forma zápisu citlivostí v $\text{mV}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$ | $\text{pC}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$ | $\text{mV}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ a přiřazení nejistot k rozsahům je nešťastné (protože není jednoznačné), vhodnější by bylo uvádět tuto trojici v samostatném řádku, například takto (zde jen výřez z tabulky):

Citlivost snímačů vibrací a vibrometrů ⁴⁵	0,01 $\text{mV}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$ až 10000 $\text{mV}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$		
	0,01 $\text{pC}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$ až 1000 $\text{pC}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$		
	0,01 $\text{mV}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ až 10000 $\text{mV}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$		
	0,01 mV/m až 10000 mV/m		
		5 Hz až 10 Hz	2,0 %
		10 Hz až 20 Hz	1,0 %
		20 Hz až 80 Hz	0,75 %
		80 Hz	0,5 %
		80 Hz až 1000 Hz	0,75 %
		1000 Hz až 5000 Hz	1,0 %
		5000 Hz až 10000 Hz	2,0 %

U postupu 4 je uveden parametr „až 50 000 Hz“, zřejmě je míněna návaznost na předchozí rozsah parametru, ale takto nejednoznačná vyjádření nejsou vhodná, čtenář nemá být nucen domýšlet, co autoři měli na mysli.



2416 EKOLA group, spol. s r.o.

KL kalibruje v oboru Akustické veličiny a mechanické kmitání.

Část měření probíhá simulací elektrickým signálem a výpočtem, ostatní jsou přímá akustická měření. V některých případech jsou v postupu uvedeny normy, které ale nejsou jako postup využívány, účelem je podat informaci o metodě měření, k čemuž je určen sloupec „princip“.

6. Přehled (souhrnné informace) – vybrané zahraniční kalibrační laboratoře

Příklady příloh OA zahraničních laboratoří jsou obsahem přílohy 2 této zprávy.

V této části autoři vycházejí z náhodně vybraných příloh osvědčení různých zahraničních laboratoří, které se podařilo dohledat pod různými akreditačními orgány. Ideálním cílem bylo získat reprezentativní vzorek z více kontinentů, omezením je ovšem právě tato náhodnost, daná tím, že každý akreditační orgán používá jiný a jinak přehledný systém pro vyhledávání laboratoří podle jejich aktivit. Možnost zadat obor obvykle naráží na jazykovou bariéru a na velmi rozmanitá pojmenovávání oborů. Přesto se z hlediska potřeb řešení tohoto úkolu vzhledem k celkovému počtu prostudovaných POA dá mluvit o vzorku dostatečném.

A2LA (USA)

Příklady ze 2 laboratoří: *ELEMENT MATERIALS TECHNOLOGY HUNTSVILLE; ELEMENT U.S. SPACE & DEFENSE*

POA popisuje kalibrovanou veličinu kalibrované zařízení velmi úsporně, rozsah měření je v jednotkách g pro rázová měření, pro kmitání pak kmitočtem, CMC nejistota je udávána v procentním vyjádření. V komentáři je zmíněna metoda kalibrace.

ACCREDIA (Itálie)

Příklady ze 3 laboratoří: *L.C.E. s.r.l.; Azienda USL TOSCANA SUD EST, U.F. Laboratorio di Sanità Pubblica; TRESCAL s.r.l.*

V různých POA se zdá, že pořadí oborů není pevně dané. Členění vychází z konkrétně definovaných kalibrovaných přístrojů a v druhé řadě z měřené veličiny, doplněné o parametry. Následuje rozsah měření a CMC nejistota, nechybí metoda kalibrace. Na první pohled se rozsahy se v některých případech překrývají, při pečlivějším prozkoumání se najde rozdíl obvykle v předmětu kalibrace nebo v použité metodě.

NATA (Austrálie)

Příklady ze 3 laboratoří: *Noise and Vibration Measurement Systems Pty Ltd, Sydney Calib. Lab.; National Measurement Institute (NMI), Acoustics, Ultrasonics and Vibration Project, Lindfield; ACU-VIB Electronics*

Vyjádřené v POA je poměrně nepřehledné, bez velmi podrobného zkoumání těžko porovnatelné s výstupy jiných akreditačních orgánů. Uspořádání naznačuje, že informace budou uspořádány do řádků, část tak opravdu uspořádána je, ale v posledním sloupci mají být podle modrého předtisku být uvedena omezení (ve sledovaných případech nevyužito), ale další informace – Capability již toto uspořádání nerespektuje a v použitém sloupečku lze těžko

rozeznat, co je titulek (např. veličina) a co platná hodnota, nicméně lze se domýšlet, že se jedná o CMC nejistotu. Nicméně jednotnost, včetně grafické, přehlédnout nelze.

