

Plán standardizace - Program rozvoje metrologie 2012

Zpráva pro závěrečnou oponenturu

Číslo úkolu: VII/5/12

Název úkolu: „Zpracování podkladů pro průběžné sjednocování postupů akreditovaných kalibračních laboratoří v oboru elektrických veličin.“

Zadavatel: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Řešitel: Český institut pro akreditaci

Vypracoval: Ing. Martin Matušů, CSc.

Konzultanti: Ing. Karel Dražil
Ing. Zdeněk Jirák
Ing. Jiří Zikán

Schválil: Ing. Milan Badal

Datum: 12.11.2012

Rozdělovník: 2 x ÚNMZ
1 x ČIA – útvar 400
1 x ČIA – útvar 600
2 x oponenti

OBSAH

| | | |
|-----------|--|----|
| 1. | ÚVOD | 5 |
| 2. | POPIS ŘEŠENÍ ÚKOLU | 5 |
| 3. | DOSAŽENÉ VÝSLEDKY | 5 |
| 3.1. | Definování činností v daném oboru. | 5 |
| 3.2. | Unifikace postupů: | 10 |
| 3.2.1. | Vzorový kalibrační postup:..... | 10 |
| 3.2.1.1. | Obsah:..... | 10 |
| 3.2.1.2. | Označení a základní informace..... | 11 |
| 3.2.1.3. | Rozsah postupu..... | 11 |
| 3.2.1.4. | Názvosloví, definice | 11 |
| 3.2.1.5. | Kvalifikace a oprávnění osob | 11 |
| 3.2.1.6. | Související předpisy..... | 12 |
| 3.2.1.7. | Etalony, zařízení a pomůcky | 12 |
| 3.2.1.8. | Požadavky na podmínky prostředí | 12 |
| 3.2.1.9. | Manipulace s kalibrovanými přístroji a příprava před měřením..... | 13 |
| 3.2.1.10. | Funkční zkouška | 14 |
| 3.2.1.11. | Postup kalibrace..... | 14 |
| 3.2.1.12. | Justování měřidla a kalibrace po justáži | 15 |
| 3.2.1.13. | Nejistoty měření (postup výpočtu) | 16 |
| 3.2.1.14. | Příklad výpočtu nejistoty kalibrace revizního přístroje | 16 |
| 3.2.1.15. | Příklad výpočtu nejistoty kalibrace odporu dekády..... | 20 |
| 3.2.1.16. | Příklad výpočtu nejistoty kalibrace výstupního výkonu vf signálního generátoru..... | 23 |
| 3.2.1.17. | Příklad výpočtu nejistoty kalibrace měřicího transformátoru proudu | 27 |
| 3.2.1.18. | Vyhodnocení kalibrace | 31 |
| 3.2.1.19. | Udávání výsledku kalibrace v kalibračních listech | 31 |
| 3.2.1.20. | Udávání podmínek, za kterých byla kalibrace provedena v kalibračních listech .. | 32 |
| 3.2.1.21. | Validace metody | 32 |
| 3.2.2. | Důležité činnosti, které bývají popsány v jiných dokumentech než v kalibračním postupu. | 34 |
| 3.2.2.1. | Interní kalibrace..... | 34 |
| 3.2.2.2. | Mezikalibrační kontroly | 34 |
| 3.2.2.3. | Sledování historie etalonů a predikce vývoje. | 35 |
| 3.2.2.4. | Rekalibrační intervaly..... | 35 |
| 3.2.3. | Výpočet CMC a uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci. | 36 |
| 3.2.3.1. | Zásady výpočtu CMC..... | 36 |
| 3.2.3.2. | Příklad výpočtu CMC v dvousložkovém vyjádření..... | 38 |

| | | |
|----------|--|----|
| 3.2.3.3. | Příklad výpočtu CMC v jednosložkovém vyjádření..... | 43 |
| 3.2.3.4. | Příklady vyjádření CMC v příloze OA..... | 47 |
| 3.2.3.5. | Příklady uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci v zahraničních akreditovaných laboratořích. | 50 |
| 3.2.4. | Kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou..... | 51 |
| 3.2.4.1. | Příklady uvádění CMC pro kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou v příloze Osvědčení o akreditaci v zahraničních akreditovaných laboratořích. | 54 |
| 3.3. | Sumarizace příslušné normativně-technické dokumentace (národní i mezinárodní). | 54 |
| 3.3.1. | Normy ČSN | 54 |
| 3.3.2. | Dokumenty MPA..... | 57 |
| 3.3.3. | Dokumenty EA | 57 |
| 3.3.4. | Dokumenty EURAMET | 57 |
| 3.3.5. | Dokumenty BIPM..... | 58 |
| 3.3.6. | Dokumenty ILAC | 58 |
| 3.3.7. | Dokumenty NPL..... | 59 |
| 3.3.8. | Dokumenty NIST | 59 |
| 3.3.9. | Dokumenty A2LA | 59 |
| 3.3.10. | Dokumenty NATA | 59 |
| 3.3.11. | Dokumenty UKAS | 59 |
| 3.3.12. | Dokumenty DKD..... | 59 |
| 3.3.13. | Dokumenty SIT(ACCREDIA) | 60 |
| 3.3.14. | Dokumenty NASA | 60 |
| 3.3.15. | Technické předpisy metrologické – TPM..... | 60 |
| 3.3.16. | Metodické pokyny pro metrologii - MPM..... | 60 |
| 3.3.17. | Kalibrační postupy České metrologické společnosti..... | 61 |
| 3.3.18. | Další dokumenty:..... | 61 |
| 3.4. | Témata a otázky k doplnění průběžné zprávy „Zpracování podkladů pro průběžné sjednocování postupů akreditovaných kalibračních laboratoří v oboru elektrických veličin“ z roku 2011. 63 | |
| 3.4.1. | Návaznost obdélníkového průběhu..... | 63 |
| 3.4.2. | Kalibrace multimetrů pro měření periodických nesinusových průběhů..... | 63 |
| 3.4.3. | Střídavá kalibrace bočníků a etalonů odporu, v rozsahu pod 1 Ω určených pro stejnosměrný proud | 64 |
| 3.4.4. | Návaznost vysokého odporu pro napětí do 10 kV..... | 64 |
| 3.4.5. | Kalibrace proudové cívky..... | 65 |
| 3.4.6. | Členění postupů po veličinách či typech přístrojů..... | 66 |
| 3.4.7. | Připomínky k odborným posuzovatelům..... | 66 |
| 3.4.8. | Kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou..... | 66 |
| 3.4.9. | Snižování počtu kalibračních bodů oproti metodice..... | 68 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.4.10. | Rozpor mezi příkladem pro výpočet nejistoty a praxí v laboratoři | 69 |
| 3.4.11. | Vyjádření o nejistotě:..... | 70 |
| 3.4.12. | Další témata, která navrhl Doc. Ing. Jiří Horský, CSc..... | 71 |
| 3.4.13. | Nedořešené technické oblasti | 73 |
| 3.4.14. | Další témata, která navrhl Ing. Jan Černý z EZÚ | 73 |
| 3.5. | Témata a otázky k doplnění průběžné zprávy „Zpracování podkladů pro průběžné sjednocování postupů akreditovaných kalibračních laboratoří v oboru elektrických veličin“ z roku 2012. 75 | |
| 3.5.1. | Návaznost při měření modulací..... | 75 |
| 3.5.2. | Otázka veličin sloužících jen k výpočtu nejistot | 76 |
| 3.6. | Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI k některým připomínkám z ČKS z roku 2012. 77 | |
| 4. | ZÁVĚR | 91 |
| 5. | PŘÍLOHY | 1 |
| 5.1. | Příloha č. 1 – Kopie plánovacího listu..... Chyba! Záložka není definována. | |
| 5.2. | Příloha č. 2 - Seznam akreditovaných laboratoří v dané oblasti elektro v ČR | 1 |

1. ÚVOD

Laboratoře a orgány posuzující shodu laboratoří se dlouhodobě potýkají s problémem nejednotného přístupu jednotlivých laboratoří i odborných posuzovatelů k provádění kalibrací a posuzování shody. Cílem řešení úkolu je připravit podklady pro jednotný přístup laboratoří i posuzovatelů a tím připravit technické podklady pro harmonizaci, které následně laboratoře a odborní posuzovatelé těchto laboratoří budou aplikovat.

2. POPIS ŘEŠENÍ ÚKOLU

Řešena je oblast kalibrace elektrických veličin. Řešení úkolu v roce 2012 je pokračováním stejnojmenného úkolu VII/5/11 „Zpracování podkladů pro průběžné sjednocování postupů akreditovaných kalibračních laboratoří v oboru elektrických veličin“ z roku 2011 se zaměřením zejména na rozšíření platnosti pro vysoké frekvence, napětí od 1 kV a do 100 kV, proudu od 100 A a do 5000 A, kalibrací měřicích transformátorů proudu a napětí, precizování obecné části, výpočet CMC, upřesnění podkladů pro CMC a uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci v návaznosti na zavedení dokumentu ILAC - P14. Cílem je definovat činnosti, které lze akceptovat v rámci kalibračních laboratoří resp. v kalibračních metodikách, stanovit jednoznačné podmínky (včetně odpovídajících validací a postupů pro stanovování nejistot), které musí akreditované kalibrační laboratoře v oboru elektrických veličin ve výše uvedené oblasti (dále laboratoře) splňovat, doporučit unifikace postupů laboratořím a odborným posuzovatelům těchto laboratoří a přehledně sumarizovat aplikovanou a dostupnou normativně-technickou dokumentaci (národní i mezinárodní).

3. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

3.1. DEFINOVÁNÍ ČINNOSTÍ V DANÉM OBORU.

Činnosti v daném oboru jsou definovány seznamem veličin, jejichž kalibrace provádějí akreditované kalibrační laboratoře v dané oblasti elektro v ČR (viz Tabulka č.1), seznamem přístrojů či zařízení, jejichž kalibrace provádějí akreditované kalibrační laboratoře v dané oblasti elektro v ČR (viz Tabulka č.2) a seznamem akreditovaných laboratoří v dané oblasti elektro v ČR (viz 5.1). Přílohy osvědčení jednotlivých laboratoří s měřicí schopnost kalibrace (dále CMC) lze najít po zadání čísla laboratoře (např. 2222) uvedeného v 5.1 na stránce ČESKÉHO INSTITUTU PRO AKREDITACI, o.p.s. <http://www.cia.cz/default.aspx?id=18&scopeId=8>.

Tabulka 1. Seznam veličin, jejichž kalibrace provádějí akreditované kalibrační laboratoře v dané oblasti elektro v ČR.

| |
|--|
| 1. Stejnoseměrné napětí |
| 2. Stejnoseměrný poměr napětí |
| 3. Stejnoseměrný proud |
| 4. Střídavé napětí |
| 5. Střídavý proud |
| 6. AC/DC převod napětí |
| 7. Stejnoseměrný odpor |
| 8. Střídavý odpor |
| 9. Impedance |
| 10. Vodivost |
| 11. Modul impedance |
| 12. Kapacita |
| 13. Ztrátový činitel kondenzátoru D |
| 14. Indukčnost |
| 15. Stejnoseměrný výkon |
| 16. Střídavý výkon (činný, zdánlivý, jalový) |
| 17. Střídavá práce elektrického proudu |
| 18. Harmonické a interharmonické zkreslení napětí, proudu |
| 19. Flikr |
| 20. Fázový posuv |
| 21. Účinník |
| 22. Veličiny, které měří elektrické revizní přístroje (izolační odpor, přechodový odpor, zemní odpor, odpor ochranného vodiče, impedance vypínací smyčky, impedance sítě, vybavovací proud chráničů, unikající proud) |
| 23. Poměr proudů a napětí (měřicí transformátory) |
| 24. Frekvence (nepatří mezi elektrické veličiny, ale kalibruje se např. u multimetrů a je parametrem např. střídavého napětí; ve vf technice se často měří šířka kmitočtového pásma vymezeného definovanými vlastnostmi el. veličin, např. pro pokles přenosu o 3 dB)) |
| 25. Časový interval (vymezený okamžiky, kdy el. signál nabývá definovaných hodnot; nepatří mezi elektrické veličiny, ale zejména ve vf technice a v oblasti EMC se dosti často měří) |
| 26. Vf výkon |
| 27. Kalibrační činitel (faktor) výkonových čidel |
| 28. Vf napětí |
| 29. Vf proud |
| 30. Vf zeslabení (útlum)/zesílení |

