



České kalibrační sdružení

Slovinská 47, 612 00 Brno

www: cks-brno.cz

Člen sdružení EUROCAL



Návod ČKS

ČKS N-1

kalibrační a měřicí schopností kalibrace

CMC

v oblasti elektrických veličin

úkol plánu rozvoje metrologie VII/10/14

Odpovědný řešitel za ČKS: doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

zpracoval : doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

V Brně 30.8.2014



Návody ČKS se týkají technických otázek vzniklých v souvislosti s praktickou činností (akreditovaných) kalibračních laboratoří. Jsou popsány jako poradenské návody, který mohou sloužit jako model pro (akreditované) kalibrační laboratoře, kterými se stanoví jejich vnitřní postupy a předpisy. Návody ČKS mohou být součástí příruček managementu jakosti kalibračních laboratoří. Díky použití návodů lze dosáhnout v laboratorní praxi sjednocení stavu techniky příslušných oblastí. To má za cíl standardizovat procesy a efektivnější práci v kalibračních laboratořích.

Návody ČKS by neměly bránit rozvoji kalibračních postupů a procesů. Odchytky od obecných pokynů a nové přístupy jsou možné, pokud je to odůvodněno technickými aspekty

1 Úvod

Měřicí schopnost kalibrace se označují CMC a definují obsah a rozsah technické činnosti kalibrační laboratoře.

Je to zásadní dokument, který definuje funkce měření, rozsah a hranice kalibračních činností, pro které má organizace schopnost zajistit činnost s definovanou a dokladovanou návazností. Je proto důležité, aby měřicí schopnost kalibrace byla prezentována způsobem, který je vědecky smysluplný a poskytuje jednoznačné informace způsobem, který je snadno srozumitelný pro cílové uživatele.

Tato publikace poskytuje **návod na formát, úpravu a prezentaci dokumentu popisujícího měřicí schopnost kalibrace kalibrační laboratoře.**

Je zaměřena především jako pomůcka při tvorbě CMC tabulek, ale i jako pomůcka při posuzování, pro vedoucí i technické posuzovatele. Může být také užitečná i pro laboratoře při žádosti o akreditaci nebo při zkoumání systému jakosti podnikových laboratoří na podporu dokumentování návaznosti měření. Používání těchto pokynů bude pomáhat při tvorbě tabulek měřicích schopností kalibrace konzistentním a věrohodným způsobem a bude minimalizovat riziko nedostatečné nebo nesprávné dokumentace i možnosti uvádět zákazníky a čtenáře v omyl.

2 Definice měřicí schopnosti kalibrace- CMC

V souvislosti s ujednáním MRA výboru CIPM a ujednáním organizace ILAC a v souvislosti se společným prohlášením výboru CIPM a organizace ILAC byla dohodnuta tato společná definice:

CMC je měřicí a kalibrační schopnost, která je zákazníkům k dispozici za normálních podmínek:

*a) v souladu s popisem rozsahu akreditace dané laboratoře udělené signatářem dohody ILAC
nebo*

b) v souladu s informacemi uveřejněnými v databázi klíčových porovnání BIPM (KCDB) vedené CIPM MRA.

Měření nebo kalibrace se mají:



- provádět v souladu s dokumentovaným postupem a mají mít stanovenou hodnotu nejistoty dle systému managementu příslušného národního metrologického institutu nebo akreditované laboratoře,
- provádět pravidelně (tedy i na požádání nebo pro zjednodušení plánovaně na určitá období v roce) a být dostupné pro všechny zákazníky.

Podle ILAC-P14:01/2013

Bod 6.5 Jak vyplývá z definice CMC, akreditované kalibrační laboratoře nesmí udávat menší hodnotu nejistoty měření, než je nejistota CMC, s níž je laboratoř akreditována.

Poznámka:

Definice CMC vyžaduje dostupnost CMC kdykoliv, tedy i těsně před plánovanou periodickou rekalicací referenčních etalonů. Ze základního postulátu růstu nejistoty v predikci po poslední rekalicaci plyne, že po většinu doby laboratoř měří s vyšší úrovní pravděpodobnosti [19].

3 Důležité pojmy

3.1 Termíny a definice:

Kalibrační a měřicí schopnost,

Koncept kalibrační a měřicí schopnosti (CMC), je podrobně popsán v dokumentu o kalibračních a měřicích schopnostech, který vydala společná pracovní skupina BIPM / ILAC dne 7. září 2007. Tento dokument je obsažený v dokumentu ILAC-P14:01/2013 Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci, Překlad ČIA - duben 2013 lit. [1] v příloze a tato politika tvoří základ pro harmonizovaný přístup k CMC pro všechny akreditované laboratoře po celém světě. Metody stanovení nejistoty měření obecně popsané v tomto dokumentu mají používat akreditované laboratoře při vytváření své CMC.

Požadavky ILAC jsou začleněny do tohoto MP1/2014.

Pojem ***Kalibrační a měřicí schopnost*** je v tomto dokumentu používán ve shodě s překladem ČIA v dokumentu ILAC-P14:01/2013, příloha A.

Pro účely tohoto dokumentu jsou použity příslušné termíny a definice uvedené v "Mezinárodním metrologickém slovníku - Základní a všeobecné pojmy a přidružené podmínky" (VIM3), lit. [3] a dále platí následující poznámky:

a) měřicí schopnost kalibrace

" měřicí schopnost kalibrace " je pojem zavedený v souladu s v ČR používanými tabulkami pro vyjádření kalibračních a měřicích schopností podle definice v dokumentech ILAC-P14:01/2013 a v souladu s EA – 4/02 M:2013. Dále v textu je používán jen zkrácený termín "měřicí schopnost kalibrace " a pro zkrácení textu jen CMC.

Vztahuje na měření (netýká se přístrojové nejistoty ve smyslu norem IEC).

Výpočet nejistoty musí ukázat, jak byla schopnost kalibrace a možnost měření (CMC) odvozena pro rozsah deklarované CMC.

b) Významné složky,



"významný" dále znamená příspěvek, jehož vlivem se zvyšuje CMC o pět procent (5%) nebo více.

c) Standardní složky ,

"standardní příspěvek" se vztahuje na položky popsané v následujícím textu.

3.2 Stanovení nejistoty

Kalibrační laboratoře musí doložit, že jsou schopny poskytnout zákazníkům kalibraci tak, aby se nejistoty měření rovnaly nejistotám deklarovaným v tabulkách CMC.

Každá měřicí schopnost kalibrace musí vzít v úvahu následující **standardní složky**, a to i v případech, kdy jsou definovány jako nevýznamné. V dokumentaci musí být zahrnuto:

a) **Opakovatelnost (typ A).**

b) **Rozlišení.**

c) **Reprodukovatelnost.**

d) **Nejistota vlivem referenčního etalonu.**

e) **Stabilita referenčního etalonu.**

f) **Faktory vlivu prostředí.**

g) **Nejistota vlivem nejlepšího existujícího zařízení**

Poznámky:

ad a) Opakovatelnost (typ A).

U přístrojů s malým rozlišením se většinou neprojeví, nové 6,5 dig. DMM umožňují kontrolovat normalitu rozložení a v moderních elektronických přístrojích s velkým rozlišením je možné u velmi přesných měření kombinací analogových a digitálních filtrů omezit šířku pásma a tím i potlačit složku vlivem bílého šumu typu normálního rozložení a dostat se až pod složku typu šumu $1/f$ do oblasti popcorn noise a typu šumu typu náhodné procházky. To je nutné respektovat při hodnocení opakovatelnosti.

ad b) Rozlišení.

S touto složkou v praxi není problém, je známá a pouze většinou laboratoře nadhodnocují nejistotu u 3,5 dig přístrojů, kde je tato složka často dominantní, používáním $k=2$.

ad c) Reprodukovatelnost.

Důležité hlavně u koaxiálních připojení.

ad d) Nejistota vlivem referenčního etalonu.

Příspěvky k nejistotě uvedené na kalibračním listě zahrnují vlastnosti zkoušeného zařízení zjištěné během kalibrace v národním metrologickém institutu nebo akreditované laboratoři. Při stanovení CMC musí být jednoznačně definováno, z jakých nejistot referenční laboratoře, na kterou se navazuje, je stanoveno CMC. Je určena vlastnostmi navázání a nejsou s ní při výpočtu problémy.

ad e) Stabilita referenčního etalonu.