COFRAC (Francie)

Příklady z 5 laboratoří: *ACOEM EM.; LABORATOIRE NATIONAL DE METROLOGIE ET D'ESSAIS (2×); TRESCAL; HOTTINGER BRUEL & KJAER FRANCE SAS*

Poměrně přehledné uspořádání s jednoznačným členěním uváděných informací. V některých případech je v úvodu souhrnná, čistě textová tabulka, která shrnuje informace v další tabulce, nazvané Podrobný rozsah.

DAkkS (Německo)

Příklady z 5 laboratoří: *SPEKTRA Schwingungstechnik und Akustik GmbH Dresden; Norsonic-Tippkemper GmbH; Trescal GmbH; Hottinger Brüel & Kjaer GmbH; Kistler Instrumente Gesellschaft mit beschränkter Haftung*

Velmi přehledné uspořádání, velmi podrobný popis, vzhledem k nejednoznačnosti mezi rozsahů jsou využívány matematické značky (např. < ; >). DAkkS využívá název oboru „Akustika a ultrazvuk“.

ENAC (Španělsko)

Příklady ze 3 laboratoří: *INSTITUTO NACIONAL DE TECNICA AEROESPACIAL “ESTEBAN TERRADAS” (INTA); HOTTINGER BRÜEL & KJAER IBÉRICA, S.L.; TRESCAL IBERICA DE CALIBRACION, S.L.*

Uspořádání i obsah je velmi podobný POA vydávaným akreditačními orgány COFRAC a DAkkS. Rozsah obsahuje současně i parametry k měření veličině, ve sloupci postup je někdy kromě postupu uvedena i norma, která postup definuje nebo ze které postup vychází.

PCA (Polsko)

Příklady ze 2 laboratoří: *GŁÓWNY INSTYTUT GÓRNICTWA – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY; OKRĘGOWY URZĄD MIAR w BIAŁYMSTOKU*

Stejně jako španělský ENAC, i PCA má uspořádání i obsah velmi podobný POA vydávaným akreditačními orgány COFRAC a DAkkS. V úvodu jedné POA je pro snímače vibrací uveden rozsah jejich výstupního signálu v různých možných jednotkách a navzájem odpovídajících rozsazích.

UKAS (Velká Británie)

Příklady ze 3 laboratoří: *ACOEM EM; BAE Systems Marine Limited; University of Salford*

Obsahově standardní POA se od ostatních mírně liší tím, že ve sloupci rozsah jsou uváděny i parametry a další informace, např. hmotnost snímače, citlivosti, špičkové hodnoty zrychlení apod.

7. Rozsahy měření a jim odpovídající nejistoty (POA)

Technické hodnocení jednotlivých příloh osvědčení komplikuje neznalost systémů, kterými jsou měření prováděna. Hodnocení dále komplikuje skutečnost, že součástí automatizovaných měření jsou často vnitřní kompenzace některých parametrů, jejich vliv je tedy kompenzován podle nastavení výrobce a uživatel nemívá ani možnost toto nastavení kompenzace ovlivnit.

Proto je nutné při stanovování nejistoty měření pečlivě zvažovat veškeré možné příspěvky k nejistotě v souladu s obvyklými postupy a vzhledem k jejich významu a dopadu na výslednou hodnotu nejistoty. A protože tento postup je pro každý případ individuální, je pro stanovování CMC nejistot nezbytné tato pravidla využívat ještě racionálněji a výsledný postup výpočtu posuzovat o to pečlivěji.

Běžné rozsahy

Jak běžné rozsahy, tak přidružené nejistoty jsou závislé na měřicí metodě, měřicím řetězci, příp. speciálním kalibračním systému a vstupních jednotkách těchto přístrojů nebo systémů. Nejistoty pro dané rozsahy obvykle udává výrobce zařízení, případně jsou doplněny o externí vlivy, především nejistoty použitých pomocných zařízení, např. měřidla podmínek prostředí nebo jsou doplněny statistikou měření, úpravou měřicí aplikace, příp. výsledky výzkumných úkolů, umožňujících nejistotu měření snížit. Pro konkrétní metodu měření dané veličiny tak může být měření prováděno i při použití stejného měřicího řetězce s různými nejistotami.