31. Převodní poměr (např. proudové sondy, bočníku)
32. Poměr výkonů (nebo např. napětí) různých signálů – např. odstupy vyšších harmonických složek nebo jiných signálů
33. Hloubka amplitudové modulace
34. Modulační (kmitočtový/fázový) zdvih kmitočtově/fázově modulovaného signálu
35. Činitel odrazu (popř. veličiny svázané přepočtem – poměr stojatých vln, útlum odrazu)
36. Anténní činitel (faktor)
37. Anténní zisk

Tabulka 2. Přístroje či zařízení, jejichž kalibrace provádějí akreditované kalibrační laboratoře v dané oblasti elektro v ČR.

| |
|---|
| 1. Multimetry napětí, proudu, odporu, kapacity a frekvence |
| 2. Kalibrátory napětí, proudu, odporu, kapacity, výkonu a frekvence |
| 3. Voltmetry (milivoltmetry, kilovoltmetry) |
| 4. Zkoušečky a detektory stejnosměrného napětí |
| 5. Kompenzátory |
| 6. Stejnosměrné napěťové děliče |
| 7. Předřadné odpory |
| 8. Zdroje napětí a proudu (např. zkušební zdroje vysokého napětí) |
| 9. Ampérmetry, klešťové ampérmetry |
| 10. Proudové bočníky |
| 11. Elektrické simulátory a měřidla termočlánků a odporových teploměrů |
| 12. Zapisovače |
| 13. Ohmmetry |
| 14. Odporové etalony |
| 15. Odporové můstky |
| 16. Odporové dekády |
| 17. Měřidla RLC |
| 18. Etalony kapacity |
| 19. Měřiče ztrátového činitele D |
| 20. Etalony indukčnosti |
| 21. Kapacitní dekády |
| 22. Indukční dekády |
| 23. Wattmetry |
| 24. Varmetry |
| 25. Elektroměry |
| 26. Nízkofrekvenční generátory |
| 27. Převodníky (např. napětí - frekvence, vysoké napětí – proud) |
| 28. Monitory kvality sítě, účinníku |
| 29. Měřiče a analyzátory nelineárního zkreslení |
| 30. Elektrické části konduktometrů, pHmetrů |
| 31. Elektrické revizní přístroje (měřiče izolačního, přechodového a zemního odporu, měřidla odporu ochranného vodiče, měřidla unikajících proudů (přímá, náhradní, rozdílová metoda), měřidla dotykových proudů a napětí, měřidla vypínacích časů a vybavovacích proudů chráničů) |
| 32. Měřicí transformátory proudu a napětí |
| 33. V _f wattmetry, výkonová čidla |

| |
|---|
| 34. Vř voltmetry, napěťové sondy |
| 35. Signální generátory |
| 36. Zkušební generátory pro EMC |
| 37. Selektivní měřiče úrovně (spektrální analyzátory, měřicí přijímače) |
| 38. Měřiče modulace |
| 39. Radiokomunikační testery |
| 40. Osciloskopy |
| 41. Útlumové články, zesilovače |
| 42. Různé další pasivní prvky (např. bezodrazové zátěže, směrové odbočnice, převodníky, sondy, vazební sítě pro EMC, ...) |
| 43. Antény |
| 44. Další blíže nespecifikované přístroje a zařízení pracující s vř el. signály (např. ultrazvukové defektoskopy) |

3.2. UNIFIKACE POSTUPŮ:

Unifikace postupů je řešena ve třech kapitolách:

Vzorový kalibrační postup (s ohledem na šíři oblasti je řešena harmonizace univerzálních požadavků).

Výpočet CMC a uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci.

Kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou.

Jsou zde definovány činnosti, které lze akceptovat v rámci kalibračních laboratoří resp. v kalibračních metodikách (*stanovení rekalibračních intervalů, manipulace s kalibrovanými přístroji a příprava před měřením, provedení funkční zkoušky, vlastní kalibrace, justování měřidla a kalibrace po justáži, vyhodnocení kalibrace, provedení validace metody, provedení mezikalibračních kontrol, provedení interních kalibrací, výpočet nejistoty měření, výpočet CMC, kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou atd.*), doporučeny podmínky, které musí laboratoře splňovat (*kvalifikace a oprávnění osob, požadavky na podmínky prostředí, způsob stanovení rekalibračních intervalů, způsob manipulace s kalibrovanými přístroji a příprava před měřením, způsob provedení funkční zkoušky, postup kalibrace, způsob justování měřidla a kalibrace po justáži, způsob vyhodnocení kalibrace, způsob provedení validace metody, způsob provedení mezikalibračních kontrol, způsob provedení interních kalibrací, způsob výpočtu nejistoty měření, způsob výpočtu CMC a uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci způsob kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou atd.*), doporučena unifikace postupů laboratořím a odborným posuzovatelům těchto laboratoří formou vzorového kalibračního postupu a tím implicitně i přístup odborných posuzovatelů k posuzování.

3.2.1. Vzorový kalibrační postup:

Kalibrační postup by měl obsahovat všechny potřebné informace, aby zaměstnanec s odpovídajícím vzděláním a praxí dokázal kalibraci správně provést. Kalibrační postup by měl přednostně využívat norem či jiných normativních dokumentů uvedených např. v kapitole 3.3. Je samozřejmě možné využívat i jiné normativní dokumenty.

Pokud je nezbytné použít normalizované modifikované, nenormalizované nebo vlastní metody, pak musí zahrnovat jasnou specifikaci požadavků zákazníka a účelu metrologického výkonu.

Kalibrační postup může obsahovat kapitoly uvedené v bodě: 3.2.1.1 Obsah. Některé kapitoly (může jít např. o kapitoly vyznačené v bodu Obsah kurzívou) nebo části kapitol lze umístit v jiných dokumentech a v kalibračním postupu umístit pouze odkaz. Například pokud má laboratoř několik kalibračních postupů, jejichž části jsou společné, je možno tyto části shrnout do jednoho obecného postupu a v ostatních postupech je neopakovat.

V textu za bodem 3.2.1.1. Obsah je podrobněji rozebrán doporučený obsah některých kapitol.

3.2.1.1. Obsah:

- Obsah a seznam příloh
- Rozsah postupu
- Názvosloví, definice
- *Kvalifikace a oprávnění osob*
- Související předpisy

- Etalony, zařízení a pomůcky
- *Požadavky na podmínky prostředí*
- *Manipulace s kalibrovanými přístroji a příprava před měřením*
- Funkční zkouška
- Postup kalibrace
- *Justování měřidla a kalibrace po justáži*
- *Vyhodnocení kalibrace*
- Validace metody
- Nejistoty měření (postup výpočtu)
- Příklad výpočtu nejistoty
- *Vyhodnocení kalibrace*
- *Udávání výsledku kalibrace v kalibračních listech*
- *Udávání podmínek, za kterých byla kalibrace provedena v kalibračních listech*
- *Validace metody*

3.2.1.2. *Označení a základní informace*

Dokument musí být vhodně označen, například na titulní straně názvem a identifikačním číslem. Na titulní straně by mělo být rovněž uvedeno, kdo dokument vypracoval, kdo ho schválil a datum počátku platnosti dokumentu.

3.2.1.3. *Rozsah postupu*

Uvedou se typy kalibrovaných přístrojů a rozsahy elektrických veličin a frekvence, ve kterých je prováděna kalibrace.

3.2.1.4. *Názvosloví, definice*

Uvede se v postupu užitá názvosloví a definice. Je možno uvést odkaz na příslušnou normu.

3.2.1.5. *Kvalifikace a oprávnění osob*

Pracovníci provádějící samostatně kalibrace dle tohoto postupu musí mít dle ČSN EN ISO/IEC 17025 odpovídající vzdělání, výcvik, zkušenosti anebo prokázané dovednosti a měli by mít příslušnou elektrotechnickou kvalifikaci dle vyhlášky 50/1978 Sb. (paragraf odpovídající činnosti) a platné osvědčení nebo certifikát vydaný ČMI nebo subjektem akreditovaným pro certifikaci pracovníků v příslušném oboru. Obsah certifikátu či osvědčení by měl mít přiměřeně podrobnou vazbu k činnostem, ke kterým je pracovník pověřen.

Problematický je například certifikát opravňující bez dalšího upřesnění k provádění kalibrací elektrických veličin u pracovníka, jenž zjevně široký rozsah kalibrací v této oblasti nezná. Je vhodné, aby uvedený rozsah osvědčení nebo certifikátu odpovídal činnostem, které pracovník ve své laboratoři běžně provádí. Pokud pracovník provádí kalibraci veličin dle tabulky 1., měl by mít tuto veličinu s rozsahem uvedenou i v osvědčení nebo certifikátu. V některých případech je vhodné uvádět v osvědčení nebo certifikátu i přístroj (např. při kalibracích revizních přístrojů či teplotních

simulátorů). Na druhé straně by posuzovatel neměl požadovat osvědčení nebo certifikát nepřiměřeně detailní a detailní znalosti případně posoudit v rámci akreditace či dozoru.

K provádění kalibrací dle tohoto postupu musí být pracovník písemně pověřen svým nadřízeným.

Pracovníci provádějící kalibraci dle tohoto postupu pod dohledem by měli mít příslušnou elektrotechnickou kvalifikaci dle vyhlášky 50/1978 Sb. a odpovídající vzdělání.

MPA 10 - 01 – 05 uvádí:

U kalibračních laboratoří nebo zkušebních laboratoří, které provádějí interní kalibrace svých měřidel, je jedním ze způsobů prokázání odborné způsobilosti pracovníka provádějícího kalibrace, jeho odpovídající osobní certifikát (např. certifikát vydaný akreditovaným certifikačním orgánem pro certifikaci personálu pro oblast příslušného oboru měření / kalibrace). Jiné průkazy způsobilosti posuzuje akreditační orgán individuálně.

Pokud budou jiné průkazy způsobilosti než certifikát vydaný akreditovaným certifikačním orgánem pro certifikaci personálu pro oblast příslušného oboru měření / kalibrace nebo osvědčení ČMI posuzovány individuálně, bude pro posouzení vytvořen potřebný prostor v rámci posuzování či prověřování. Běžně dostupný časový prostor především při dozoru nemusí být pro posouzení třeba i několika pracovníků s širokou oblastí kalibrací v předmětné oblasti dostatečný. Pokud by některý pracovník nevyhověl, bylo by to samozřejmě nutno řešit jako neshodu.

3.2.1.6. Související předpisy

Uvedou se související předpisy. Uvedené předpisy musí mít laboratoř k dispozici.

3.2.1.7. Etalony, zařízení a pomůcky

Uvedou se etalony, zařízení a pomůcky s konkrétními údaji o výrobcí a typu, které se používají při kalibraci. Návaznost musí být zajištěna v souladu s ČSN EN ISO/IEC 17025 a MPA 30-02-08 „Návaznost měřidel a výsledků měření“. Otázky potřebného poměru součtu tolerančních limitů kalibrovaného měřidla k dvojnásobku rozšířené nejistoty kalibrace pro pravděpodobnost asi 95 % (test uncertainty ratio (TUR)) jsou řešeny v kapitole 3.2.1.18 Vyhodnocení kalibrace. Pokud kalibrační postup obsahuje různé varianty, může být vhodné neuvádět použité etalony a zařízení pouze jako souhrn, ale pro různé varianty postupu uvést různé kombinace použitých etalonů.

3.2.1.8. Požadavky na podmínky prostředí

Při kalibracích je, pokud nejsou k jinému postupu vážné důvody, nutno udržet podmínky prostředí v rozmezí požadovaném v manuálu jak kalibrovaného měřidla, tak etalonu případně v rozmezí specifikovaném v technických normách a instrukcích. Jedná se především o teplotu, vlhkost a napájecí napětí. Vliv vlhkosti nelze podceňovat pro velmi nízké hodnoty vlhkosti, kdy roste nebezpečí elektrostatického rušení (především při měření vysokých odporů a velmi malých proudů) nebo dokonce elektrostatického výboje. Vliv vlhkosti též nelze podceňovat pro velmi vysoké hodnoty vlhkosti, kdy roste nebezpečí svodů (především při měření vysokých odporů a velmi malých proudů) a též napěťového průrazu (především při podkročení rosného bodu a následné kondenzaci vzdušné vlhkosti). Za standardní střed teplotního rozmezí pro předmětnou oblast elektrických kalibrací je považována teplota 23 °C. Doporučeno je použití klimatizace s automatickou regulací.

Pracoviště musí být chráněno před přímým účinkem slunečních paprsků a silných zdrojů tepla a chladu. Při požadavku na velmi malé teplotní rozmezí se u odporových etalonů používá precizní olejová lázeň.