V převážné většině případů rozhodující a dominantní složka nejistoty. Protože CMC musí platit kdykoliv do následující pravidelné recalibrace referenčního etalonu je nutné vždy respektovat základní postulát růstu nejistoty. Chyba přístroje může růst s časem, nebo může zůstat konstantní, v některých případech se může dokonce snižovat. Nejistota, příslušející k této chybě však vždy roste s časem od doby poslední kalibrace. To je základní postulát růstu nejistoty v teorii měření. Obvykle se řeší využitím specifikace u multifunkčních a



multirozsahových přístrojů. Protože tato složka v průběhu času od poslední kalibrace stále roste, je v době kalibrace nejistota měření, vypočtená pro CMC stanovena s pravděpodobností větší než 95%, která ale stále klesá a blíží se k 95% na konci rekalisační doby.

ad f) Faktory vlivu prostředí a zapojení měření

Moderní přístroje mají podstatně omezený vliv klasických složek prostředí, jako je teplota vlhkost, ale stále více se mohou uplatnit vlivy EMC a někdy i ESD. Je ze i reálná možnost, že některá složka bude podceněna nebo zapomenuta. Zde má důležitý význam validace

ad g) Nejistota vlivem nejlepšího existujícího zařízení

Stanovení nejistoty při určení požaduje zapracování dohodnutých hodnot pro nejlepší stávající měřicí zařízení. Při vyjádření CMC proto musí laboratoře vzít v úvahu vlastnosti „nejlepšího existujícího zařízení“, které je pro danou kategorii kalibrací k dispozici

. Pojem „**nejlepší existující zařízení**“ je chápán jako zařízení určené ke kalibraci, které je komerčně nebo jinak dostupné zákazníkům, a to i v případě, že má zvláštní vlastnosti (stabilitu) nebo má dlouhou kalibrační historii.

Příspěvek k nejistotě zahrnutý do CMC vyplývající z fyzikálních vlivů, které je možno přisoudit nejlepším existujícím kalibrovaným nebo měřeným zařízením, by pokud možno neměl být významný. Lze připustit, aby pro některé kalibrace „nejlepší existující zařízení“ neexistovalo, nebo aby nejistotu při stanovení CMC významně neovlivňoval příspěvek k nejistotě připisovaný nejlepšímu existujícímu zařízení. Pokud je takový příspěvek k nejistotě možné oddělit od ostatních příspěvků, pak je možné příspěvek zařízení ze stanovení CMC vyloučit. V takovém případě však má rozsah akreditace jasně uvádět, že příspěvky zařízení k nejistotě nejsou do CMC zahrnuty. Obvykle není v oblasti elektronických měření problém, vlivem stálé platnosti Moorova zákona a jeho aplikace do praxe rychle se zvyšující integrací, stále velmi rychle postupuje zavádění korekcí a inteligence do přístrojů a ve většině případů není v oblasti elektroniky nejlepší existující zařízení omezujícím činitelem

V současné době v oblasti elektrických veličin etalon typu jednohodnotové míry obsahuje desítky až stovky součástí a etalon typu multifunkčního multirozsahového přístroje ale obsahuje cca od 1000 do 10 000 000 000 součástí. Převážná většina kalibrací se provádí pro etalony typu multifunkčního multirozsahového přístroje. Proto stále více roste důležitost specifikace a jejího plnění. V oblasti elektroniky se používá specifikace pro dobu 1 den, 90 dnů a základní je pro 1 rok. Jen ve velmi dobře zdokumentovaných případech se užívá i specifikace 2 roky. Elektronika je charakteristická tím, že se po kalibraci velmi rychle zvýší hranice specifikace (například na 30% až 50% z roční specifikace už za 1 den) a potom roste podstatně pomaleji. Specifikace je obvykle dominantní složka výpočtu CMC

Pokud jednoduše kombinujeme všechny komponenty na základě rovnoměrného rozložení, to mohlo by to vést k nadhodnocení nejistoty měření.

Doporučuje se před a po externím navázání udělat a vyhodnotit test stability etalonu, který byl odeslán na externí kalibraci (takzvané testy- before-after).

Doporučuje se provádět interní kalibrace vlastních pracovních etalonů přednostně v době do 3 měsíců od externího navázání referenčních etalonů.

Doporučuje se, aby ve všech případech, kde je to možné, byl pro kalibraci zachován princip TUR nejméně 4:1.

Posouzení shody se specifikací nevyžaduje názory a interpretace, které by měly být zahrnuty do přílohy osvědčení o akreditaci. To je proto, že posuzování shody je založeno na



České kalibrační
sdružení Slovinská 47,
61200 Brno

Návod ČKS N-1
Stanovení kalibračních a měřicích schopností
CMC
v oblasti elektrických veličin

Počet listů 30
List číslo 6

deklarovaných a objektivních kritériích. Jsou uvedeny v ILAC-G08:2009, *Pokyny k uvádění shody se specifikací* a jsou to obvykle ty, které jsou uvedeny i v příloze M3003 UKAS, lit. [13].

Příspěvky k nejistotě uvedené v kalibračním listě způsobené zařízením zákazníka před nebo po jeho kalibraci v příslušné laboratoři, které zahrnují nejistoty z přepravy, mají být při stanovení nejistoty vyloučeny.

Poznámka řešitele pro informaci :

Někdy je specifikace pro nejlepší existující kalibrované zařízení technický problém. Například specifikace proudových kleští a klešťových DMM je definována pro nekonečný, tenký vodič, procházející středem otvoru kleští. Kalibrace proudových kleští a klešťových DMM se ale obvykle provádí s pomocí proudových cívek, zařazených na výstup kalibrátoru. Proudová cívka jednak ovlivňuje výstup kalibrátoru, jednak má vliv i na připojené kleště. Tento vliv je ale rozdílný pro kleště typu proudového transformátoru, pro kleště s Halloovou sondou a pro kleště s přesnějšími převodníky, jako jsou například převodníky typu CT. Proto by mělo být pro jednu cívku udáno několik CMC, v závislosti na principu měřených kleští. (To se ale dosud nedělá, protože nejsou k dispozici technické prostředky pro validaci vlastností cívek v závislosti na typu kleští).

Výsledek měření musí obvykle zahrnovat měřenou veličinu y a příslušnou rozšířenou nejistotu U . V kalibračních listech se výsledek měření má uvádět ve tvaru:

$$y \pm U$$

s přiřazenými měřicími jednotkami pro y a U .

U asymetrických nejistot může být potřebné jiné vyjádření než $y \pm U$. To platí i pro případy, kdy je měřicí schopnost kalibrace určena na základě simulací Monte Carlo nebo pomocí logaritmických jednotek.

V konečném vyjádření musí být numerická hodnota výsledku měření zaokrouhlena na nejmenší platnou číslici hodnoty rozšířené nejistoty přiřazené danému výsledku měření.

Při zaokrouhlování se musí použít obvyklá pravidla pro zaokrouhlování za podmínky dodržení pokynů pro zaokrouhlování, tj. v článku 7 GUM, lit. [5].

Náhodné příspěvky, které laboratoři nejsou známy, jako např. nejistota způsobená přepravou, mají být z udané nejistoty vyloučeny.

CMC je stanoveno pro pravděpodobnost pokrytí přibližně 95 %. Proto musí odpovídat i zápisu v kalibračních listech/certifikátech kde se obvykle uvádí:

„Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu k , který odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %.“

toto vyjádření odpovídá tvaru, uvedenému v ILAC-P14:01/2013, bod 6.2.

3.3 Deklarování CMC s rezervou

Někdy se může stát, že laboratoř může chtít deklarovat nebo být akreditována pro CMC, která je větší, než může skutečně dosáhnout. Jsou-li dodržovány zásady podle EA-4/02 při konstrukci rozpočtu nejistoty, z toho vyplývající rozšířená měřicí schopnost kalibrace by měla

být realistické znázornění schopností měření laboratoře. Pokud je vypočtena menší měřicí schopnost kalibrace, než pro kterou si laboratoř přeje být akreditována, pak pro tento případ by měly být příspěvky do rozpočtu nejistoty přezkoumány a pozornost věnována tomu, aby byly podle potřeby upraveny a vyjádření složek nejistoty bylo více konzervativní, aby se výpočet více blížil navržené CMC.

3.4 Počet číslic

CMC by měly vždy odrážet praktické schopnosti měření. Vzhledem k procesu odhadování nejistot je jen extrémně velmi zřídka odůvodněno uvést více než dvě platné číslice (například jen velmi speciální interní potřeby pro porovnání a sledování driftu).

Použití méně než dvou významných číslic může zavést nepřijatelně velké chyby zaokrouhlení.

CMC uváděné na jednu platnou číslici je využitelné u nově zaváděných oborů měření a u nových laboratořích, kde není známa dostatečná historie .

CMC by proto mělo být obvykle uvedeno na dvě platné číslice, za použití běžných pravidel zaokrouhlování, pokud neexistují velmi oprávněné technické důvody pro to udávat je jinak.