Extrémní rozsahy

U speciálních kalibračních systémů jsou pro horní limity měřené veličiny obvyklé identifikace přebuzení tak, aby nedocházelo k deformaci výsledku přebuzením. Pro spodní limity je to mez detekce měřitelného signálu v závislosti na vnitřním šumu vstupní jednotky měření. Je spíše věcí doporučení výrobcům, aby důsledně zajistili ve svých přístrojích nezobrazovat měřenou hodnotu, pokud je její hodnota mimo daný rozsah měření. Takové situace nastávají u některých typů zvukoměrů, kdy je zobrazena hodnota měřené veličiny i přesto, že je její hodnota mimo zvolený rozsah. Informace o tom pak u levnějších zařízení často chybí nebo je ve srovnání se zobrazenou hodnotou veličiny hůře zaregistrovatelná.

Parametry, ovlivňující nejistotu, a četnost jejich uvádění (informace na POA)

Autoři v odůvodněných případech doporučují využívat nebo alespoň podporovat při stanovování CMC nejistoty využívání termínu „kvalifikovaný metrologický odhad“. Stává se, že zákazník neakceptuje termín „běžné laboratorní podmínky“ a trvá na uvádění podmínek prostředí, a to i při měřeních elektrických nebo optických, kdy se vliv rozptylu běžných podmínek prostředí v laboratoři velmi přibližuje nule. Přestože čl. 6.3.3 normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 umožňuje z tohoto důvodu upustit od záznamu konkrétních podmínek měření, nelze to doporučit jako běžný přístup.

Pozn.: Vliv takových změn je možné připodobnit vlivu nárůstu síly elektromagnetického pole projíždějící tramvaje (nezpochybňuji, že pro některá měření, ale mimo naše obory a umístění, může mít i takový parametr větší vliv, než uváděný příklad podmínek prostředí.). Možná by bylo smysluplné nevyžadovat uvádění podmínek prostředí univerzálně ale vyznačit variantu na akreditační příloze.

Parametry, které dávají nebo vylučují možnost nabízet kalibraci obecně (informace na POA)

Některé parametry kalibrace mohou mít podstatný vliv na vlastnosti a možnosti měření. Může se tedy stát, že dané parametry v rámci akreditace omezují předmět nebo rozsah kalibrace tak, KL nemůže kalibraci vůbec provést a musí zákazníka odmítnout).

Důležité je rozhodnutí KL, že mimo tyto parametry KL nebude své služby nabízet. Nezbytným předpokladem k tomu jsou dostatečné kompetence pracovníků KL a dobrá znalost vlastního procesu měření, používaného měřicího zařízení a potenciálních potřeb zákazníků. Někdy může jít o čistě „politické“ rozhodnutí, případně může být vynuceno situací. Např. pokud je KL součástí společnosti, která zastupuje konkrétního výrobce na daném trhu, nemusí mít zájem kalibrovat zařízení jiných značek. Pak ve svém rozsahu akreditace uvede jako předmět kalibrace měřidla či generátory dané značky, tím přímo vyloučí možnost jakékoli kalibrace zařízení jiných značek.

Parametry, které dávají nebo vylučují možnost kalibrovat konkrétní zařízení (přezkoumání konkrétní zakázky)

Tento případ se od předchozího liší tím, že konkrétní objednávka je v souladu s obecnými podmínkami, popsány přílohou osvědčení o akreditaci. V rámci přezkoumání objednávky ale může KL dojít k závěru, že onu konkrétní zakázku není schopna realizovat vůbec nebo tak, aby byla kalibrace provedena v rámci rozsahu akreditace (případně že zakázka je v rozporu s filozofií KL). U takového posouzení je především u elektrických přístrojů důležitá znalost přístroje a technický odhad stavu přístroje z jeho chování a z naměřených výsledků. Důležitým parametrem může být uchovávání historie náměrů přístroje a porovnání s aktuálními náměry. U akustických prvků (mikrofon) je důležitá fyzická inspekce membrány (znečištění příp. mechanické narušení) a celková prohlídka.

8. Problematika kalibrací v řešených oborech souhrnně

Společné prvky kalibrací v řešených oborech

Z POA, které se podařilo dohledat, je zřejmé, že pravděpodobně není možné vytvořit jednoznačnou vazbu mezi měřicí metodou (danou normou) a souborem nejistot pro danou metodiku. Ukázkovým příkladem může být sada příloh australských laboratoří (viz příloha č. 2) s údaji o kalibraci podle normy IEC 61260.