Dle 5.3.2 ČSN EN ISO/IEC 17025 Laboratoř musí monitorovat, řídit a zaznamenávat podmínky prostředí v souladu s požadavky příslušných specifikací, metod a postupů, nebo v případě, že ovlivňují kvalitu výsledků. V oblasti elektrických veličin jde především o teplotu, vlhkost, v některých případech i o napájecí napětí. Kromě centrálního monitorování v místnosti je vhodné zjišťovat teplotu v okolí kalibrovaného přístroje. Důvodem je možné zvýšení teploty například v okolí referenčního kalibrátoru ztrátovým teplem.

3.2.1.9. Manipulace s kalibrovanými přístroji a příprava před měřením

Pokud k tomu nedošlo již v rámci nabídkového řízení, provede se při přijímání přístroje ke kalibraci přezkoumání požadovaného rozsahu kalibrace přístroje. V případě, že z hlediska schopností laboratoře není možno kalibraci provést, nepřijme se měřidlo ke kalibraci. V případě, že je z hlediska schopností laboratoře možno kalibraci provést, provede se vnější prohlídka přístroje (kompletnost, čitelnost nápisů, zevní poškození, zda přípojovací svorky jsou spolehlivě upevněné apod.) a zjistí se případné zjevné závady. U vysokofrekvenčních zařízení je třeba věnovat zvláštní pozornost stavu koaxiálních konektorů. V případě, že to neohrozí přebíraný přístroj, je možno provést přezkoušení jeho funkcí. Měřidlo, u kterého se zjistí závada vylučující kalibraci, se nepřijme na kalibraci. Je-li přístroj bez závad nebo s drobným poškozením nemajícím vliv na funkčnost, provede se zápis o převzetí měřidla k provedení metrologického výkonu. Zápis o převzetí měřidla k provedení metrologického výkonu by měl obsahovat identifikační a kontaktní údaje zákazníka, případně uživatele, identifikační údaje o měřidle (typ, výrobní číslo, počet měřidel), specifikace požadovaného metrologického výkonu, případné další požadavky zákazníka, datum přijetí měřidla a podpis přebírajícího zaměstnance a předávajícího zákazníka. Součástí předání měřidla by měl být manuál (technická dokumentace) výrobce k příslušnému měřidlu, zejména pokud se nejedná o běžné druhy kalibrovaných měřidel. Kopii zápisu by měl obdržet zákazník a může být požadováno, aby se touto kopií při předání měřidla po metrologickém výkonu prokázal. Pracovníci kalibrační laboratoře jsou povinni o měřidla zákazníků řádně pečovat a chránit je proti odcizení, zneužití, či poškození, a to i vůči třetí osobě. O předání měřidla zákazníkovi po metrologickém výkonu je proveden obdobně jako při převzetí zápis do záznamu.

Po přijetí se přístroj umístí do prostředí s teplotou a vlhkostí vzduchu, které odpovídají kalibračním podmínkám, při kterých bude prováděna kalibrace (dále kalibrační prostředí). Pokud to není možné, umístí se do prostoru, který odpovídá skladovacím podmínkám a před vlastní kalibrací se umístí do kalibračního prostředí. V kalibračním prostředí se přístroj ponechá po dobu potřebnou ke stabilizaci přístroje. Poté se kalibrovaný přístroj přemístí na pracoviště, kde se bude provádět měření a zde se připraví na kalibraci v souladu s jeho technickou dokumentací (může jít např. o vyčištění filtru). U klešťových měřidel kontrolujeme čistotu, rovnoměrnost a souosost dosedacích ploch kleští a jejich dostatečný stisk. U měřidel z oboru vysokofrekvenční techniky je bezpodmínečně nutné kontrolovat čistotu i mechanický stav koaxiálních konektorů. Znečištěné nebo mechanicky vadné konektory mohou často vést k chybným výsledkům měření, případně i ke zničení konektorů připojovaného etalonového zařízení. Nečistoty z konektorů se odstraňují přiměřeně velkým smotkem vaty natočeným např. na párátku a lehce smočeným v izopropylalkoholu, k odstranění volných pevných částic z konektorů se doporučuje používat vhodný (neznečištěný) stlačený plyn (např. ve spreji). Ke kontrole polohy středního vodiče měřících konektorů se doporučuje užívat k tomu účelu vyráběných úchylkoměrů. Zásady zacházení s konektory jsou podrobně popsány v publikacích :

1. Guidance on using Precision Coaxial Connectors in Measurement
http://resource.npl.co.uk/docs/networks/anamet/connector_guide_v3.pdf

2. Coaxial Systems: Microwave Connector Care, Hewlett – Packard Company (nyní Agilent Technologies), Rev. October 1988, part no. 5954-1566
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5954-1566.pdf>

U síťových přístrojů se provede kontrola nastavení síťového přepínače, připojí se na síť 230V (pokud to přístroj umožňuje). U bateriových přístrojů se provede kontrola, zda nejsou baterie vybité a je předpoklad, že k tomu nedojde v průběhu kalibrace. U přístrojů s vnějším napájením pomocí adaptéru se zkontroluje kompatibilita a funkčnost adaptéru. Následně se přístroj zapne a nechá se ustálit při podmínkách, při kterých bude prováděna kalibrace a to nejméně po dobu udávanou ve specifikaci výrobce. Není-li doba náběhu stanovena v dokumentaci, ustaluje se minimálně 10 minut u bateriových přístrojů a přístrojů s vnějším adaptérem a minimálně 60 minut u síťových přístrojů.

3.2.1.10. Funkční zkouška

Před zahájením vlastní kalibrace je třeba na kalibrovaném přístroji provést zkoušku provozuschopnosti, a to: zda přepínače měřících rozsahů jsou funkční, zda u analogových přístrojů pohyb ukazovatele výchylky je plynulý při zvětšování a zmenšování měřené veličiny, zda u digitálních přístrojů jsou všechny číslice a znaky na displeji úplné a dobře čitelné a další zkoušky v souladu s manuálem nebo příslušnou normou. Pokud je přístroj vybaven autotestem, je třeba této funkce k přezkoušení provozuschopnosti využít.

3.2.1.11. Postup kalibrace

Pokud přístroj umožňuje autokalibraci (ACal, SELFCAL, atd.) nebo nulování, je třeba je provést. Napěťové a odporové měřicí obvody se nulují na zkrat a proudové měřicí obvody se nulují na rozpojený obvod. Při nulování na zkrat se při čtyřvodičovém měření odporu zkratují zvlášť proudové a napěťové svorky a navíc se propojí svorky nízké úrovně.

Kalibrovaný přístroj a etalon se uvede pro každou kalibrovanou veličinu do konfigurace požadované výrobcem pro kalibraci (výrobce často používá termín „Verification“), na kterou je vztahena specifikace výrobce, nebo není-li toto dostatečně uvedeno, pak do konfigurace s nejvyšší dosažitelnou přesností. Pokud se použije jiné (objektivně odůvodněné) nastavení kalibrovaného měřidla, pak musí být v kalibračním listě toto nastavení jednoznačně popsáno.

Dostatečně podrobně musí být popsáno propojení kalibrovaného měřidla s etalonem či etalony. Vhodné jsou obrázky, schémata, odkazy na manuál výrobce atd.

V řadě případů je důležité věnovat pozornost propojovacím vodičům. Vodiče by neměly být zbytečně dlouhé, měly by mít dostatečný průřez a dostatečnou izolaci. Vliv izolace se obzvláště projevuje při měření vysokých odporů. Při měření malých napětí lze vliv termoelektrických napětí významně zmenšit použitím vhodných konektorů např. pozlacených a dále vyčištěním konektorů. Zdrojem velkých termoelektrických napětí jsou oxidy mědi. Při měření malých proudů, především při vyšších kmitočtech, musí mít vodiče mezi sebou co nejmenší kapacitu. Při měření velkých proudů, především při vyšších kmitočtech, musí být minimalizován přenos vzájemnou indukčností (proudové vodiče se prokrotí, případné napěťové vodiče od bočníku se rovněž prokrotí a vedou se pokud možno kolmo k vodičům proudovým.) Pro eliminaci vzájemných induktivních vazeb a v kombinaci s vhodným zapojením a zemněním pro eliminaci vnějších kapacitních vazeb je vhodné použít stíněné vodiče. Případné zemnění je, pokud je to možné, třeba provést do jednoho bodu, protože jinak by mohlo dojít k protékání rušivých proudů stíněním.

V případě vysokofrekvenčních měření je vhodné volit uspořádání s ohledem na minimalizaci chyb vzniklých impedančním nepřizpůsobením a nežádoucím přenosem měřicího signálu. Použité kabely by měly mít odpovídající stínící účinnost a neměly by být zbytečně dlouhé. V některých případech je vhodné umístit na kabely feritová jádra. Protože se vesměs pracuje s citlivými zařízeními, je třeba zabránit nechtěnému přivedení vstupního napětí o velké amplitudě, zvláště

v okamžiku připojování nebo odpojování konektorů (nelze vyloučit, že dojde dřívějšímu připojení středního vodiče). Vhodným opatřením je (na rozdíl od nízkofrekvenčních měření) samostatné pospojování „koster“ jednotlivých přístrojů. Samozřejmostí by měla být ochrana pracoviště před statickou elektřinou. Před připojením delších koaxiálních kabelů k zařízení by mělo být zajištěno vybití možného zbytkového náboje.

Volba jednotlivých kalibračních bodů by měla vycházet z principů fungování kalibrovaného měřidla, měla by zohlednit možnosti laboratoře a doporučení výrobce. Kalibrován by měl být každý rozsah pro všechny jeho specifikace (různé specifikace souvisí nejčastěji s frekvenčními pásmy). Počet bodů na konkrétním rozsahu měl odpovídat frekvenční závislosti a možnostem vzniku nelinearity. Možná nelinearita může mít i více dimenzí – např. u wattmetru napětí, proud a fáze.

Zdrojem nelinearity může být například AD převodník, AC-DC převodník, proudový bočník obzvláště pro vyšší proudy, vstupní dělič obzvláště pro vyšší napětí, u odporové dekády změna kteréhokoliv odporu, chybně zakreslená stupnice analogového přístroje atd. Kalibrační body by měly být rozloženy rovnoměrně po celém kalibrovaném rozsahu.

Před prováděním odečtů je nutno, pokud to není v rozporu se specifikací výrobce či jiným omezením (např. rozsah 10 A u malých multimetrů), ponechat dostatečný čas na ustálení hodnoty.

Pokud je pozorovatelný rozptyl indikace přístroje, je třeba každou hodnotu změřit opakovaně z důvodu následného vyhodnocení nejistoty měření typu A. Větší počet odečtů může vést ke snížení nejistoty typu A.

Větší počet odečtů jednotlivých měření může být u kalibrací vysokých napětí či proudů velmi žádoucí. Důvodem je eliminace chyby vyplývající z nepřesného nastavování požadovaných hodnot na kalibrovaném měřidle a čtení naměřených hodnot na etalonu.

3.2.1.12. Justování měřidla a kalibrace po justáži

U některých přístrojů je možno provést dle postupu uvedeného např. v servisním manuálu výrobce justování měřidla. Justování měřidla je vždy nutno dohodnout se zadavatelem kalibrace. Justování je obvykle požadováno při překročení 70 % roční specifikace výrobce. U novějších přístrojů lze justování provést z čelního panelu tlačítky nebo softwarově. Starší nebo nové levné přístroje využívají mechanických nastavovacích prvků. Justování pomocí mechanických nastavovacích prvků může vést u starších přístrojů k nestabilitě, a proto je třeba jeho provedení zvážit.

Před následnou kalibrací, především u přístrojů justovaných pomocí mechanických nastavovacích prvků, by se přístroj měl vypnout na několik hodin a poté znovu zapnout a teplotně ustálit.

Kalibrace, která následuje po justování, se obvykle provádí ve stejném rozsahu jako před justováním.

V kalibračním listu je nutno uvést jak naměřené hodnoty před justováním, které slouží k posouzení dlouhodobé stability měřidla v době od předchozí kalibrace, tak naměřené hodnoty po justování. Může to být provedeno například formou dvou příloh, kde naměřené hodnoty před dostavením s nejistotami a vyhodnocením jsou uvedeny v příloze č.1. a naměřené hodnoty po dostavení s nejistotami a vyhodnocením jsou uvedeny v příloze č. 2.

Někdy je nutno justování a následnou kalibraci opakovat.