Příklady:

správně	Nesprávně
2,0 μV	2 μV
0,098 pF	0,1 pF
4,7 Ω	5 Ω
7,2 nA	7,17 nA

3.5 Relativní nebo absolutní vyjádření

Pokud k tomu nejsou závažné důvody, má přednost relativní vyjádření, protože

- je pro zákazníka více informativní,
- nepotřebuje přepočítávání, jako u absolutního vyjádření.

Pro relativní vyjádření používáme v ČR tvar $10^{-n} \cdot X$, kde X je měřená veličina.

Přednostně se užívají %, tamkde je to vhodné, pro snadnou srozumitelnost i pro neškoleného zákazníka a doporučeno je i vyjádření ve tvaru $10^{-6} \cdot X$.

3.6 Desetinné znaménko

Z hlediska platných norem je možné používat desetinnou tečku i desetinnou čárku, ale pro sjednocení se v ČR preferuje vžití použití desetinné čárky.

4 Identifikace laboratoře

4.1 První stránka

Stanovení měřicích schopností pro stálé laboratoře obvykle obsahuje následující údaje:

a) Název organizace

(u AKL tak, jak je uvedeno v příslušném dokumentu jakosti nebo osvědčení o akreditaci).



České kalibrační
sdružení Slovinská 47,
61200 Brno

Návod ČKS N-1
Stanovení kalibračních a měřicích schopností
CMC
v oblasti elektrických veličin

Počet listů 30

List číslo 8

b) Kontaktní údaje, včetně jmen, telefonních a faxových čísel, e-mailovou adresu a detaily webových stránek. Tyto informace jsou určeny na pomoc zákazníkům laboratoře.

c) Prohlášení o tom, že organizace pracuje (je akreditována) podle ISO/IEC 17025:2005 a kalibrace se provádí pouze na uvedené adrese.

Příklad záhlaví

Stanovení měřicích schopností CMC kalibrační laboratoře

název subjektu (právnícké nebo fyzické osoby)

název kalibrační laboratoře

adresa kalibrační laboratoře

Pracoviště kalibrační laboratoře:

- | | |
|----------------------------|-------------------|
| 1. název pracoviště | adresa pracoviště |
| 2. název pracoviště | adresa pracoviště |
| 3. název pracoviště | adresa pracoviště |

4.2 Pro laboratoř s více pracovišti

Musí být jasně identifikováno, ke kterému pracovišti se deklarované CMC vztahují.

5 Prostředí pro měření elektrických veličin

5.1 Pro práci ve stálých laboratorních prostorách pro elektro měření

Pro běžné kalibrace s nízkou přesností a se střední přesností se za vyhovující prostředí považuje:

teplota $(23\pm 2)^\circ\text{C}$

vlhkost neregulovaná, neměřená u KL s nízkou přesností a měřená u KL se střední přesností

Poznámka: teplota $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ je zvolena ve shodě s doporučením NIST, NCSL a ISA.

Pro běžné kalibrace s vysokou přesností se za vyhovující prostředí považuje:

teplota $(23\pm 2)^\circ\text{C}$

teplota zajištěná možnost měření teploty kalibrovaného etalonu:

vlhkost $(50\pm 20)\% \text{ RV}$



poznámka:

Pro relativní vlhkost se podle normy ČSN ISO 4677-1 používá zkratka RV, přípustné je i použití zkratky RH.

5.2 Pro práci mimo stálé laboratorní prostory

Pro elektro měření pro běžné kalibrace se střední přesnosti se za vyhovující prostředí považuje

teplota $(23 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$

vlhkost měřená

Použití teplotu $(23 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ umožňují moderní elektronické přístroje, které ji mají uvedenu jako referenční teplotu

5.3 Tabulky pro CMC

CMC se uvádí vždy formou tabulky

6 Tabulky uvádějící CMC

CMC se uvádí formou tabulky

Příklad :

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$

Pořadové číslo ¹⁾	Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace kalibračního postupu
1	2	3	4	5

Jednotlivé sloupce mají následující význam:

Sloupec 1 je předepsán u akreditované laboratoři. Pokud laboratoř kalibruje měřidla více veličin, je základem dělení podle veličin. Účelem použití číslovaných položek je zajistit přehlednost specifikace a zjednodušit odvolávání na tabulku v různých souvislostech (např. Při plánování posuzování a pod.).

Sloupec 2

Do sloupce 2 se uvádějí veličiny nebo druhy měřidel které mají společné charakteristické znaky, nejméně ty, na které se vážou údaje ostatních sloupců a pro které musí být specifikace dostatečně podrobná, pokrývající nomenklaturu typů měřidel, na kalibraci kterých je laboratoř způsobilá (akreditovaná). Důležité je vybrat způsob zabezpečující transparentnost informací o měřicích přístrojích, které je laboratoř způsobilá kalibrovat. V tomto sloupci je uveden rozsah hodnot měřené veličiny, ve kterém je laboratoř způsobilá kalibrovat měřidla s nejistotami a metodami uvedenými v dalších sloupcích. Pokud se při specifikaci vychází z hodnot měřicích rozsahů etalonů nebo kalibrovaných měřidel, je třeba respektovat definici měřicího rozsahu měřidla podle ČSN 01 0115, zejména nezaměňovat měřicí rozsah s rozsahem stupnice/indikace. Důležité je vybrat správně způsob, zabezpečující transparentnost v informacích o měřicích přístrojích, které je laboratoř způsobilých kalibrovat.



Sloupec 3

Slouží k upřesnění frekvence, pro kterou platí uváděné údaje měřící schopnosti kalibrace.

Sloupec 4:

V tomto sloupci se uvádí měřící schopnost kalibrace kterou laboratoř dosahuje při běžných podmínkách. Je udaná pro úroveň pravděpodobnosti 95%.

Pod běžnými podmínkami se rozumí:

- kalibrace měřidel uvedených ve sloupci 2 tabulky,
- použití etalonů a zařízení uvedených v řízené dokumentaci laboratoře,
- použití zavedených metod a dokumentovaných postupů podle sloupce 5 tabulky,
- uskutečnění kalibrací v pracovním prostředí specifikovaném v řízené dokumentaci laboratoře,
- realizace práce (příprava, vlastní měření, vyhodnocení) určenými odbornými pracovníky za podmínek předepsaných metodami kalibrace nebo jinými předpisy.

Uváděná hodnota nejistoty pro měřící schopnost kalibrace odpovídá CMC (calibration and measurement capability - kalibrační a měřící schopnost). Doporučuje se formou poznámky ve sloupci 5 uvést, pokud jsou podstatné, okolnosti s velkým vlivem na uvedené měřící schopnosti kalibrace. Nejčastěji jde o typ a kvalitu připojení kalibrovaných měřidel u vf měření, nebo hodnoty ovlivňujících veličin v případě velkého vlivu na dosažitelné hodnoty měřící schopnosti kalibrace udávané v tabulce. K uvedeným měřícím schopnostem kalibrace musí laboratoř doložit zdokumentované příslušné podkladové materiály, jako např. metodiku výpočtu nejistot, odhady, zdůvodnění, atd..

Ve sloupci 4 tabulky se nesmí uvádět měřící schopnost kalibrace, jakou může laboratoř dosáhnout jen za speciálních podmínek a okolností, jaké jsou například brzo po navázání referenčního etalonu, pro zvýšené nároky na čas pracovníků, speciální prostředí a pod., které se v běžné praxi nevyskytují. Měřící schopnost kalibrace se uvádějí přednostně, zaokrouhlené na dvě platné číslice.

Sloupec 5:

V tomto sloupci je uveden druh nebo princip zavedené metody s identifikací kalibračního postupu zavedeného v laboratoři. V případě, že dokumentace obsahuje alternativní možnosti, musí být jasné, kterou z nich má laboratoř zavedenou a je způsobilé ji provozovat pro udanou měřící schopnost kalibrace. Vazba metody na měřidla je pevná, volitelnost se vylučuje.

Poznámka: z jiných důvodů než jsou technické, (např. kapacitních, firemních zájmů a pod.) laboratoř nesmí žádného zákazníka diskriminovat.