Attenuation

0.06 dB equal to and less than 16 dB

0.08 dB from 16 dB to 40 dB

0.12 dB above 40 dB to 60 dB

0.50 dB above 60 dB to 80 dB

0.1 dB $-6 \text{ dB} \leq A \leq 40 \text{ dB}$

0.3 dB $40 \text{ dB} < A \leq 80 \text{ dB}$

0.11 dB for linearity

0.1 dB for mid-band relative attenuation

0.25 dB for lower limit of linearity range (noise)

Jedná se o kalibraci útlumu filtrů podle stejné normy, ale pravděpodobně provedenou jiným měřicím řetězcem s odlišným dělením rozsahů. Tomu odpovídá i odlišná sestava nejistot. Obdobné situace se vyskytují jak v oboru akustiky, tak vibrací.

Zajímavou problematikou hledání reálných, a přitom velmi různorodých zdrojů nejistot je např. určování nejistot u kalibrací pomocí signálu satelitní navigace. A to jak při určování časového razítka, tak i přeneseným způsobem při určování polohy, potřebné při kalibraci rychlosti. Přesnost údajů navigace je závislá na mnoha parametrech, které jsou často problematicky definovatelné. Satelitní signál sice jedním ze svých parametrů informuje o zkreslení své časové informace jako důsledku poklesu své oběžné dráhy ale jiné parametry, které přesnost údaje zkreslí, už tak explicitně vyjádřit nelze. Mezi parametry, které takovou nedefinovatelnou chybu mohou způsobit je např. vliv aktuálních klimatických podmínek, počet a konstelace aktivních satelitů v daném okamžiku měření ale např. i slapové jevy.

Další možné zdroje nejistot

Příkladem dalšího zdroje nejistot, který ale naopak přispívá k jejímu snížení, může být případ, kdy se u některé metody mohou její nejistoty změnit při pouhé změně způsobu řízení některého z přístrojů měřicího řetězce. Pokud je např. čítač nebo generátor řízen namísto svého vnitřního generátoru s dlouhodobou stabilitou kmitočtu cca 10^{-7} s externím kmitočtem radiově stabilizovaných cesiových hodin s dlouhodobou stabilitou 10^{-14} s, je zcela zřejmé, že mezi nejistotami obou variant bude podstatný rozdíl.

Další vliv na výslednou nejistotu může vzniknout vzájemným ovlivněním zdrojů nejistot, kdy změna jednoho zdroje a příslušné nejistoty ovlivní přímo či nepřímo jiný zdroj, a tedy i nejistotu s tímto zdrojem spojenou.

Vzorová POA

Původním záměrem autorů bylo připravit vzorovou POA ideální kalibrační laboratoře pro obor mechanický pohyb a vibrace a obor akustika s příklady rozsahů pro jednotlivé principy, doplněnými odpovídajícími CMC nejistotami pro tyto principy dosažitelnými. Řada přístrojů nabízí kombinované měření veličin jak mechanického, tak akustického kmitání, tedy kombinaci měřených veličin (měřidla podmínek prostředí, zvukoměry, kombinovaná měřidla času a j.), což situaci dále komplikuje.

Zásadní rozdíl těchto dvou oborů je v médiu, které dynamický pohyb (předmět měření) zprostředkuje. U akustiky je to vzduch, u kinematiky hmota, např. při měření průzvučnosti materiálu v oboru stavební akustiky. Rozdíl můžeme uvažovat při měření za překážkou. Pokud měříme kontaktním způsobem např. snímačem vibrací, měříme mechanický vzruch pevného materiálu bez přenosného média – vzduchu. V opačném případě, kdy je snímána akustická odezva, měří se např. 2 m od stěny, případně v rozmístění daném příslušnou normou. Struktura stávajících norem tak může být směrodatným ukazatelem příslušnosti k tomu kterému oboru.

Vzhledem k výše uvedenému se návrh typického obsahu POA pro oba obory nedá připravit tak, aby obsahoval reálně dosažitelné hodnoty CMC nejistot a současně postihl všechny varianty kalibrací, které odpovídající KL nabízejí.