Pokud to zadavatel požaduje (např. po opravě přístroje, která změnila jeho metrologické vlastnosti), nemusí být kalibrace před justováním prováděna a lze přikročit přímo k justování a následné kalibraci. Takový postup musí být v kalibračním listu zdůrazněn.

3.2.1.13. Nejistoty měření (postup výpočtu)

Nejistota měření je parametr přidružený k výsledku měření, který charakterizuje rozptyl hodnot, které by mohly být důvodně prisuzovány k měřené veličině. Kalibrační laboratoř musí mít a používat pro všechny kalibrace a typy kalibrací postup pro odhad nejistoty měření. Při odhadování nejistoty měření musí být za použití vhodných metod analýzy vzaty v úvahu všechny složky nejistoty, které jsou v dané situaci důležité.

V kapitole 3.3 je uvedena řada dokumentů (BIPM, EA, NPL, UKAS, SIT(ACCREDIA), NATA, NASA, FLUKE), které se zabývají nejistotami měření a některé obsahují i vzorové příklady.

Vzorový příklad i výpočet nejistot musí být provedeny v souladu s EA 4/02. Příklad by měl obsahovat:

- Stručný název
- Popis měřicího procesu
- Identifikaci a popis náhodných veličin (zdrojů nejistot), které chceme v příkladu pomocí nejistot charakterizovat. (přehled zdrojů nejistot pro elektrické veličiny je uveden v příloze E dokumentu M3003 na adrese: http://www.ukas.com/library/Technical-Information/Pubs-Technical-Articles/Pubs-List/M3003_Ed3_final.pdf)
- Model měření – matematický vztah mezi náhodnými veličinami (zdroji nejistot).
- Naměřené hodnoty se statistickým vyhodnocením.
- Odhad standardních nejistot, s uvedením, kterou náhodnou veličinu charakterizují, uvedením rozdělení pravděpodobnosti, dělitele a způsobu výpočtu nebo odhadu nejistoty.
- Stanovení citlivostních koeficientů. (Citlivostní koeficienty jsou určovány jako parciální derivace modelu měření podle jednotlivých proměnných (zdrojů nejistot).)
- Přehled nejistot (analýzu nejistot) ve formě tabulky dle bodu 4.8 EA 4/02
- Určení rozšířené nejistoty měření
- Uvedení kompletního výsledku měření

Příklady výpočtu jsou uvedeny v kapitolách 3.2.1.14, 3.2.1.16, 3.2.1.17 a 3.2.1.17 této zprávy. Postup uvedený ve vzorovém příkladu výpočtu nejistoty je nutno dodržet i při vlastních kalibracích. Náhrada nejistoty typu A nejistotou typu B je diskutována v bodě 3.4.10. Otázka pravděpodobnostního rozdělení nejistoty charakterizující časovou a teplotní nestálost je řešena v kapitole 3.6.

Poznámka: Nejistoty typu A, B jsou v dokumentu „International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms VIM, 3rd edition, JCGM 200:2012“ nahrazeny pojmy vyhodnocení nejistoty měření způsobem A, B, ale vzhledem k tomu, že v dokumentu „EA-04/02 Vyjadřování nejistot měření při kalibracích“, který je stále zveřejněn na stránkách ČIA se pracuje s pojmy „Nejistoty typu A, B“, pracuje s nimi i tato zpráva.

3.2.1.14. Příklad výpočtu nejistoty kalibrace revizního přístroje

Revizní přístroj byl kalibrován pomocí kalibrátoru Fluke 5320A ve funkci měření zemní smyčky. Kalibrátor byl připojen k reviznímu přístroji vhodnými vodiči z příslušenství revizního přístroje. Na kalibrátoru byl poté nastaven odpor zemní smyčky $0,9835 \Omega$ a po ustálení bylo odečteno šest hodnot na revizním přístroji. Podmínky prostředí byly referenční pro kalibrátor i revizní přístroj.

Chyba indikace revizního přístroje E_x je dána vztahem

$$E_x = R_{ixpr} - R_s + \delta R_{ix} - \delta R_s \quad (1)$$

kde

R_{ixpr} je průměrná hodnota vypočítaná z opakovaných odečtů revizního přístroje

R_s je hodnota odporu nastavená na kalibrátoru

δR_{ix} korekce na konečnou rozlišovací schopnost revizního přístroje

δR_s je korekce odporu kalibrátoru v důsledku časové a teplotní nestability

Tabulka 3 - Naměřené hodnoty:

| Nast. 5320A (Ω) | Údaj revizního přístroje (Ω) |
|--------------------------|---------------------------------------|
| 0,9835 | 0,984 |
| 0,9835 | 0,985 |
| 0,9835 | 0,984 |
| 0,9835 | 0,984 |
| 0,9835 | 0,983 |
| 0,9835 | 0,984 |

Průměrnou hodnotu vypočítáme dle vztahu (2)

$$R_{ixpr} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n R_{ixj} \quad (2)$$

kde n je počet odměřů

Průměrná hodnota činí 0,984 Ω

Standardní nejistota typu A:

standardní nejistotu typu A u_A (je charakteristikou veličiny R_{ixpr})

vypočteme z opakovaných měření podle vztahu:

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n (R_{ixj} - R_{ixpr})^2} \quad (3)$$

kde n je počet odměřů

Standardní nejistota typu A u_A vypočtená dle vztahu(3) činí 0,00026 Ω

Poznámka:

Při manuálním měření lze nejistotu spojenou s rozptylem několika naměřených hodnot odhadnout též monitorováním minimální ($R_{ix\ min}$) a maximální hodnoty ($R_{ix\ max}$) udávané kalibrovaným číslicovým revizním přístrojem. Naměřenou hodnotu R_{ixpr} určíme jako aritmetický průměr minimální a maximální naměřené hodnoty:

$$R_{ixpr} = 0,5 (R_{ix\ min} + R_{ix\ max}) \quad (4)$$

Při aproximaci rovnoměrným rozdělením platí pro standardní nejistotu spojenou s rozptylem několika naměřených hodnot u_A :

$$u_A = \frac{I}{\sqrt{12}} (R_{ixmax} - R_{ixmin}) \quad (5)$$

Takto vypočtená nejistota charakterizuje identický jev jako nejistota typu A ovšem jiným postupem a hodnotou se většinou bude od hodnoty nejistoty typu A poněkud lišit. Při striktním výkladu dle EA 4/02 jde o nejistotu typu B. Diskuse k tomuto tématu je vedena v kapitole 3.4.10. Při monitorování minimální a maximální hodnoty přichází též v úvahu aproximace normálním rozdělením, kdy je minimální a maximální hodnotě přiřazena hladina pravděpodobnosti např. 95 %.

Standardní nejistoty typu B:

Postup pro stanovení standardních nejistot typu B je založen na stanovení nejistot vztahujících se k odhadu veličin jiným způsobem než statistickou analýzou opakovaných odečtů.

u_{Br} – standardní nejistota daná rozlišovací schopností (citlivostí) revizního přístroje.

Je charakteristikou veličiny δR_{ixpr} . Vypočteme jí vydělením poloviny hodnoty posledního digitu odmocninou ze tří (jde o rovnoměrné rozdělení).

V našem případě tedy:

$$u_{Br} = 0,0005 \text{ } \Omega / \sqrt{3} = 0,000289 \text{ } \Omega = 0,29 \text{ m}\Omega$$

u_{Bskal} – standardní nejistota charakterizující časovou a teplotní nestálost kalibrátoru. Je charakteristikou veličiny δV_s . Tuto nejistotu lze odhadnout pro příslušný rekalibrační interval vydělením specifikací kalibrátoru dvěma (předpokládáme-li normální rozdělení a pravděpodobnost pokrytí přibližně 95%). Někteří výrobci udávají specifikace i pro pravděpodobnost 99%, pak by se tyto specifikace dělily 2,58).

V našem případě tedy:

$$u_{Bskal} = 10,0 \text{ m}\Omega / 2 = 5,0 \text{ m}\Omega$$

u_{Bnkal} – standardní nejistota kalibrace kalibrátoru u_{Bnkal} je charakteristikou veličiny V_s . Vypočteme ji vydělením nejistoty uvedené v kalibračním listu jejím rozšířením $k=2$ (jde o normální rozdělení).

V našem případě tedy :

$$u_{Bnkal} = 1,3 \text{ m}\Omega / 2 = 0,65 \text{ m}\Omega$$

Vzhledem ke skutečnosti, že veličiny uvedené ve vztahu (1) jsou nekorelované, lze nejistotu odhadu hodnoty výstupní veličiny $u(y)$ pro kalibraci stejnosměrného číslicového voltmetru vypočíst dle vztahu:

$$u(y) = \sqrt{c_{uA}^2 \cdot u_A^2 + c_{uBnkal}^2 \cdot u_{Bnkal}^2 + c_{uBr}^2 \cdot u_{Br}^2 + c_{uBskal}^2 \cdot u_{Bskal}^2} \quad (6)$$

kde proměnné c_i ve vztahu (6) jsou citlivostní koeficienty a vypočteme je jako parciální derivace vztahu (1) podle jednotlivých proměnných.

Tabulka 4 - Přehled nejistot

| Veličina | Odhad | Označení std. nejitoty | Velikost std. nejistoty (mΩ) | Pravděpod. rozdělení | Citlivostní koeficient c_i | Příspěvek k nejistotě (mΩ) |
|-----------------|----------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| R_{ixpr} | 0,984 Ω | u_A | 0,26 | normální | 1 | 0,26 |
| R_s | 0,9835 Ω | u_{Bnkal} | 0,65 | normální | -1 | -0,65 |
| δR_{ix} | 0 V | u_{Br} | 0,29 | rovnoměrné | 1 | 0,29 |
| δR_s | 0 V | u_{Bskal} | 5,0 | normální | -1 | -5,0 |
| E_x | 0,0005 Ω | | | | | 5,0 |

Vzhledem k tomu, že je splněna normalita (největší dílčí standardní nejistoty mají normální rozdělení) a spolehlivost je dostatečná (počet efektivních stupňů volnosti určených pomocí Welch-Satterthwaitova vztahu uvedeného jako vzorec E 1 v příloze E v EA 4/02 činí 683843) použijeme koeficient rozšíření $k = 2$.

$$U = 2 * 5,0 \text{ m}\Omega = 10 \text{ m}\Omega$$

Při nastavené hodnotě na kalibrátoru 0,9835 Ω činí odchylka E_x 0,001 Ω +/- 10 mΩ.

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí cca 95 %. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA 4/02.

3.2.1.15. Příklad výpočtu nejistoty kalibrace odporu dekády

Odpor 10 kΩ nastavený na dekádě METRA XLLK (dále dekáda) byl měřen multimetrem Wavetek 1281 (dále multimetr). Dekáda byla připojena k multimetru čtyřvodičově vhodnými vodiči. Multimetr byl nastaven v režimu True-Ohms (s vyloučením termoneapětí), rozlišením 7,5 místa a se zapnutým analogovým filtrem. Multimetr byl na rozsahu 10 kΩ vynulován při připojení dekády s nastaveným nulovým odporem. Poté bylo na dekádě na rozsahu 10 kΩ nastaveno 10,0000 kΩ a po ustálení bylo odečteno šest hodnot na multimetru. Měřicí proud multimetru činil 100 μA. Teplota v laboratoři činila 23 °C +/- 1 °C.

Hodnotu kalibrovaného odporu dekády vypočteme ze vztahu :

$$R_{dek} = r_C * (R_{pr\ mult} + \Delta R_{kal\ mult} + \Delta R_{sp\ mult} + \Delta R_{přech} + \Delta R_{nodp}) - \Delta R_{dek\ tep}$$

Kde :

$R_{pr\ mult}$ je průměrná hodnota odporu udávaná referenčním multimetrem

$$R_{pr\ mult} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n R_{mult\ j}$$

Nejistota $u_{ARpr\ mul}$ je typu A a určíme ji podle vztahu

$$u_{ARpr\ mul} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n (R_{pr\ mult} - R_{mult\ j})^2}$$

kde n je počet odměřů

r_C je korekční faktor pro neúplné vyloučení parazitních termoelektrických napětí. Vzhledem ke skutečnosti, že multimetr vylučuje ve zvoleném režimu True Ohms termoneapětí při každé naměřené hodnotě, je neúplné vyloučení parazitních napětí již součástí náhodného jevu popsaného nejistotou $u_{ARpr\ mul}$ a proto odhadneme $r_C = 1$ a $u_{BrC} = 0$.