6.1 Uvádění prostředí do tabulek CMC

Uvádění ve shodě se zvyklostmi ČIA, (vzory pro CMC tabulky, viz 11_01-P508_K, Příloha č. 3)

Pro laboratoř, která pracuje jen ve stálých prostorách

Příklad :

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřící schopnost kalibrace	Identifikace kalibračního postupu
------------------------------------	-----------	----------------------------	--------------------------------------



Pro laboratoř, která pracuje ve stálých i mimo stálé prostory

Nominální teplota pro kalibraci ve stálých prostorách: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Příklad :

Nominální teplota pro kalibraci mimo stálé prostory: $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace kalibračního postupu
------------------------------------	-----------	----------------------------	--------------------------------------

Pokud jsou podmínky pro některá měření přísnější, uvedou se do poznámky ve sloupci identifikace kalibračního postupu

6.2 Vzor pro akreditované kalibrace

Příklad :

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Pořadové číslo ¹⁾	Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace kalibračního postupu
1.				
2.				
3.*				

¹⁾ v případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

6.3 Vzor pro neakreditované kalibrace

Příklad 1-

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$


Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace kalibračního postupu

¹⁾ v případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u identifikace kalibračního postupu označeny hvězdičkou

Příklad-2

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	CMC ²⁾	Identifikace kalibračního postupu

	České kalibrační sdržení Slovinská 47, 61200 Brno	Návod ČKS N-1 Stanovení kalibračních a měřicích schopností CMC v oblasti elektrických veličin	Počet listů 30 List číslo 12
---	---	--	---------------------------------

¹⁾ v případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u identifikace kalibračního postupu označeny hvězdičkou

²⁾ CMC je vyjádřena jako rozšířená nejistota podle požadavků ILAC-P14:01/2013

6.4 Vzor pro neakreditované kalibrace dvojjazyčný

Příklad :

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření <i>Measured quantity, range</i>	Frekvence <i>frequency</i>	Měřicí schopnost kalibrace CMC	Identifikace kalibračního postupu <i>remarks</i>

7 Pokyny pro vyplňování tabulek CMC

7.1 Obecně

Druh a standardní velikost písma:

- doporučeno je použití Times New Roman 12b (v případě potřeby může být i menší), zarovnání v buňkách tabulky:


- doleva (CTRL+L) vyjma pořadového čísla (zarovnání na střed),
- dbát, aby celý řádek vždy končil na jedné stránce!,
- neobsazené položky tabulky **se nesmí používat**

u citovaných doplňkových norem, např. ČSN EN ISO XXX-4, používáme **vždy** spojovník, neoddělujeme mezerami.

7.2 Identifikace kalibračního postupu

Pro neregulovanou sféru elektro je charakteristická absence norem, týkajících se kalibrací. Pro danou kalibraci lze provést označení uvedením značení interní metody s označením, že se jedná o interní metodu (v případě, že by se jednalo o interní metodu založenou na dokumentu normativního charakteru, je třeba uvést i odkaz na tento normativní dokument), odkazem na příslušnou normu (pokud existuje, příp. specifikaci příslušné části normy), nebo jiný dokumentovaný postup (včetně přesné specifikace, v které části příslušného dokumentu je metoda popsána).

Kalibrace prováděné i mimo nebo jen mimo stálé prostory laboratoře je nutno označit. Zavedeno je označení hvězdičkou u pořadového čísla (ve shodě se zvyklostmi zavedenými ČIA).

	České kalibrační sdrůžení Slovinská 47, 61200 Brno	Návod ČKS N-1 Stanovení kalibračních a měřících schopností CMC v oblasti elektrických veličin	Počet listů 30
			List číslo 13

Příklad :

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace kalibračního postupu
DC R měření			KP XXX
10 k Ω		$10^{-6} \cdot R$	V olejové lázni při $(23,00 \pm 0,02) ^\circ\text{C}$

Příklad :

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace kalibračního postupu
L měření			KP YYY
10 mH	1 kHz	0,005%	Vlhkost stabilizována uložení 3 dny při RV(50 \pm 2) %

7.3 Vzor pro neakreditované kalibrace s použitím bodové matice

Příklad :

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace kalibračního postupu																																										
AC I střídavý proud			KP xxx																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>10 Hz</th> <th>20 Hz / 30 Hz</th> <th>40 Hz / 55 Hz / 300 Hz / 1 kHz</th> <th>5 kHz</th> <th>10 kHz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100 μA</td> <td>100</td> <td>90</td> <td>70</td> <td>70</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>1 mA</td> <td>100</td> <td>90</td> <td>70</td> <td>70</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>10 mA</td> <td>90</td> <td>75</td> <td>65</td> <td>70</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>100 mA</td> <td>80</td> <td>65</td> <td>65</td> <td>70</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>1 A</td> <td>120</td> <td>100</td> <td>90</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>10 A</td> <td>180</td> <td>160</td> <td>110</td> <td>140</td> <td>160</td> </tr> </tbody> </table>				10 Hz	20 Hz / 30 Hz	40 Hz / 55 Hz / 300 Hz / 1 kHz	5 kHz	10 kHz	100 μA	100	90	70	70	80	1 mA	100	90	70	70	80	10 mA	90	75	65	70	70	100 mA	80	65	65	70	80	1 A	120	100	90	100	120	10 A	180	160	110	140	160	
	10 Hz	20 Hz / 30 Hz	40 Hz / 55 Hz / 300 Hz / 1 kHz	5 kHz	10 kHz																																								
100 μA	100	90	70	70	80																																								
1 mA	100	90	70	70	80																																								
10 mA	90	75	65	70	70																																								
100 mA	80	65	65	70	80																																								
1 A	120	100	90	100	120																																								
10 A	180	160	110	140	160																																								
měřicí schopnost kalibrace je uvedena v $10^{-6} \cdot I$																																													

7.4 Vyjádření CMC

Na konci každé tabulky je uvedeno:

Měřicí schopnost kalibrace a měření (CMC) je vyjádřena jako rozšířená nejistota při pravděpodobnosti pokrytí 95 %

Do poznámek pod tabulkou se uvedou všechny upřesňující informace.

Upozornění:

V praxi se používala i jiná vyjádření, viz příklady, ale odkaz na jen $k=2$ je technicky nesprávný, závazné je 95%

Podrobněji viz kap. 3.



Příklad :

SPRÁVNĚ
<i>Schopnosti kalibrace a měření (CMC) je vyjádřena jako rozšířená nejistota při pravděpodobnosti pokrytí 95 %</i>
Vyhovující, ale zbytečně dlouhé je Schopnosti kalibrace a měření (CMC) je vyjádřena jako rozšířená nejistota při pravděpodobnosti pokrytí 95 %, což obvykle vyžaduje použití koeficientu rozšíření $k = 2$.
Nepřesné, - prioritní je u AKL odkaz na ILAC Schopnosti kalibrace a měření (CMC) je vyjádřena jako rozšířená nejistota vyjádřená obdobně jako nejistota v souladu s požadavky dokumentu EA-4/02 při pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %.
NESPRÁVNĚ
Schopnosti kalibrace a měření (CMC) je vyjádřena jako rozšířená nejistota ($k = 2$) vyjádřená obdobně jako nejistota v souladu s požadavky dokumentu EA 4/02 při $k = 2$.

8 Popis CMC

8.1 Jednotná úprava

Kalibrační a měřicí schopnosti se zapisují do tabulky s jednotnou úpravou.

Není přípustné, aby různá pracoviště jedné organizace v rámci společné tabulky CMC volila různé přístupy a způsoby zápisu.

8.2 CMC může být popsána pomocí následujících různých metod

a) Jako **jediná hodnota, která je v platnosti v celém rozsahu**

Příklad :

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace kalibračního postupu
DC U 400V až 1000V		0,001%	KP DC U

b) Jako **explicitní funkce měřené veličiny nebo parametru**

Příklad:

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace kalibračního postupu
Vf zeslabení A A=(0 až 65) dB	10 MHz až 18 GHz	(0,020+0,006A) dB	KP ZESL



c) Jako rozsah hodnot

V takových případech musí mít laboratoř postupy pro určení nejistoty v daném bodě rozsahu. Kromě toho rozsah by měl být dostatečně omezený, aby zákazník mohl mít rozumný odhad pravděpodobné hodnoty nejistoty na každém místě rozsahu. V případě, že kontinuální řada byla rozdělena do dílčích rozsahů pro tento účel, by měla CMC odpovídat hodnotám i na okrajových bodech rozsahu.