Uvádění norem v postupu a principu

Sloupec POA „Identifikace kalibračního postupu“ je určen pro identifikaci konkrétního postupu, tedy konkrétního pracovního návodu ke kalibraci, který KL pro danou kalibraci používá. Vyjadřuje se názvem či označením onoho dokumentu. V případě využití normovaného postupu je nutné uvést opravdu konkrétní, použitý postup, tedy např. i konkrétní články dané normy, pokud norma obsahuje i další, odlišné postupy či jiné informace nesouvisející s postupem. Takto vyčláňovaná norma se, stejně jako jakákoli jiná forma označení postupu, uvádí samozřejmě bez závorek.

Pro uvedení podstaty, tedy principu či metody, na jejímž základu je daný pracovní postup postaven, ze kterého vychází. Jeho identifikace není pevně dána, může jít o stručný popis toho principu/metody, stejně tak může být uvedeno doporučení odborné společnosti nebo norma. V tomto sloupci pochopitelně většinou není důvod pro zmiňovanou normu používat závorky, byť za určitých okolností to může zvýšit přehlednost a usnadnit pochopení celého principu.

Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace

Název sloupce kal. veličina / předmět kalibrace je poměrně jednoznačný a dává najevo, že ve sloupci má být uvedena především kalibrovaná veličina a jako sekundární informace předmět kalibrace. Jak zmiňuje návod k vyplnění POA, jsou možné různé varianty a čtenáři lze jen doporučit tento návod k přečtení. Z názvů sloupců v POA vyplývá, jaké informace mají obsahovat, aby bylo snadné porovnávat různé laboratoře navzájem. Pokud není toto pravidlo dodržováno, orientace mezi různými přílohami je ztížena a některé POA nemusí být navzájem vůbec porovnatelné.

Jako příklad byl využit právě sloupec kal. veličina / předmět kalibrace, takto vypadá přehled informací z jednotlivých POA uvedených v příloze 1 této zprávy pro kalibraci citlivosti snímačů vibrací:

Citlivost snímačů vibrací

Citlivost snímačů vibrací

- úhlové zrychlení až...
- úhlová rychlost až...
- úhlová výchylka až...

Citlivost snímačů vibrací a vibrometrů

Citlivost snímačů / snímače vibrací

Citlivost snímačů vibrací / snímače vibrací

Citlivost / Snímače vibrací, geofony, vibrometry a měřicí řetězce vibrací s elektrickým výstupem

Citlivost snímačů vibrací vibracemi – sinusovým signálem

Citlivost snímačů vibrací mechanickým rázem – pulsusovým signálem

Řádky v první části jsou informace uváděny sice různě, ale v souladu s určením sloupce kal. veličina / předmět kalibrace. Je zde vidět rozdílný přístup ke zjevně shodným informacím, resp. k jejich upřesnění. Poslední dva řádky jsou příkladem uvedení principu kalibrace na nevhodném místě, zatímco ve sloupci principu je uvedena málo vypovídající formulka o



Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3

Strana: 17/18

Zpracoval:
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:
16.11.2025

porovnání s etalonem. Uvedena je prakticky u všech těchto příkladů, ale v těchto dvou případech pouhým přesunem textu do správného sloupce dostane čtenář velmi přesnou a vypovídající a správně strukturovanou informaci.

Pro úplnost je nutno podotknout, že použité POA vznikaly v různém čase a i to je důvod k jejich rozdílnosti.



9. Závěr

Rozbor stavu a návrh jednotné formy informací uváděných na POA v uvedených oborech je nutným východiskem pro sjednocování obsahu POA kalibračních laboratoří. Ke sjednocování rozhodně přispěje i revize členění oborů a podoborů a přiřazených odborností OP používaných v ČIA.

Přehled používaných principů kalibrace doplněný o nejdůležitější faktory, na nichž závisí reálně dosažitelná hodnota CMC nejistoty, kterou nelze bez řádného zdůvodnění a podrobného výpočtu podkročit, usnadní formulování textů pro POA a jejich jednotnost. A samozřejmě také usnadní pochopení POA jejich čtenáři a uživateli.

I nadále platí, že řešení tohoto úkolu podpoří žadatele při vyplňování žádosti o akreditaci a poslouží jako vodítko pro vedoucí a odborné posuzovatele. Výsledky řešení budou využity samozřejmě i pro školení odborných posuzovatelů ČIA, která probíhají pravidelně, aby přístupy posuzovatelů byly jednotné.

Pro seznámení odborné veřejnosti s výsledky řešení úkolu bude připraven odborný seminář a shrnutí úkolu bude nabídnuto ve formě článku pro časopis Metrologie.