$\Delta R_{kal\ mult}$...je chyba uvedená v kalibračním certifikátu referenčního multimetru. Ta činí +0,006 Ω s nejistotou 0,08 Ω pro k = 2. Standardní nejistota kalibrace multimetru $u_{B\ kalrefmult}$ je charakteristikou veličiny $\Delta R_{kal\ mult}$. Vypočteme ji vydělením nejistoty uvedené v kalibračním listu jejím rozšířením k=2 (jde o normální rozdělení). Tedy $u_{B\ kal\ mult} = 0,04 \Omega$

$\Delta R_{sp\ mult}$ je chyba způsobená časovou a teplotní nestálostí, rozlišovací schopností atd. referenčního multimetru. Nejistota $u_{B\ sp\ mult}$ je charakteristikou veličiny $\Delta R_{sp\ mult}$. Tuto nejistotu lze odhadnout pro příslušný rekalibrační interval vydělením specifikací multimetru dvěma (předpokládáme-li normální rozdělení a pravděpodobnost pokrytí přibližně 95%. Někteří výrobci

udávají specifikace i pro pravděpodobnost 99%, pak by se tyto specifikace dělily 2,58). Otázka pravděpodobnostního rozdělení nejistoty charakterizující časovou a teplotní nestálost je řešena v kapitole 3.6.

V našem případě tedy : $u_{B\ sp\ mult} = 0,048\ \Omega$.

ΔR_{nodp}je chyba způsobená nepřesným vyloučením a nestabilitou nulového odporu dekády.

Vzhledem k tomu, že byl zjištěn nulový odpor dekády menší než $0,001\ \Omega$ a na tento odpor byl multimetr vynulován lze $u_{B\ R_{přech}}$ zanedbat .

$\Delta R_{přech}$je chyba způsobená neúplným vyloučením přechodového odporu na svorkách dekády.

Vzhledem k hodnotě odporu a čtyřsvorkovému připojení lze $u_{B\ R_{nodp}}$ rovněž zanedbat. Čtyřsvorkové připojení je třeba realizovat tak aby měřicí proud pokud možno neprotékal přes kontakt napěťová svorka – svorka dekády.

ΔR_{dektep} ...je chyba spojená s možnou nepřesností určení teploty kalibrované dekády. Měřicí proud způsobuje zanedbatelný ohřev a převažuje tedy vliv teploty okolí. Pro teplotní koeficient $0,1\ \Omega / ^\circ C$ a nejistotu teploty dekády $1\ ^\circ C$ pro $k = 2$ vypočteme, že standardní nejistota $u_{B\ dektep} = 0,05\ \Omega$.

Naměřené hodnoty:

| Nast.dekáda (k Ω) | Údaj 1281(k Ω) |
|-----------------------------|------------------------|
| 10,00000 | 10,000010 |
| 10,00000 | 10,000000 |
| 10,00000 | 10,000020 |
| 10,00000 | 10,000010 |
| 10,00000 | 10,000000 |
| 10,00000 | 10,000000 |
| | |
| Průměr (Ω) | 10000,007 |
| Sm.odch v.prům (Ω) | 0,0033 |

odhad $u_{ARpr.mul}$ tedy činí $0,0033\ \Omega$.

Vzhledem ke skutečnosti, vstupní veličiny jsou nekorelované, lze nejistotu odhadu hodnoty výstupní veličiny $u(y)$ pro kalibraci stejnosměrného číslicového voltmetru vypočíst dle vztahu ve tvaru:

$$u(y) = \sqrt{c_{uARpr\ mul}^2 \cdot u_{ARpr\ mul}^2 + c_{uBrc}^2 \cdot u_{Brc}^2 + c_{uBkal\ mult}^2 \cdot u_{uBkal\ mult}^2 + \dots}$$

Pro výpočet citlivostních koeficientů je vhodné zavést do vztahu 1 substituci:

$$(R_{pr\ mult} + \Delta R_{kal\ mult} + \Delta R_{sp\ mult} + \Delta R_{přech} + \Delta R_{nodp}) = A\ (\Omega)$$

Přehled nejistot

| Veličina | Odhad | Označení std. nejistoty | Velikost std. nejistoty | Pravděpod. rozdělení | Citlivostní koeficient c_i | Příspěvek k nejistotě (Ω) |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------------|
| $R_{pr \text{ mult}}$ | 10000,007 Ω | $u_A R_{pr \text{ mult}}$ | 0,0033 Ω | normální | $r_C (\) = 1$ | 0,0033 |
| r_C | 1 | u_{Brc} | 0 | normální | $A (\Omega) = 10000 \Omega$ | 0,000 |
| $\Delta R_{kal \text{ mult}}$ | 0,006 Ω | $u_B \text{ kal mult}$ | 0,040 Ω | normální | $r_C (\) = 1$ | 0,040 |
| $\Delta R_{sp \text{ mult}}$ | 0 Ω | $u_B \text{ sp mult}$ | 0,048 Ω | normální | $r_C (\) = 1$ | 0,048 |
| $\Delta R_{přech}$ | 0 (Ω) | $u_B R_{přech}$ | 0 Ω | normální | $r_C (\) = 1$ | 0,000 |
| ΔR_{nodp} | 0 (Ω) | $u_B R_{nodp}$ | 0 Ω | normální | $r_C (\) = 1$ | 0,000 |
| $\Delta R_{dek \text{ tep}}$ | 0 (Ω) | $u_B R_{dek \text{ tep}}$ | 0,050 Ω | normální | 1 | 0,050 |
| R_{dek} | 10000,001 Ω | | | | | 0,080 |

Vzhledem k tomu, že je splněna normalita (dílní standardní nejistoty mají normální rozdělení) a spolehlivost je dostatečná (počet efektivních stupňů volnosti určených pomocí Welch – Satterthwaitova vztahu uvedeného jako vzorec E 1 v příloze E EA 4/02 činí 1726928), použijeme koeficient rozšíření $k = 2$.

$$U = 2 \cdot 0,08 = 0,16 \Omega$$

Kalibrovaný odpor má tedy hodnotu 10000,001 $\Omega \pm 0,16 \Omega$

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí cca 95 %. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA 4/02.

3.2.1.16. Příklad výpočtu nejistoty kalibrace výstupního výkonu v signálního generátoru

Měřenou veličinou je výkon, který generátor dodá do jmenovité zátěže $Z_0 = 50 \Omega$ při kmitočtu 1500 MHz a nastavené hodnotě výstupního výkonu 0,1 mW. Měření bylo provedeno měřičem výkonu NRVS firmy Rohde & Schwarz s diodovým výkonovým čidlem NRV-Z1.

Hodnota výkonu P_x může být vyjádřena vztahem

$$P_x = P_{stř} (1 + \delta_{KF} + \delta_{LIN} + \delta_{NUL} + \delta_W + \delta_{RES} + \delta_M + \delta_{2H} + \delta_{3H} + \delta_{KON}),$$

kde $P_{stř}$ je střední hodnota výkonu vypočtená z hodnot odečtených na wattmetru,

δ_{KF} je korekce na chybu kalibračního faktoru čidla,

δ_{LIN} je korekce na chybu linearitu čidla,

δ_{NUL} je korekce na nedokonalé vynulování wattmetru,

δ_W je korekce chyby základní jednotky (wattmetru),

δ_{RES} je korekce chyby způsobené rozlišením wattmetru,

δ_M je korekce na vliv impedančního nepřizpůsobení,

δ_{2H} je korekce na vliv druhé harmonické složky,

δ_{3H} je korekce na vliv třetí harmonické složky,

δ_{KON} představuje vliv opakovatelnosti útlumu při spojení konektorového páru.

Tabulka 5 - Naměřené hodnoty:

| Nastavení výkonu na generátoru (μW) | Údaj wattmetru (μW) |
|---|-------------------------------------|
| 100,0 | 99,8 |
| 100,0 | 99,7 |
| 100,0 | 99,8 |
| 100,0 | 99,8 |
| 100,0 | 99,7 |

Průměrnou hodnotu vypočítáme dle vztahu

$$P_{stř} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P_j,$$

kde n je počet odměřů.

Průměrná hodnota výkonu činí 99,76 μW .

Standardní nejistotu typu A u_A vypočteme z opakovaných měření podle vztahu

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n (P_j - P_{stř})^2}.$$

Standardní relativní nejistota typu A činí 0,025 %.

Dále jsou uvedeny poznámky k jednotlivým zdrojům nejistot typu B.

Kalibrační faktor výkonového čidla: V kalibračním listu výkonového čidla je pro daný kmitočet uvedena hodnota kalibračního faktoru 0,994 s rozšířenou nejistotou ($k = 2$) 2,0 %. Pro výpočet hodnoty výkonu P_x se použije korekční součinitel $\delta_{KF} = 0,00604$.

Chyba linearity čidla: Korekce na linearitu čidla se obvykle neprovádí, $\delta_{LIN} = 0$. Uvažovaná hodnota nejistoty 0,35 % vychází z údajů výrobce wattmetru.

Nulování wattmetru: Korekce se zde neprováděla. V uvažovaném případě je hodnota měřeného výkonu tak velká, že vliv driftu nuly je zcela zanedbatelný.

Chyba základní jednotky (wattmetru): Korekce se zde neprovádí, započtená hodnota nejistoty je 0,17 % a vychází z údajů výrobce wattmetru.

Vliv rozlišení při odečtu na wattmetru: Standardní nejistota (v absolutní míře) se vypočte vydělením poloviny posledního zobrazeného místa odmocninou ze tří (předpokládá se rovnoměrné rozdělení). Korekce se zde neprovádí.

Vliv impedančního nepřizpůsobení: Maximální relativní chyba při měření výkonu je dána vztahem

$$M = 2|\Gamma_c||\Gamma_G| \cdot 100 \% ,$$

kde Γ_c je činitel odrazu výkonového čidla a Γ_G je výstupní činitel odrazu generátoru. Příslušná standardní nejistota se vypočte vydělením uvedené hodnoty odmocninou ze dvou, neboť se jedná o rozdělení tvaru U. Chybu vzniklou nepřizpůsobením by bylo možno korigovat v případě znalosti fáze obou činitelů odrazu, což většinou není splněno. K výpočtům nejistoty bylo užito hodnot modulu činitele odrazu

$$|\Gamma_c| = 0,05 , \quad |\Gamma_G| = 0,16 .$$

Vliv vyšších harmonických složek: Výpočet nejistot způsobených obsahem vyšších harmonických složek při měření pomocí diodových čidel je popsán v publikaci 10 uvedené v odst. 3.3.18. Maximální relativní chybu při měření výkonu diodovým čidlem je možno přibližně určit pomocí aproximačního vztahu

$$\delta_{Hmax} = k o_u^{eo} \frac{1}{\left[\left(\frac{P_m}{P} \right)^{ep1ep2} + \frac{1}{n} \right]^{\frac{1}{ep2}}} ,$$

| | | |
|-----|-----------------|---|
| kde | δ_{Hmax} | je maximální relativní chyba měření výkonu v procentech, |
| | P | je hodnota výkonu v miliwattech, |
| | P_m | je mezní hodnota výkonu charakterizující konkrétní typ čidla, |
| | o_u | je odstup vyšší harmonické složky, |
| | $k, n, ep2$ | jsou konstanty získané optimalizací, |
| | $eo, ep1$ | jsou konstanty volené dle řádu harmonické a typu detektoru. |

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty konstant pro různé případy.

Tabulka 6 – Konstanty pro výpočet nejistot:

| parametr | 2. harmonická | | 3. harmonická |
|----------|---------------------|----------------------|---------------|
| | detektor dvoucestný | detektor jednocestný | |
| k | 17,53 | 56,43 | 10,89 |
| eo | 2 | 1 | 1 |
| $ep1$ | 1 | 0,5 | 1 |
| $ep2$ | 0,774 | 1,806 | 0,806 |
| n | 8,25 | 10,69 | 10,41 |

K měření bylo použito diodové čidlo NRV-Z1 s jednocestným detektorem, které je charakterizováno konstantou $P_m = 0,010$ mW.

Vliv druhé harmonické: Hodnota odstupu je -35 dB, potom $o_u = 0,0178$. Po dosazení příslušných konstant z tabulky dostaneme pro výkon $P = 0,1$ mW

$$\delta_{H \max} = 2,329 \% .$$

Pro výpočet standardní nejistoty se převedla hodnota dělí odmocninou ze dvou, neboť se jedná o pravděpodobnostní rozdělení tvaru U. Korekce se běžně neprovádí, příslušnou chybu by bylo možno korigovat pouze v případě znalosti fázových poměrů mezi základní a vyšší harmonickou.