Příklad :

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace kalibračního postupu
AC POWER FACTOR			
0,5 - 0,9	50 Hz	0,0075	Maximální napětí 500 V Maximální proud 25 A

d) Jako **matice nebo tabulka**, kde CMC závisí na hodnotě měřené veličiny a dalšího parametru

Příklad :

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

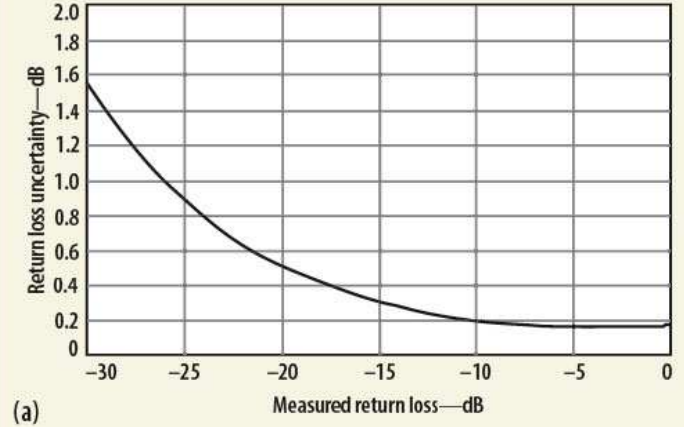
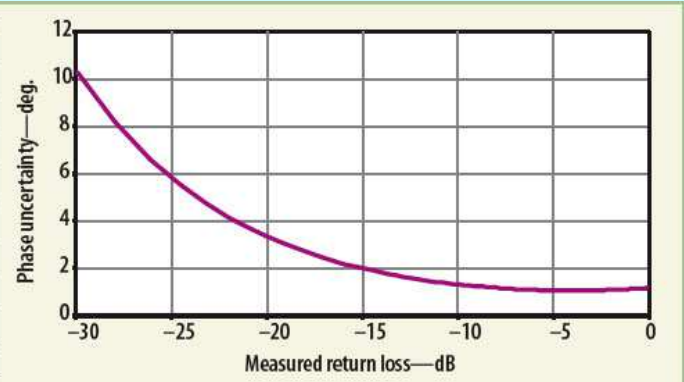
Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence		Měřicí schopnost kalibrace			Identifikace kalibračního postupu
AC U střídavé napětí						
	10 Hz až 100 Hz	100 Hz až 30 kHz	30 kHz až 200 kHz	200 kHz až 500 kHz	500 kHz až 1 MHz	KP AC U
1 mV až 3,3 mV	0,15	0,13	0,19	0,35	0,70	
3,3 mV až 10 mV	0,048	0,030	0,069	0,20	0,47	
10 mV až 33 mV	0,038	0,023	0,050	0,15	0,36	
33 mV až 100 mV	0,029	0,014	0,027	0,080	0,21	
měřicí schopnost kalibrace je uvedena v $10^{-3} \cdot U$						

Poznámka: u matice musí být uvedeno, v jakých jednotkách jsou čísla v tabulce

e) V **grafické podobě** je dostačující rozlišení které na každou osu udává alespoň dvě platné číslice pro CMC

Příklad :

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace kalibračního postupu
<p>Return loss amplituda</p>  <p>(a)</p>			KP xxx
<p>Return loss fáze</p> 			

Poznámka: grafické vyjádření se použije spíše výjimečně, hlavně když je graf přehlednější než jiné způsoby vyjádření.

V případech, kde jsou vyžadovány specifické podmínky, aby bylo možné získat CMC, tyto podmínky by měly být popsány v příloze osvědčení, obvykle ve sloupci identifikace kalibračního postupu.

Příklad

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace kalibračního postupu
RF útlum			XXX
0 dB až 40 dB	0,3 MHz až 3 GHz	0,047dB	Pro koaxiální vedení vybavené 7 mm GPC 7 nebo typ N konektory 50 Ω a výstupní VRC nejvýše 0,2
40dB do 62 dB	0,3 MHz až 3 GHz	0,092dB	
62dB do 80 dB	0,3 MHz až 3 GHz	0,90 dB	

8.2.1 Otevřený interval

Otevřené intervaly, (např. " $> x$ ") nejsou ve vyjádření CMC povoleny

8.3 Rozsahy

CMC je vyjádřené často jako pro rozsahy. Řada akreditačních orgánů z obavy z nařčení z nejednoznačnosti volívala při vyjádření rozsahů použití doplňkových symbolů, jako je $<$, $>$, nebo $i \geq$, čímž se tabulky stávají méně přehledné. ILAC P-14:2013, ale takové symboly nepožaduje. Použití tabulky podle vzoru níže je jediné správné. Námitka, že pro koncové body rozsahů jsou uvedeny dvě nejistoty je čistě formální a nemá technický smysl. Naopak, toto vyjádření ukazuje správně nejistoty v závislosti na zvoleném rozsahu měření.

Příklad pro DC V

Rozsahy pro 4,5dig DMM	
<i>nesprávné</i>	Správné a doporučené
<i>0 až 199,99 mV</i>	0 mV až 200 mV
<i>0 až 1,9999 V</i>	200 mV až 2 V
<i>0 až 19,999 V</i>	2 V až 20 V
<i>0 až 199,99 V</i>	20 V až 200 V
<i>0 až 1000,0 V</i>	200 V až 1000 V
<i>nesprávné</i>	<i>nesprávné</i>
<i>0 mV až 200 mV</i>	<i>0 mV až 200 mV</i>
<i>> 200 mV až 2 V</i>	<i>201 mV až 2 V</i>
<i>> 2 V až 20 V</i>	<i>2,01V až 20 V</i>
<i>> 20 V až 200 V</i>	<i>20,1 V až 200 V</i>
<i>> 200 V až 1000 V</i>	<i>201 V to 1000 V</i>

8.4 Nejlepší existující zařízení

Viz podrobněji kap.3.2.

8.5 Pokyny

CMC musí být vždy uvedeno číselně, nikoli výlučně odkazem na normu nebo jiný dokument, který popisuje měření.

Relativní vyjádření nejsou přípustná, pokud do rozsahu měřených hodnot patří nula, nebo se blíží k nule.

Za těchto podmínek, musí být přítomna také absolutní složka, a to buď samostatně, nebo ve spojení s relativní složkou nejistoty.



České kalibrační
sdružení Slovinská 47,
61200 Brno

Návod ČKS N-1
Stanovení kalibračních a měřicích schopností
CMC
v oblasti elektrických veličin

Počet listů 30
List číslo 18

Příklad

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	
DC napětí			
0 V až 1 V		25 ppm	<i>Nesprávně</i>
0 V až 1 V		$25,10^{-6} \cdot U + 5,0 \mu\text{V}$	správně

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	
DC proud			
0 mA až 20 mA		$2,5 \mu\text{A}$	správně

8.5.1 Zvláštní péče je potřebná pro veličinu měřenou v %

Zvýšená pozornost by měla být věnována případům, když samotný přístroj měří údaj, který je vyjádřen v procentech;

Příklady jsou relativní vlhkost (% RV), amplitudové modulace (% AM), nelineární zkreslení (% THD)

Například, $50 \% \text{ RV} \pm 10 \% \text{ RV}$ znamená, že jsou hranice 40 % RV a 60 % relativní vlhkosti, zatímco

$50 \% \text{ RV} \pm 10\%$ znamená, že jsou hranice 45 % RV a 55% relativní vlhkosti.

Pro tyto případy musí být prezentace CMC taková, aby nebyla možná žádná dvojznačnost ve výkladu.

Poznámka:


podle normy ČSN ISO 4677-1 se pro relativní vlhkost používá zkratka RV, přípustné je ale i všeobecně vžití použití zkratky RH

8.5.2 Matematické funkce by neměly být používány, pokud měřená veličina je jediná, konkrétní hodnota (ne rozsah hodnot). Použitý výraz pro nejistotu by měl být vyhodnocen pro uvedenou měřenou hodnotu a musí být uvedena jediná hodnota CMC.

Příklad

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	
DC odpor			
100 Ω		25 ppm + 3,0 m Ω	<i>Nesprávně</i>

	České kalibrační sdržení Slovinská 47, 61200 Brno	Návod ČKS N-1 Stanovení kalibračních a měřicích schopností CMC v oblasti elektrických veličin	Počet listů 30 List číslo 19
---	---	--	---------------------------------

Příklad :

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	
DC odpor			
100 Ω		39 mΩ	správně

Většina kalibrační činnosti je prováděna za použití zdokumentovaných interních metod, pro které byly prokázány schopnosti poskytnout uvedené CMC pomocí analýzy nejistoty. V důsledku toho není ve většině případů žádný požadavek na seznam normativních odkazů v identifikaci kalibračního postupu. Avšak tam, kde jsou použity normy, by měly být zahrnuty do poznámky v sloupci Identifikace kalibračního postupu. To je ve většině případů základní rozdíl od zkušebních laboratoří, které provádějí jejich měření na základě mezinárodně publikovaných norem a související zkušební plán bude obsahovat odkazy na tyto normy.

9 Zápis v souladu se symboly a jednotkami

9.1 Úvod

Doporučuje se, aby byly k vyjádření hodnot veličin a souvisejících CMC použity jen **jednotky SI a odvozené jednotky** uznané pro použití s SI.

Podle technické normy ISO 80000-1, článek 6.5.5, je korektní vyjádření v mocninách deseti.

I další běžně používané jednotky mohou být použity, pokud se to považuje za nezbytné pro zamýšlené použití, ale jen po velmi pečlivém zvážení.

Například termín " **ppm** " (milióntiny) je často používán výrobci zkušebních a měřicích zařízení a slouží k určení specifikace jejich produktů. Podmínky, jako je tato, mohou být použity v dokumentech CMC laboratoří akreditovaných UKASem, protože jsou srozumitelné pro uživatele těchto přístrojů a nezavádí žádnou dvojznačnost ve schopnosti, která je popsána CMC, viz lit. [9].

Podle technické normy ISO 80000-1, článek 6.5.5, je korektní vyjádření v mocninách deseti a IEC doporučil již v roce 1978, (stejně jako dříve už i mezinárodní normy ISO 31-0 Veličiny a jednotky - Část 0: Všeobecné zásady z roku 1992, které už také doporučily, aby se ppm nepoužívalo). Stejně tak není povoleno použití ppm v databázi KCDB BIPM lit. [6].

V ČR není proto použití ppm pro vyjádření CMC povoleno.

(viz ČSN EN 80000-1, bod 6.5.4.)

Jsou také jednotky, které nejsou součástí systému SI, ale jejich použití může být nezbytné pro historické účely nebo pro kalibraci přístrojů, které jsou odstupňovány v těchto jednotkách.

Jedna konkrétní jednotka, která není uvedena v systému SI je **relativní vlhkost**. Doporučuje se, aby byl použit výraz " % RV " pro měření. Jiné obvykle jednotky, které nejsou definovány v systému SI se týkají časových jednotek, jedná se zejména dny, hodiny a minuty. Níže jsou doporučovány pro použití v dokumentech akreditace :



Příklad :

Název	Symbol	Hodnota v jednotkách SI
minuta (čas)	min	1 min = 60 s
hodina	hod	1 h = 60 min = 3600 s
den	d	1 d = 24 h = 86 400 s

9.2 Typografická pravidla

Zkratkám, jako sec, cc, nebo mps je třeba se vyhnout

Měly by být použity pouze standardní znaky jednotek, předpony, symboly a názvy jednotek

Příklad :

Správně	Nesprávně
s, cm ³	sec, cc,

Správně: s nebo sekunda; cm³ nebo krychlový centimetr, m/s nebo metr za sekundu,
nesprávně: sec, cc, mps.

Symboly jednotky jsou v množném čísle v nezměněné podobě

Příklad:

Správně	Nesprávně
U = 75 V	U = 75 voltů

Jednotka symboly (nebo jména) nejsou modifikovány přidáním indexů nebo jiných informací

Následující formulář, například, je používán místo toho.

Příklad:

Správně	Nesprávně
V _{max} = 1000 V	V = 1000 V _{max}

Pokud se použije jako **symbol pro násobení tečka**,
pak je to tečka uprostřed řádku, ne na základní lince.

Příklad:

Správně	Nesprávně
3·10 ⁻⁶	3.10 ⁻⁶

Pomlčka (-), by neměla být používána k označení rozsahu hodnot,

kvůli nejednoznačnosti a možnosti záměny s negativním operátorem (znaménko mínus),

mělo by být použito slovo " až ".

Příklad :

Správně	Nesprávně
0,8 mV až 1,0 mV	0,8 mV - 1,0 mV



Jednotka musí být za každou číselnou hodnotou, přímo nebo je možné použití závorek

Příklad :

Správně	Nesprávně
20°C až 30°C	20 až 30 ° C
(20 až 30)°C	

Mezera se píše mezi číselnou hodnotou a symbolem jednotky,

i když je hodnota použita v adjektivní smyslu, s výjimkou v případě, že je v horním indexu u jednotek pro rovinný úhel.

Příklad :

Správně Číslo, mezera, značka	Nesprávně
25_V napětí	25V napětí
100_mV	100mV
100_°C	100 ° C
0,25_%	0,25 %

Příklad :

Správně Číslo, značka	Nesprávně
25s	25V napětí
úhel_2' 3' 4''	úhel 2 ° 3 '4 ''

V případech, kdy je **číslo, které není použité jako součást výrazu,**

není tam žádný prostor (není mezerník) mezi matematickými operátory (například " + " nebo " - " znaky) a přiřazeném čísle. (Toto je známé jako **monadický operátor**).

Příklad :

Správně	Nesprávně
-20 °C	- 20 ° C
-100 mV až +100 mV	- 100 mV až + 100 mV

Poznámka: absence " + " nebo " - " znaku znamená, že hodnota je kladná, ale použití " + " znaménka je podporováno všude, kde jsou rovněž zahrnuty záporné hodnoty, jako v druhém příkladu výše.

V případě, že **číslo a symbol jsou součástí výrazu,**(např. A + B), pak by měly být použity mezery. (Toto je známé jako **dyadické použití operátoru**).

Příklad :

Správně
100 mV + 200 mV

9.3 Vyznačení frekvenčního rozsahu

Pro vyznačení frekvenčního rozsahu veličin používáme většinou vžité zkratky, převzaté z Angličtiny

Příklad :

doporučené	nedoporučené
DC U	Ss U
AC U	Stř U
HF odrazy	Vf odrazy

10 Zápis jednotek měření v CMC tabulkách

Ve světě se používá několik způsobů zápisu, jak ukazuje příklad viz tabulka, která je pro příklad měření DC U $1V \pm 0,001\%$.

Příklad :

Číslo	Příklad zápisu	Vyjádření	Používá se například v uvedených zemích
Příklady nesprávného vyjádření			
1	$10\mu V/V$	relativní	Starší kcdb, USA, Japonsko, Austrálie, Mexiko
2	10ppm	relativní	Velká Británie, Singapur, N. Zéland, Vietnam
3	$10 \cdot 10^{-6}V$	Absolutní ?	Filipiny, Tanzanie, Botswana, Zimbabve
4	10	Nejasné	Korea
Správné vyjádření			
5	$10 \cdot 10^{-6}U$	relativní	Nové kcdb, Evropa, Jižní Afrika, a další
6	0,001%	relativní	Často používané v ČR jen v %. tolerovatelné

Poznámky:

1. Zastaralé
2. Nedoporučené v normě EN ISO 80 000-1
3. Nejasné, zda bylo míněno absolutní nebo relativní vyjádření
4. Nejasný zápis
5. **Doporučené, v souladu s EN ISO 80 000-1 i většiny zemí**
6. **vyjádření v % je přehledné a zákazníkům dobře srozumitelné a umožní často napsat CMC pro celou laboratoř jen v %. Formálně má menší nedostatek v tom, že se preferuje odstupňování násobků v řadě 3, tedy 10^{-3} a 10^{-6} . Udávat ale CMC v 10^{-3} je ale pro zákazníka nepraktické.**

Upozornění:

Je třeba nezaměnit značku pro veličinu (například U) a mezinárodní značkou pro jednotku měření této veličiny (pro tento příklad V).

Příklad

Chceme zapsat CMC pro měření DC U hodnoty 33V s nejistotu 0,001% - tedy relativně $10 \cdot 10^{-6}U$, což je pro DC U = 33V měřicí schopnost kalibrace v absolutním vyjádření $330\mu V$



České kalibrační
sdružení Slovinská 47,
61200 Brno

Návod ČKS N-1
Stanovení kalibračních a měřicích schopností
CMC
v oblasti elektrických veličin

Počet listů 30
List číslo 23

Příklad :

Měřená veličina a rozsah měření	Měřicí schopnost kalibrace	
DC U		
33 V	$10 \cdot 10^{-6} U$	Správně, uvedená měřicí schopnost kalibrace je 0,001%, to je 0,33 mV
33 V	$10 \cdot 10^{-6} V$	Nesprávně, v zápise uvedená měřicí schopnost kalibrace v absolutní hodnotě 10 μ V

11 Nejčastější chyby

11.1 Použití MH a MR

MH a MR jsou dříve u nás používané zkratky (hlavně pro výrobky Metra Blansko, kde MH znamená relativní složku, určenou z měřené hodnoty a MR je absolutní složka určená z rozsahu).

Protože rozsah je vždy známý, nemá smysl v CMC uvádět % z MH. Vždy je to číslo, konkrétní pro každý rozsah (například 1 mV).

Udávat v CMC jako % z MH je nesmysl, protože hodnota, ze které počítáme % je už uvedena ve sloupci měřená veličina a rozsah měření

Zvláštní případy

Někdy je specifikace výrobce dělená do více složek, viz ukázka ze specifikace

Příklad specifikace se třemi složkami

Střídavé napětí

rozsah	% z hodnoty + % z rozsahu	% z hodnoty + % z rozsahu
	20 Hz - 10 kHz	10 kHz - 50 kHz
1 mV - 20 mV	0.20 + 0.05 + 20 μ V	0.20 + 0.10 + 20 μ V
20 mV - 200 mV	0.10 + 0.03 + 20 μ V	0.15 + 0.05 + 20 μ V

Výrobce může udělat specifikaci podle svého uvážení, ale akreditovaná laboratoř nemůže tuto specifikaci bezhlavě opsat do CMC. Tabulka ukazuje specifikaci výrobce, kde mimo relativní složku (0,2%) je uvedena i absolutní složka rozepsaná do dvou čísel. Akreditovaná laboratoř je obě absolutní složky musí při výpočtu CMC sloučit do jednoho údaje

Příklady dalších chyb z praxe

Měřená veličina a rozsah měření	Měřicí schopnost kalibrace	
DC R		
100 Ω	0,0025 % + 3,0 m Ω	<i>Nesprávně</i>
100 Ω	0,0025 % z MH	<i>Nesprávně</i>
DC U		
1 mV až 20mV	0,2% MH +0,05% MR +20 μ V	<i>Nesprávně</i>

Tab.6: Nesprávné zápisy

12 Poznámky k prezentaci některých CMC

V následujícím textu jsou uvedeny některé návrhy s cílem harmonizovat prezentaci CMC týkajících se konkrétních veličin.

a) DC a AC děliče.