Vliv třetí harmonické: Hodnota odstupu je -32 dB, potom $o_u = 0,0251$. Po dosazení příslušných konstant z tabulky dostaneme pro výkon $P = 0,1$ mW

$$\delta_{H \max} = 1,510 \% .$$

Pro výpočet standardní nejistoty se převedla hodnota dělí odmocninou ze dvou, neboť se jedná o pravděpodobnostní rozdělení tvaru U. Korekce se běžně neprovádí, příslušnou chybu by bylo možno korigovat pouze v případě znalosti fázových poměrů mezi základní a vyšší harmonickou.

Poznámka: Pro odstup vyšší harmonické složky oproti složce základní vyjádřený v dB se v technické literatuře často uvádí jednotka dBc, kde symbol c vyjadřuje vztah k velikosti nosné vlny (carrier).

Opakovatelnost útlumu spojení konektorového páru: Tato složka nahrazuje v některých případech částečně nebo úplně nejistotu typu A. Vychází se zde z experimentálně zjištěných hodnot pro různé typy konektorů publikovaných v dokumentu 2 uvedeném v odst. 3.3.7. K dispozici je rovněž český překlad (dokument 15. uvedený v odst. 3.3.18).

Poznámka: Při měřeních s vyššími nároky na přesnost je vhodné zejména na vyšších kmitočtech mezi opakovanými měřeními provádět rozpojování a vzájemné pootáčení konektorů. Při běžných měřeních na nižších kmitočtech obvykle stačí provést opakovaně odečet při jednom připojení konektorů. S výjimkou měření v blízkosti šumového prahu zde bývají nejistoty typu A výrazně menší než nejistoty typu B. Pro náhodné chyby vzniklé při spojování konektorů obecně platí, že velmi silně závisejí na stupni opotřebení a na čistotě konektorů.

Mezi veličinami vstupujícími do výpočtu nejistot se nepředpokládá významnější stupeň korelace.

Tabulka 7 - Přehled nejistot

| veličina | odhad | nejistota (%) | rozdělení | dělitel | c_i | u_i (%) | V_i, V_{ef} |
|-------------------------------|---------------|------------------------|-----------|---------|-------|-----------|---------------|
| δ_{KF} | 0,604 % | 2,000 | normální | 2 | 1 | 1,000 | ∞ |
| δ_{LIN} | 0 | 0,350 | normální | 1 | 1 | 0,350 | ∞ |
| δ_{NUL} | 0 | 0,000 | normální | 1 | 1 | 0,000 | ∞ |
| δ_W | 0 | 0,170 | normální | 1 | 1 | 0,170 | ∞ |
| δ_{RES} | 0 | 0,050 | rovnorné | 1,732 | 1 | 0,029 | ∞ |
| δ_M | 0 | 1,600 | U | 1,414 | 1 | 1,131 | ∞ |
| δ_{2H} | 0 | 2,329 | U | 1,414 | 1 | 1,647 | ∞ |
| δ_{3H} | 0 | 1,510 | U | 1,414 | 1 | 1,068 | ∞ |
| δ_{KON} | 0 | 0,092 | normální | 1 | 1 | 0,092 | ∞ |
| $P_{stř}$ | 99,76 μ W | 0,025 (nej. typu A) | normální | 1 | 1 | 0,025 | 4 |
| celková standardní nejistota: | | | | | | 2,509 | >1000 |

Udávaný výsledek měření:

Po provedení korekce na chybu kalibračního faktoru výkonového čidla dostaneme výsledek

$$P_x = 100,36 \mu\text{W}.$$

Vzhledem k výslednému počtu stupňů volnosti použijeme koeficient rozšíření $k = 2$.

Naměřená hodnota výkonu je $100,4 \mu\text{W} \pm 5,0 \%$.

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí cca 95 %. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA 4/02.

3.2.1.17. Příklad výpočtu nejistoty kalibrace měřicího transformátoru proudu

Při kalibraci měřicího transformátoru proudu jsou nutná tři etalonová zařízení. V první řadě se jedná o etalonový měřicí transformátor proudu (dále jen „MTP“), se kterým se porovnává kalibrovaný MTP. V případě více rozsahů kalibrovaného MTP může být použito i více etalonových MTP. Dalším nutným etalonem je zátěž, (břemeno) která se využívá k nastavování zatížení v jednotlivých měřicích bodech vyžadovaných kalibračním postupem. Posledním potřebným vybavením je měřicí můstek, který je zároveň vyhodnocovací jednotkou.

Vlastní schéma zapojení etalonů a kalibrovaného MTP je vždy jednoznačně popsáno v příslušných manuálech výrobců měřicích můstků, s jednoznačným označením vstupních a výstupních svorek na etalonovém a kalibrovaném MTP, což je dokumentováno v technických normách. Bývá vhodné specifikovat příslušná zapojení alespoň blokovým schématem i v samotném pracovním postupu.

Při vlastní kalibraci MTP se vždy vyhodnocují dvě veličiny. První veličinou je chyba proudu (chyba převodního poměru), v kalibračním listu se vyjadřuje přímo v procentech (absolutní %). Druhou veličinou je chyba úhlu (chyba od ideálního fázového posunutí 180° mezi primárním a sekundárním proudem), v kalibračním listu se vyjadřuje přímo v úhlových minutách (min). V zahraničí jsou někdy tyto veličiny uváděny i v jiných jednotkách (ppm a μ rad).

Použití vzorce a hodnoty při výpočtu nejistot

Nejistota typu A

Na etalonovém MTP (výrobce Tettex) bylo prováděno více opakovaných měření na různých rozsazích, při různém jmenovitém proudu a různém zatížení. Toto odpovídalo běžným měřicím bodům při kalibracích MTP.

Aby se mohla využít statistická analýza série pozorování v souladu s dokumentem EA 4/02, byl celkový počet měření vždy větší než deset. Protože se jednalo nezávislá měření vstupních veličin, byly použity následující vzorce:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad u_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]}$$

přičemž,

\bar{x} - aritmetický průměr

n - počet měření

x_i - naměřená hodnota

u_A - vypočtená nejistota typu A

V následném příkladu výpočtu je doloženo, že nejistota typu A je mnohem menší než nejistota typu B (zhruba o jeden řád) a tedy její příspěvek k celkové nejistotě je zanedbatelný. Proto se v dalších výpočtech s nejistotou typu A již **neuvazuje**.

Nejistota typu B

U jednotlivých složek nejistot se používá vždy index „V“ pro složku týkající se veličiny, v tomto příkladu proudu, resp. index „U“ týkající se úhlu. Např. „ u_{VI} “ a „ u_{UI} “.

- složka nejistoty vyplývající z kalibrace etalonu – nejistota proudu (u_{VET}) nebo nejistota úhlu (u_{UET}) použitá z kalibračního listu etalonového MTP pro $k=1$
- složka nejistoty chyby proudu (u_{VI}) nebo úhlu (u_{UI}) v závislosti na použitém měřicím zařízení (můstku), hodnota určena odborným odhadem, který vychází z manuálu výrobce a chyby uváděných v kalibračním listu k můstku
 - měřicí zařízení Tettex, typ 2711/22 nebo 2711/23
 - při použití metody diferenciální, nastavení přepínače x 1 (dále jen metoda "X1") – $u_{VI} = 0,005 \% \quad u_{UI} = 0,3'$ (úhlová minuta)
 - při použití metody diferenciální, nastavení přepínače x 10 (dále jen metoda "X10") – $u_{VI} = 0,0025 \% \quad u_{UI} = 0,1'$ (úhlová minuta)
 - automatické měřicí zařízení Tettex, typ 2767
 - při použití této metody (dále jen metoda "aut") – $u_{VI} = 0,0025 \% \quad u_{UI} = 0,1'$ (úhlová minuta)
- složka nejistoty chyby proudu (u_{V2}) nebo úhlu (u_{U2}) v závislosti na použitých ampérmetrech, kterými se měří jmenovitý primární proud, hodnota určena – $u_{V2} = 0,002 \% \quad u_{U2} = 0,04'$ (úhlová minuta)
- složka nejistoty chyby proudu (u_{V3}) nebo úhlu (u_{U3}) v závislosti na použité zátěži a případně nulovém indikátoru, hodnota určena – $u_{V3} = 0,002 \% \quad u_{U3} = 0,04'$ (úhlová minuta)
- složka nejistoty chyby úhlu (u_{U4}) v závislosti na změně frekvence (viz manuál výrobce) – $u_{U4} = 0,05'$ (úhlová minuta)

$$u_{BV} = \sqrt{u_{VET}^2 + \frac{u_{V1}^2}{3} + \frac{u_{V2}^2}{3} + \frac{u_{V3}^2}{3}}$$

$$u_{BU} = \sqrt{u_{UET}^2 + \frac{u_{U1}^2}{3} + \frac{u_{U2}^2}{3} + \frac{u_{U3}^2}{3} + \frac{u_{U4}^2}{3}}$$

$$U_V = 2 * u_{BV}$$

$$U_U = 2 * u_{BU}$$

Pozn. Nejistota typu A je zde již zanedbána v smyslu předchozího odstavce.

Příčemž jednotlivá označení znamenají:

u_{BV} standardní nejistota typu B pro proud

u_{BU} standardní nejistota typu B pro úhel

U_V rozšířená nejistota ($k = 2$) pro proud

U_U rozšířená nejistota ($k = 2$) pro úhel

Příklad výpočtu nejistoty

Příklad se týká kalibrace měřicího transformátoru proudu použitím automatického zařízení Tettex 2767 porovnáním s etalonovým měřícím transformátorem proudu HB.

V následující tabulce je uvedeno několik příkladů srovnávacích vypočtených nejistot typu A z naměřených hodnot.

| Měřený rozsah MTP, jmenovitý proud | Vypočtené nejistoty typu A | |
|---|----------------------------|------------------------------------|
| 50/5 A, 120 % jmenovitého primárního proudu | $u_{AV} = 0,00022 \%$ | $u_{AU} = 0,0087'$ (úhlová minuta) |
| 5/5 A, 50 % jmenovitého primárního proudu | $u_{AV} = 0,00028 \%$ | $u_{AU} = 0,0093'$ (úhlová minuta) |
| 100/5 A, 10 % jmenovitého primárního proudu | $u_{AV} = 0,00016 \%$ | $u_{AU} = 0,0020'$ (úhlová minuta) |

Protože nejistota typu A je **minimálně desetkrát menší** než nejistota typu B, je standardní nejistota typu A dále zanedbána.

Zdroje standardní nejistoty typu B jsou:

| | |
|-----------|---|
| u_{V1} | složka nejistoty chyby proudu v závislosti na použitém měřícím zařízení |
| u_{V2} | složka nejistoty chyby proudu v závislosti na použitém ampérmetru |
| u_{V3} | složka nejistoty chyby proudu v závislosti na použité zátěži a nulovém indikátoru |
| u_{VET} | složka nejistoty chyby proudu při kalibraci etalonu |
| u_{BV} | standardní nejistota pro chybu proudu |
| U_V | rozšířená nejistota pro chybu proudu |
| u_{U1} | složka nejistoty chyby úhlu v závislosti na použitém měřícím zařízení |
| u_{U2} | složka nejistoty chyby úhlu v závislosti na použitém ampérmetru |
| u_{U3} | složka nejistoty chyby úhlu v závislosti na použité zátěži a nulovém indikátoru |
| u_{U4} | složka nejistoty chyby úhlu v závislosti na změně frekvence |
| u_{UET} | složka nejistoty chyby úhlu při kalibraci etalonu |
| u_{BU} | standardní nejistota pro chybu úhlu |
| U_U | rozšířená nejistota pro chybu úhlu |

Přehled ovlivňujících veličin pro chybu proudu

| veličina | odhad [%] | pravděpodobnostní rozložení | standardní nejistota [%] | koeficient citlivosti | příspěvek k nejistotě [%] |
|-----------|-----------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|
| u_{V1} | 0,0025 | rovnoměrné | 0,00144 | 1 | 0,00144 |
| u_{V2} | 0,002 | rovnoměrné | 0,00115 | 1 | 0,00115 |
| u_{V3} | 0,002 | rovnoměrné | 0,00115 | 1 | 0,00115 |
| u_{VET} | 0,00250 | normální | 0,0025 | 1 | 0,0025 |
| V_X | 0,009 | | | | 0,00332 |

Přehled ovlivňujících veličin pro chybu úhlu

| veličina | odhad [min] | pravděpodobnostní rozložení | standardní nejistota [úhlová minuta] | koeficient citlivosti | příspěvek k nejistotě [úhlová minuta] |
|-----------|-------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| u_{V1} | 0,1 | rovnoměrné | 0,0577 | 1 | 0,0577 |
| u_{V2} | 0,04 | rovnoměrné | 0,0231 | 1 | 0,0231 |
| u_{V3} | 0,04 | rovnoměrné | 0,0231 | 1 | 0,0231 |
| u_{V4} | 0,05 | rovnoměrné | 0,0289 | 1 | 0,0289 |
| u_{UET} | 0,2 | normální | 0,100 | 1 | 0,100 |
| U_X | 0,439 | | | | 0,123 |

Rozšířená nejistota

Rozšířená nejistota U_V pro chybu proudu vypočtená pro pravděpodobnostní pokrytí 95 %:

$$U_V = k * U_{BV} = 2 * 0,00332 = 0,00664 \cong 0,007\%$$

Kde $k = 2$ je koeficient pokrytí

Rozšířená nejistota U_U pro chybu úhlu vypočtená pro pravděpodobnostní pokrytí 95 %:

$$U_U = k * U_{BU} = 2 * 0,123 = 0,246 \cong 0,3' \text{ (úhlová minuta)}$$

Kde $k = 2$ je koeficient pokrytí.