Dělicí poměry jsou prezentovány jako poměr výstup/vstup, takže poměr hodnoty bude obvykle menší než 1 .

b) LF elektrický výkon a energie.

měly by být uvažovány následující body :

- jednotka měření musí být ve shodě s typem napájení (W pro aktivní, var pro reaktivní, VA pro zdánlivý), což naznačuje potřebu mít jeden samostatný záznam pro každý typ;
- ve sloupci parametru, rozsahy pro napětí, proud, faktor činného nebo jalového výkonu (musí být s uvedením induktivní nebo kapacitní) a frekvence;
- pro energii musí být uvedeny minimální a maximální doby měření;
- pro třífázové napájení, je obvyklé nahlásit hodnoty rozsahu na fázi.

c) LF AC –DC difference (napětí nebo proud).

Ve sloupcích je uveden rozsah napětí nebo proudu, ne hodnoty transfer difference.

Tento přístup je navržen také pro přenos rozdílu HF AC- DC. měřicí schopnost kalibrace je obecně, stejně jako ve vztahu k hodnotě napětí nebo proudu.

d) **Kategorie AC -DC převod napětí hranice rozsahů.** Je doporučeno použít 0,5 V a 5 V jako hranice pro nízké, střední a vyšší napětí v této kategorií .

e) AC vysoké napětí a proudové transformátory.

Pro tyto CMC se navrhuje, aby se vždy uvedla CMC poměru pro reálné části (nebo modul) poměru a fázové posunutí (v rad nebo lépe v mrad).

Primární a sekundární napětí nebo proudy by měly být uvedeny jako parametry.

Tento formát je v souladu s příslušnými normami IEC pro přístrojové transformátory.



f) Kalibrační RF faktor.

Na úrovni sloupce měřené veličiny se uvedou maximální a minimální úrovně energie .

g) Prezentace souvisejících veličin (pro komplexní veličiny).

Reálné a imaginární části komplexních veličin patří do stejné klasifikační kategorie a uvedou se za sebou.

13 Interní kalibrace

Pokud laboratoř provádí interní kalibrace, musí znát i kalibrační a měřicí schopnosti interně kalibrovaných etalonů, které se ale neuvádí v žádném CMC dokumentu pro externího zákazníka.

Pro kalibrační a zkušební laboratoře v interním kalibračním systému je cílem provést kalibraci měřicího zařízení vlastní organizace podle svých vlastních metodik. Základem návaznosti výsledků měření v takovém systému je kalibrace vlastních referenčních etalonů v akreditovaných kalibračních laboratořích s vhodnou kalibrační a měřicí schopností (CMC).

Povaha a rozsah interní kalibrace se mohou lišit v závislosti na potřebách a schopnostech organizace s cílem zajistit dostatek přesnosti a spolehlivosti provedených měření.

Akreditace speciálně pro interní kalibrace není vždy nutná, pokud je provedena v rozsahu metodik schválených při akreditaci, ale s ohledem na návaznost nejistoty měření musí být splněny následující podmínky:

- kalibrační postupy musí být zdokumentovány, kalibrační výsledky budou prezentovány jako certifikáty, zprávy atd. a poznámky měření by měly být uloženy na dobu určitou;
- kompetence pracovníků zapojených do provedení kalibrace by měla být zdokumentována, dokumentace i o školení a důkazy o způsobilosti (tj. ve formě výsledků zkoušek nebo výsledků auditů v rozsahu kalibrací) musí být skladovány;
- návaznost kalibračních výsledků na národní nebo mezinárodní etalony musí být zdokumentována;
- postupy pro odhad nejistoty měření musí být v souladu se EA4/02, měřicí schopnost kalibrace měření musí být uvedena s přihlédnutím k prohlášení o shodě se specifikací;
- referenční etalony musí být kalibrovány v pravidelných intervalech, aby byla zajištěna jejich spolehlivost. Politika a postupy na řízení a změnu těchto intervalů musí být zaměřeny na dlouhodobé sledování stability; měly by být vzaty v úvahu všechny pokyny uvedené v normě ISO/IEC 17025:2005 a dokumentech ILAC;
- účast na vhodném programu zkoušení způsobilosti.

Další podrobnosti k interním kalibracím jsou uvedeny v Metodickém pokynu ČKS 2/2014.

14 Vyjádření a interpretace

Posouzení shody se specifikací nevyžaduje názory a interpretace, které mají být zahrnuty do dokumentů ani v případě akreditované laboratoře. To je proto, že posuzování shody je založeno na deklarovaných a objektivních kritériích, uvedených v ILAC G08:2009.

15 Flexibilita

Metodiky měření používané při kalibracích elektro (mimo regulovanou sféru) jsou již ze své podstaty flexibilní, protože se obvykle popisují hranice CMC, pokud jde o parametry a rozsahy, spíše než pouze specifikace kalibrovaného zařízení. To obvykle vyloučí nutnost zvážit další otázku flexibilního rozsahu pro kalibrační laboratoře. Tento způsob prezentace dodává neformální flexibilitu, protože laboratoř může v mnoha případech provádět kalibraci různých typů zařízení, kde měření leží v uvedených parametrických hranicích. Pokud je laboratoř akreditována pro ISO/IEC 17025:2005, provádí činnosti v souladu s údaji uvedenými v příloze osvědčení. To může také zahrnovat kalibrace pro stejné nebo podobné výrobky podle norem, laboratoří vyvinutých postupů nebo metod podle požadavků zákazníků, které nejsou specificky uvedeny v této příloze, za předpokladu, že:

- (1) metoda, postup nebo norma nezavádí nové principy měření.
- (2) Způsob, postup nebo norma nevyžaduje měření, která mají být provedena mimo parametrických hranic definovaných v této příloze.

Informace o flexibilním rozsahu akreditace je k dispozici v EA dokumentu EA-2/05.

16 Závěr

Tato metodika sjednocuje formální stránky zápisu CMC. Zahrnuje i závazné požadavky z ILAC-P14:01/2013, je v souladu s normami řady ISO 80000, ILAC-G8:03/2009 a EA 4/02 M:2013 a mimo používání ppm i většinu doporučení UKAS Lab.45.

Základní doporučení, podrobněji rozpracovaná v textu jsou

- Jednotný formát tabulky CMC
- Nedoporučení nesprávných a nevhodných jednotek a zkratk
- Jednotné uvádění výsledků podle ISO 8000-1 ve formě dekadických násobků měřené veličiny
- Jednotné uvádění rozsahů bez nevhodných doplňků

17 Literatura

1. ILAC-P14:01/2013 *Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci, ILAC Policy for Uncertainty in Calibration*, Překlad ČIA - duben 2013
2. ISO/IEC 17025:2005 *Všeobecné požadavky na způsobilost kalibračních a zkušebních laboratoří*
3. Pokyn ISO/IEC 99:2007, *Mezinárodní metrologický slovník – základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)*
4. ISO 80000-1:2009, *Veličiny a jednotky – Část 1: Všeobecná ustanovení*
5. JCGM 100:2008 GUM 1995 s drobnými opravami, *Vyhodnocování naměřených dat – pokyny k vyjadřování nejistoty měření* (k dispozici na www.BIPM.org)