3.2.1.18. Vyhodnocení kalibrace

Pro měřidlo se chyba měření určí jako rozdíl hodnoty indikované kalibrovaným měřidlem a hodnoty referenční. Pro zdroj (kalibrátor) se chyba nastavené (jmenovité) hodnoty určí jako rozdíl hodnoty nastavené(jmenovité) na kalibrovaném zdroji a údaje referenčního měřidla.

Pokud specifikací rozumíme interval s horním a dolním tolerančním limitem, ve kterém se může odchýlit hodnota indikovaná kalibrovaným měřidlem resp. nastavená na kalibrovaném zdroji od referenční hodnoty a máme možnost specifikaci stanovit, je možné provést vyhodnocení kalibrace porovnáním chyby měření resp. nastavení se specifikací. Specifikaci obvykle stanovíme z dokumentace výrobce nebo normy, specifikaci si může stanovit i zákazník. Vyjádření o shodě či neshodě by mělo být vypracováno pouze tehdy, když poměr součtu tolerančních limitů kalibrovaného měřidla k dvojnásobku rozšířené nejistoty kalibrace pro pravděpodobnost asi 95 % (test uncertainty ratio (TUR) dle ANSI/NCSL Z540.3:2006) je přiměřeně velký a vhodný pro daný účel (to znamená, že daná laboratoř by měla být schopna splnit potřeby zákazníka). Pokud jsou vypracována vyjádření o souladu dle ČSN EN ISO/IEC 17025 a ILAC-G8:03/2009, musí být specifikace pro vyhodnocení shody zúžena o rozšířenou nejistotu měření. Je jasné, že pokud se TUR zmenšuje, roste oblast, ve které není možno rozhodnout, zda přístroj vyhovuje či nevyhovuje specifikaci. EURAMET/cg-15/v.01 považuje za obvykle dostačující TUR 4:1. Hned v následujících větách však EURAMET/cg-15/v.01 uvádí příklady, kdy TUR 4:1 není možno nebo je obtížné dodržet. Například u multimetru s nízkým rozlišením v případě, že v daném bodě specifikaci i zdroji nejistoty dominuje rozlišovací schopnost nebo u velmi přesných multimetrů. Zákazník si též může specifikaci stanovit sám (většinou se jedná o zhoršení specifikací) a požadovat vyhodnocení oproti své specifikaci. Takový požadavek zákazníka musí být prokazatelně dokumentován, přezkoumán a specifikace podrobně popsány v kalibračním listu.

Pokud jsou v kalibračním listu vynechány naměřené hodnoty a s nimi spojené nejistoty, musí laboratoř tyto výsledky zaznamenat a udržovat jejich záznamy pro další možnou potřebu a musí být provedeno vyhodnocení souladu se specifikací dle ČSN EN ISO/IEC 17025 a ILAC-G8:03/2009. Vynechání výsledků v kalibračním listu nelze doporučit, neboť i když přístroj vyhoví specifikacím, zákazník se z kalibračního listu nedozví, zdali se pohybuje ve specifikaci s rezervou či na okraji, nakolik byla specifikace zúžena o rozšířenou nejistotu a může též dojít k omylu, protože někteří výrobci s postupem času specifikaci u stejného typu přístroje mění. Pokud laboratoř neuvede naměřené hodnoty a s nimi spojené nejistoty, měla by v případě, že to odpovídá skutečnosti, alespoň deklarovat, že TUR (definice viz výše) je větší nebo roven 4:1. V takovém případě se nejistoty kalibrace již výrazněji nepromítnou do nejistot měření uživatele kalibrovaného měřidla. Pokud tomu tak není, měly by být vždy uvedeny naměřené hodnoty a nejistoty měření.

3.2.1.19. Udávání výsledku kalibrace v kalibračních listech

Norma ISO/IEC 17025 vyžaduje, aby kalibrační laboratoř na kalibračních listech / certifikátech udávala nejistotu měření nebo uvedla prohlášení o souladu s konkrétní metrologickou specifikací nebo její částí. Výsledek měření musí obvykle zahrnovat měřenou veličinu y a příslušnou rozšířenou nejistotu U. Nejistota je vždy nezáporné číslo. V kalibračních listech / certifikátech se výsledek měření má uvádět ve tvaru $y \pm U$ s přiřazenými měřicími jednotkami pro y a U. V odpovídajících případech může být uvedena i relativní rozšířená nejistota $U / |y|$. V kalibračním listu / certifikátu se musí uvést koeficient rozšíření a pravděpodobnost pokrytí. Numerická hodnota rozšířené nejistoty musí být udána na nejvýše dvě platné číslice a v konečném vyjádření musí být numerická hodnota výsledku měření zaokrouhlena na nejnižší platnou číslici hodnoty rozšířené nejistoty přiřazené danému výsledku měření. Akreditované kalibrační laboratoře nesmí udávat pro akreditované kalibrace menší hodnotu nejistoty měření, než je nejistota CMC, s níž je laboratoř akreditována.

V kalibračním listu je vhodné uvádět pro každý kalibrační bod nastavenou funkci, rozsah, další potřebné údaje o konfiguraci kalibrovaného měřidla, a naměřenou (nastavenou) hodnotu kalibrovaného přístroje, referenční hodnotu, specifikaci, vyhodnocení (pokud je vyhodnocení provedeno) a rozšířenou nejistotu.

3.2.1.20. Udávání podmínek, za kterých byla kalibrace provedena v kalibračních listech

V kalibračních listech musí být uvedeny podmínky, za kterých byly kalibrace provedeny a které měly vliv na výsledky měření. Jsou to například podmínky prostředí (teplota, vlhkost) nebo potřebné údaje o konfiguraci kalibrovaného měřidla (funkce, rozsah apod.).

3.2.1.21. Validace metody

Smyslem validace metody je potvrzení, že metoda vyhovuje pro zamýšlené použití.

Validovat je dle ČSN EN ISO/IEC 17025 nutno metody neuvedené v normách nebo normativních dokumentech, metody navržené / vyvinuté laboratoří, normalizované metody používané mimo zamýšlenou oblast použití a normalizované rozšířené a / nebo modifikované metody.

Provedení validace je ovšem doporučeno u všech metod.

Validace musí být provedena v dostatečné šíři a písemně zaznamenána a vyhodnocena.

Dle ČSN EN ISO/IEC 17025 se má pro stanovení způsobilosti metody použít jedna z následujících metod nebo jejich kombinace

Kalibrace s použitím referenčních etalonů s platnou návazností v souladu ČSN EN ISO/IEC 17025 a MPA 30-02-08 „Návaznost měřidel a výsledků měření“ a s vhodně stanovenými rekalkibračními intervaly např. s využitím dokumentu ILAC-G24 - Pokyny pro stanovení kalibračních intervalů měřicích přístrojů (Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments, 2007).

1. Porovnání výsledků dosažených jinými metodami – pro provedení validace a též při existenci pochybnosti o výsledku měření je vhodné provést měření jinou metodou nebo alespoň s jiným etalonem. Vhodné je též přezkoumání chování kalibrovaného měřidla při minulých kalibracích - pokud jsou k dispozici.
2. Mezilaboratorní porovnávání - u kalibračních laboratoří ČIA doporučuje úspěšnou účast ve vhodných porovnáních v rozsahu dle MPA 30-03-12 „Politika ČIA pro účast v národních a mezinárodních aktivitách v oblasti zkoušení způsobilosti“. Nejistoty uvedené laboratoří při porovnání musí být v přiměřené relaci k CMC. Jinými slovy, nejistota uvedená kalibrační laboratoří musí být rovna CMC nebo zdůvodnitelně větší než CMC. Metoda je mezilaboratorním porovnáním validována nejlépe pokud nejistota udávaná pilotní laboratoří je přiměřeně menší (nejlépe čtyři a vícekrát) než nejistota udávaná laboratoří, která si validuje své CMC. Pokud nejistota udávaná pilotní laboratoří není přiměřeně menší, míra validace samozřejmě klesá, avšak i v případě, že kalibrační laboratoř má nejistoty srovnatelné či dokonce nepatrně nižší než pilotní laboratoř, může mít takové porovnání značnou vypovídací schopnost, pokud jsou naměřené hodnoty obou laboratoří dostatečně blízko.
3. Systematické posuzování faktorů ovlivňujících výsledek, především posouzení, zda metody používané laboratoří pro kalibraci prověřují kalibrovaný přístroj vhodným způsobem a ve vhodném rozsahu a zda způsob a rozsah prověření odpovídá potřebám zákazníků.
4. Posouzení nejistoty výsledků na základě znalosti teoretických principů metody a praktických zkušeností. Součástí každého schváleného pracovního postupu musí být i

postup pro výpočet nejistoty měření v souladu s dokumentem EA 4/02. Tento postup musí být samozřejmě dodržován i při vlastních kalibracích. Vybavení a metody, které laboratoř používá, musí umožnit dosažení takových nejistot, které odpovídají potřebám zákazníků.

3.2.2. Důležité činnosti, které bývají popsány v jiných dokumentech než v kalibračním postupu.

3.2.2.1. Interní kalibrace

Interní kalibrace řeší dokument MPA 30-02-08 „*Návaznost měřidel a výsledků měření*“.

Interní kalibrací se rozumí kalibrace měřidel, která jsou ve správě laboratoře, prováděné jejími vlastními pracovníky. Interní kalibrace jsou srovnatelné s externími kalibracemi, které plně nahrazují. Tam, kde je třeba provádět interní kalibrace v rámci laboratoře, musí laboratoře prokázat způsobilost k těmto kalibracím a prokázat, že interní kalibrace jsou prováděny plně v souladu s požadavky ČSN EN ISO/IEC 17025. Pro laboratoř provádějící interní kalibrace platí rovněž požadavky MPA 30-03-07. Požadavky, včetně požadavků na dokumentování metodiky, jsou tedy podobné jako při akreditaci k externím kalibracím snad s výjimkou deklarování CMC. Laboratoř může samozřejmě dokladovat způsobilost tím, že metodika používaná pro interní kalibrace je akreditována pro externí kalibrace.

Pokud laboratoř nevystavuje interní kalibrační listy, musí mít k dispozici všechny údaje potřebné pro jeho případné vystavení.

Interními kalibracemi nejsou např.: - kalibrace / seřízení měřidel před každým měřením, např. nulování, seřízení na kontrolní hodnotu, mezikalibrační kontroly.

3.2.2.2. Mezikalibrační kontroly

ČSN EN ISO/IEC 17025 uvádí:

5.5.10 Jsou-li zapotřebí mezikalibrační kontroly, aby se zachovala důvěra ve stav kalibrace zařízení, musí se tyto kontroly provádět periodicky podle stanoveného postupu.

5.6.3.3 Mezikalibrační kontroly - kontroly potřebné k udržování důvěry ke stavu kalibrace referenčních, primárních, porovnávacích nebo pracovních etalonů nebo referenčních materiálů musí být prováděny v souladu se stanovenými postupy a podle časového plánu.