6. Joint BIPM/ILAC Working Group, CIPM 2007-11 Calibration and Measurement Capabilities, 7 September 2007
7. Oběžník organizace ILAC o přechodu z BMC na CMC ze dne 20. 8. 2009 je k dispozici na adrese <http://www.ilac.org/publicationsandresources.html>
8. Kalibrační a měřicí schopnosti – referát společné pracovní skupiny BIPM/ILAC je k dispozici na adrese <http://www.ilac.org/publicationsandresources.html>
9. UKAS LAB45 EDITION 1 | NOVEMBER 2012 Schedules of Accreditation for Calibration Laboratories
10. Calibration and Measurement Capabilities in the context of the CIPM MRA, CIPM MRA-D-04 Version 4
11. CALIBRATION AND MEASUREMENT CAPABILITIES. A paper by the joint BIPM/ILAC working group
12. JCGM 200:2008 International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (k dispozici na www.BIPM.org).
13. UKAS M3003, The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement EDITION 3 | NOVEMBER 2012J
14. EA – 4/02 M:2013 Vyjádření nejistoty měření při kalibraci, Překlad ČIA - duben 2014
15. NASA-HDBK 8739.19-2, NASA Measurement Quality Assurance Handbook - Annex 2: Measuring and Test Equipment Specifications
16. NASA-HDBK 8739.19-2, NASA Measurement Quality Assurance Handbook - Annex 2: Measuring and Test Equipment Specifications
17. J.Horský, P. Horský: *Calibration of Multifunctional and Multirange Instruments*,. Cal Lab, USA, 3-4/1997.
18. ČSN EN 60359, (356504) *Elektrická a elektronická měřicí zařízení - Vyjadřování vlastností*.
19. Plán standardizace – Program rozvoje metrologie 2013, Číslo úkolu: VII/4/13, „Optimalizace využití mezilaboratorních porovnávacích zkoušek (MPZ) v akreditovaných kalibračních laboratořích,

konec metodického pokynu pro stanovení měřicích schopností



Názvoslovná poznámka

V dokumentech ČIA a ČMI jsou používány pro pojem **CMC (calibration and measurement capability)** nejednotné překlady

ČMI používá, viz <http://www.cmi.cz/index.php?wdc=92&lang=1>
SCHOPNOSTI KALIBRACE A MĚŘENÍ - CMC

EA-4/02 M:2013 14 překlad ČIA uvádí pojem B2
kalibrační a měřicí schopnost

ILAC-P14:01/2013 , překlad ČIA V nadpisu v části PŘÍLOHA – Informativní
KALIBRAČNÍ A MĚŘICÍ SCHOPNOST

ILAC-P14:01/2013 , překlad ČIA používá opakovaně v textu
„**měřicí kalibrační schopnost**“

ČIA Vzory pro CMC tabulky, viz dokument 11_01-P508_K, Příloha č. 3
Měřicí schopnost kalibrace [±] ²⁾

²⁾ vyjádřená obdobně jako nejistota v souladu s požadavky dokumentu EA 4/02 při $k = 2$

Měřicí a měřicí

Mimo jiné se v dokumentech střídá použití měřicí schopnost (s dlouhým í častěji) a měřicí schopností (s krátkým i méně).

V tomto dokumentu je použito podle odborníků na češtinu jediné správné krátké i.

Ty schopnosti neměří, jsou tedy měřicí. Měřicí je třeba metrolog kalibrační laboratoře v okamžiku, kdy měří v laboratoři, používáme tedy **kalibrační a měřicí schopnosti**.

Výše uvedené rozdíly v překladech neznemožňují pochopení textů a vyjadřují totéž.

Upřednostňujeme znění překladu

kalibrační a měřicí schopnost, (nebo jen CMC)

(v souladu s EA-4/02 M:2013 14 překlad ČIA pojem B2 a ILAC-P14:01/2013 , překlad ČIA v nadpisu v části PŘÍLOHA – Informativní)

V tabulkách CMC ČIA je předepsané uvádět zkráceně

Měřicí schopnost kalibrace

CMC je vždy kladné číslo !

[±] v záhlaví ČIA vzoru pro CMC tabulky, viz dokument 11_01-P508_K, Příloha č. 3 je pro řadu laboratoří matoucí a některé podle toho nesprávně uvádí pro nejistoty v kalibračních listech jednotku [±].



České kalibrační
sdružení Slovinská 47,
61200 Brno

Návod ČKS N-1
Stanovení kalibračních a měřicích schopností
CMC
v oblasti elektrických veličin

Počet listů 30

List číslo 29

Příloha 1: Příklad provedení CMC tabulek, ukázka možností

Kalibrace spol. s r. o., U plotu 5, 6xx 01 Horní Dolní 1

tel: 545 xxx xxx, mobil: 6xx xxx xxx, email: kalibrace@ yahoo.com, www kalibrace.eu

Kalibrační listy podepisuje: Ing. Novák vedoucí KL

kalibrace:

Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace metody									
DC napětí generování			KM UDC									
0V až 2 V		0,016%+10 μV										
2 V až 240V		0,014%										
240 V až 1000 V		$4 \cdot 10^{-6}U + 1 \text{ mV}$										
DC napětí měření												
0 V až 10 V		0,06% +1 μV										
10 V až 100 V		0,09%										
100 V až 1000 V		0,13%										
AC napětí generování			KM UAC									
200 mV až 2 V	20 Hz až 10 kHz	0,19 %										
200 mV až 2 V	10 kHz až 50 kHz	0,97 %										
2 V až 20 V	20 Hz až 10 kHz	0,16 %										
DC odpor měření			KM R V olejové lázni při 23,0 $^\circ\text{C}$									
2 k Ω , 10 k Ω		$3 \cdot 10^{-6} R$										
Vf napětí měření			KM Uvf konektor N(m) 50 Ω									
20 dBm až +10 dBm	200 MHz až 500 MHz	7 %										
20 dBm až +10 dBm	0,5 GHz až 1 GHz	10 %										
Vf odrazy												
Čísel/odrazu	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	KM odraz konektor N(m) 50 Ω
Frekvence (GHz)	Nejistota měření čísel odrazu											
0,05	0,006	0,006	0,006	0,007	0,01	0,015	0,021	0,028	0,036	0,046	0,057	
0,1	0,006	0,006	0,006	0,007	0,01	0,015	0,021	0,028	0,036	0,046	0,057	
0,2	0,006	0,006	0,006	0,007	0,01	0,015	0,021	0,028	0,036	0,046	0,057	
0,5	0,006	0,006	0,006	0,008	0,011	0,015	0,021	0,028	0,036	0,046	0,057	
1	0,006	0,006	0,006	0,008	0,011	0,015	0,021	0,028	0,037	0,046	0,057	
Nelineární zkreslení THD měření			KM THD Měření pro 50 mV až 300V									
(0,001 až 0,1)%	20 Hz až 100 kHz	0,11% abs										
(0,1 až 3)%		0,32% abs										
(3 až 30)%		0,90% abs										
Útlum			KM THD									
<p>(a)</p>												

Schopnost kalibrace a měření (CMC) je vyjádřena jako rozšířená nejistota při pravděpodobnosti pokrytí 95 %



České kalibrační
sdružení Slovinská 47,
61200 Brno

Návod ČKS N-1
Stanovení kalibračních a měřicích schopností
CMC
v oblasti elektrických veličin

Počet listů 30
List číslo 30

Příloha 2: Příklad CMC tabulek při tolerovatelném přednostním použití %

Kalibrace: Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace metody
<u>Stejnoseměrné napětí</u>			UDC měření
0 až 10 mV		0,032 % + 0,5 μV	
10 mV až 100 mV		0,004 0 %	
100 mV až 1 V		0,000 8 %	
1 V až 1,9 V		0,000 5 %	
1,9 V až 7 V		0,000 7 %	
7 V až 19 V		0,000 5 %	
19 V až 50 V		0,000 8 %	
50 V až 190 V		0,000 7 %	
190 V až 1000 V		0,000 9 %	

Měřicí schopnost kalibrace a měření (CMC) je vyjádřena jako rozšířená nejistota při pravděpodobnosti pokrytí 95 %

Výhoda: přehlednost a srozumitelnost pro zákazníka

Nedostatek: příliš mnoho nul, neodpovídá zásadám norem řady EN ISO 80 000-1

Závěr: vyhovující pro širokou srozumitelnost i neodborné veřejnosti

Příloha 3: Příklad CMC tabulek při správném zápisu ve smyslu norem

řady EN ISO 80 000-1

Kalibrace: Nominální teplota pro kalibraci: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace	Identifikace metody
<u>Stejnoseměrné napětí</u>			UDC měření
0 mV až 10 mV		$32 \cdot 10^{-3}U + 0,5 \mu\text{V}$	
10 mV až 100 mV		$40 \cdot 10^{-6}U$	
100 mV až 1 V		$8 \cdot 10^{-6}U$	
1 V až 1,9 V		$5 \cdot 10^{-6}U$	
1,9 V až 7 V		$7 \cdot 10^{-6}U$	
7 V až 19 V		$5 \cdot 10^{-6}U$	
19 V až 50 V		$8 \cdot 10^{-6}U$	
50 V až 190 V		$7 \cdot 10^{-6}U$	
190 V až 1000 V		$9 \cdot 10^{-6}U$	

Měřicí schopnost kalibrace a měření (CMC) je vyjádřena jako rozšířená nejistota při pravděpodobnosti pokrytí 95 %

Výhoda: odpovídá zásadám norem řady EN ISO 80 000-1

Nedostatek: málo přehledné pro neškoleného zákazníka

Závěr: doporučené provedení