Aby laboratoř mohla provést mezikalibrační kontrolu svých etalonů, musí mít dva nebo více etalonů, které může mezi sebou porovnat. Při mezikalibrační kontrole jsou více potvrzovány vlastnosti méně přesného etalonu zatímco vlastnosti více přesného etalonu jsou potvrzovány méně. Pro potvrzení CMC je nejlépe porovnávat etalony stejné přesnosti. Ještě lepší je, pokud laboratoř kalibruje externě své etalony postupně a při obdržení nových kalibračních hodnot porovná i ostatní etalony. Laboratoř může mít např. kalibrátor a multimetr srovnatelné přesnosti s rekalkibrační lhůtou jeden rok. Pokud po půl roce střídavě kalibruje multimetr a kalibrátor a vždy po kalibraci provedou mezikalibrační kontrolu, výrazně si snižují pravděpodobnost nevyhovujících kalibračních hodnot. Výstupem mezikalibrační kontroly může být v případě rozporu požadavek na novou kalibraci. Mezikalibrační kontroly lze v každém případě doporučit. Výrobci obvykle mezikalibrační kontroly v manuálech nepožadují, ale pokud by je požadovali, bylo by třeba je provést. Mezikalibrační kontroly jsou velmi doporučeny v případě, že laboratoř prodlužuje rekalkibrační interval nad doporučení výrobce, v případě, že laboratoř používá etalon pro externí kalibrace, v případě, že výsledky kalibrace přesného měřidla jsou podezřelé a v případě, že při minulé kalibraci byl etalon před dostavením mimo specifikaci. Podkladem pro provádění mezikalibračních kontrol může být analýza hodnot před justováním a po justování etalonu.

Postup mezikalibrační kontroly je v podstatě variantou kalibračního postupu/metodiky.

Laboratoř by měla mít na paměti, že při nevyhovujících výsledcích následné kalibrace je třeba řešit v rámci neshodné práce, provést opatření k nápravě, popřípadě analyzovat příčiny a zavést preventivní opatření. Součástí by mělo být vyhodnocení dopadu na provedené kalibrace a v případě potřeby informování zákazníků, stažení kalibračních listů atd.

3.2.2.3. *Sledování historie etalonů a predikce vývoje.*

Sledování historie etalonů a predikce vývoje je běžná především u jednohodnotových etalonů, např. odporu nebo napětí. Ze zaznamenaných údajů o datu kalibrace, naměřené hodnotě a nejistotě lze za předpokladu stabilního trendu predikovat hodnoty i s nejistotami na následující období. Pro zhodnocení vývoje je vhodné vynesení do grafu.

Takto by bylo teoreticky možno postupovat, pokud by neproběhlo justování, i u vícehodnotových etalonů. Vícehodnotové etalony se ale obvykle, například při překročení 70 % roční specifikace výrobce, justují. Etalony musí být kalibrovány před a po jakémkoli justování. K požadavku na justování dochází někdy až po několika rekalibracích. V takovém případě je historie obvykle sledována na základě čerpání specifikací před justováním a po případném justování.

3.2.2.4. *Rekalibrační intervaly*

Pro stanovení rekalibračních intervalů lze využít dokument: ILAC-G24 - Pokyny pro stanovení kalibračních intervalů měřicích přístrojů (Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments, 2007).

V praxi laboratoře často vyjdou např. z roční specifikace výrobce a na základě následných kalibrací mění rekalibrační interval či specifikaci.

Laboratoř by měla mít na paměti, že při nevyhovujících výsledcích následné kalibrace je třeba řešit v rámci neshodné práce, provést opatření k nápravě, popřípadě analyzovat příčiny a zavést preventivní opatření. Součástí by mělo být vyhodnocení dopadu na provedené kalibrace a v případě potřeby informování zákazníků, stažení kalibračních listů atd.

3.2.3. Výpočet CMC a uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci.

3.2.3.1. Zásady výpočtu CMC

CMC je měřicí kalibrační schopnost, která je zákazníkům k dispozici za běžných 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.

CMC - měřicí schopnost kalibrace je tedy nejmenší nejistota, které může v rámci akreditace laboratoř za normálních podmínek dosahovat při provádění kalibrací měřidel.

Při výpočtu CMC se je obvykle možno vycházet z příkladu výpočtu nejistoty. Nejistota A a nejistoty typu B související s chováním kalibrovaného měřidla se považují, pokud je to odůvodnitelné, za zanedbatelné. Při rozhodnutí, zda zanedbat nejistoty typu B související s chováním kalibrovaného měřidla je třeba vzít v úvahu vlastnosti "nejlepšího dostupného zařízení", které je k dispozici pro konkrétní kategorii kalibrace. 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 i nejlepšímu existujícímu kalibrovanému nebo měřenému zařízení, by na druhé straně neměl být významný. Lze připustit, že pro některé kalibrace „nejlepší existující zařízení“ neexistuje. Lze též připustit, aby příspěvek k nejistotě připisovaný „nejlepšímu existujícímu zařízení“ nejistotu významně ovlivňoval. Pokud je takový příspěvek k nejistotě možné oddělit od ostatních příspěvků, pak je možné příspěvek připisovaný „nejlepšímu existujícímu zařízení“ ze stanovení CMC vyloučit. V takovém případě však musí rozsah akreditace jasně uvádět, že příspěvky „nejlepšího existujícího zařízení“ k nejistotě nejsou do CMC zahrnuty.

Výpočty musí být samozřejmě provedeny pro celý rozsah CMC. Záznamy výpočtů musí být archivovány.

Pro obor elektrické veličiny je na stránkách ČIA (<http://www.cia.cz/default.aspx?id=72&webCat=15>) ke stažení následující vzor:

~~~~~ varianta pro kalibrace elektrických veličin ~~~~~

#### Obor měřené veličiny: elektrické veličiny

##### Kalibrace:

Nominální teplota pro kalibraci: (       ±       ) °C

Laboratoři je umožněn flexibilní rozsah akreditace upřesněný v dodatku.

Aktuální seznam činností prováděných v rámci vlastního flexibilního rozsahu je k dispozici v laboratoři (např. „u vedoucího laboratoře“ nebo „na webových stránkách laboratoře www...“).

| Pořadové číslo <sup>1)</sup> | Měřená veličina a rozsah měření | Frekvence | Měřicí schopnost kalibrace [ ± ] <sup>2)</sup> | Identifikace metody |
|------------------------------|---------------------------------|-----------|------------------------------------------------|---------------------|
| 1                            |                                 |           |                                                |                     |
| 2                            |                                 |           |                                                |                     |
| 3 *                          |                                 |           |                                                |                     |
|                              |                                 |           |                                                |                     |
|                              |                                 |           |                                                |                     |

- 1) v případě, že laboratoř provádí kalibrace mimo/i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou
- 2) vyjádřená obdobně jako nejistota v souladu s požadavky dokumentu EA 4/02 při  $k = 2$

Pro vyjádření CMC v oblasti elektrických veličin tedy musí být uvedena měřená veličina, rozsah měření, další parametr např. frekvence střídavého napětí, měřicí schopnost kalibrace (nejistota měření) a identifikace metody. Pokud není uvedena frekvence má se za to, že jde o stejnosměrné měření. Měřicí schopnost kalibrace se vyjadřuje jako rozšířená nejistota se specifickou pravděpodobností pokrytí asi 95% (může tak teoreticky vzniknout požadavek na úpravu poznámky <sup>2)</sup> u výše uvedeného vzoru). Určitým problémem výše uvedeného vzoru dále je, že kromě frekvence může být potřebné uvést i další podstatný parametr, například napětí u stejnosměrného měření izolačního odporu. V některých případech (např. u revizních přístrojů) je též vhodné uvést přístroj. Přístroj v nadpisu tabulky používá UKAS např.

<http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0809Calibration%20Single.pdf>

Bude proto jednáno o zavedení níže uvedeného vzoru.

| Pořadové číslo <sup>1)</sup> | Měřená veličina nebo přístroj a rozsah měření | Parametr(y) měřené veličiny | Měřicí schopnost kalibrace [ ± ] <sup>2)</sup> | Identifikace metody |
|------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|---------------------|
| 1                            |                                               |                             |                                                |                     |
| 2                            |                                               |                             |                                                |                     |
| 3 *                          |                                               |                             |                                                |                     |
|                              |                                               |                             |                                                |                     |
|                              |                                               |                             |                                                |                     |

1) v případě, že laboratoř provádí kalibrace mimo/i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

2) vyjádřená obdobně jako nejistota v souladu s požadavky dokumentu EA 4/02 pro pravděpodobnost pokrytí asi 95%.

Vyjádření CMC nesmí být dvojnásobné. Jednotka měřicí schopnosti kalibrace musí být buď stejná nebo násobkem měřené veličiny nebo v relativním vyjádření k měřené veličině (například procenta z naměřené hodnoty,  $\mu V/V$ , v zahraničních přílohách se používá též ppm), případně kombinací obojího. Při použití relativního vyjádření musí být jasné k čemu se vztahuje (např. k naměřené hodnotě). Forma uvedení měřicí schopnosti kalibrace může být jednou hodnotou pro celý rozsah měření, různými jednotlivými hodnotami pro různé rozsahy měření (dále jednosložkové vyjádření), explicitní funkcí měřené veličiny (např. % z měřené hodnoty + pozadí v jednotce či násobku měřené veličiny (dále dvousložkové vyjádření)). ILAC-P14: 12/2010 připouští pro CMC i formu matice nebo grafu za předpokladu, že každá osa má dostatečné rozlišení, umožňující získat pro nejistotu nejméně dvě platné číslice. Příklad využití matice pro CMC viz: <http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0147Calibration%20Multiple.pdf>. Uvedení měřicí schopnosti kalibrace naopak nesmí mít formu otevřeného intervalu (např. "U <x").

V některých přílohách OA v dané oblasti je voleno jednosložkové vyjádření CMC pro daný úrovnový a frekvenční rozsah, v jiných přílohách je voleno dvousložkové vyjádření CMC.

Výhodou jednosložkového vyjádření je možná poněkud pohodlnější získání přehledu o schopnostech laboratoře, avšak nevýhodou může být zhoršení deklarovaných CMC oproti skutečnosti v případě, kdy etalon má dvousložkovou specifikaci. Zhoršení deklarovaných CMC oproti skutečnosti lze v tomto případě čelit podrobnějším rozčleněním rozsahů nebo vyjádřením pomocí matice (v souladu s ILAC P-14), která přehledněji umožní zapsat více rozsahů a příslušných hodnot CMC.

Dvousložkové vyjádření CMC často lépe koresponduje se specifikací výrobce etalonu a přibližuje se tak více ke skutečnosti.

Například při kalibraci multimetrů pomocí kalibrátoru se bude za předpokladu dostatečně nízké nejistoty návaznosti kalibrátoru dvousložkové vyjádření CMC často krýt nebo alespoň tvarem funkce odpovídat dvousložkově uvedené specifikaci kalibrátoru.

Doporučeno je tedy, aby způsob vyjádření CMC co nejlépe kopíroval skutečný charakter CMC. Toto bude často splňovat právě dvousložkové vyjádření. Pokud ale laboratoř má zato, že jednosložkové vyjádření jí vyhovuje lépe, např. z důvodu přehlednosti pro zákazníky, může samozřejmě volit jednosložkové CMC.

Pro danou veličinu by mělo být CMC vyjádřeno zvlášť pro měření a zvlášť pro generování (pokud není stejné).

### 3.2.3.2. Příklad výpočtu CMC v dvousložkovém vyjádření

Laboratoř provádí kalibrace multimetrů pomocí kalibrátoru Meatest M140. Cílem je stanovení CMC v dvousložkovém vyjádření pro stejnosměrné napětí v rozmezí 2 V až 20 V.

Chyba indikace stejnosměrného číslicového voltmetru  $\Delta$  je dána vztahem:

$$\Delta = U_s - U_k + \delta U_s - \delta U_k - \delta U_t \quad (7)$$

kde :

$U_s$  je střední hodnota vypočítaná z naměřených údajů voltmetru („nejlepšího existujícího zařízení“)

$U_k$  je hodnota stejnosměrného napětí nastavená na kalibrátoru

$\delta U_s$  je korekce na vliv kalibrovaného voltmetru („nejlepšího existujícího zařízení“)

$\delta U_k$  je korekce napětí kalibrátoru v důsledku časové a teplotní nestability

$\delta U_t$  je korekce na termoelektrické napětí generované na kontaktech propojovacích vodičů a svorek voltmetru a kalibrátoru.

### **Stanovení standardních nejistot typu B:**

#### **a) Stanovení složek nejistot charakterizujících časovou a teplotní nestálost kalibrátoru**

$u_{h(\delta U_k)}$  – složka % z naměřené hodnoty standardní nejistoty charakterizující časovou a teplotní nestálost kalibrátoru.

$u_{p(\delta U_k)}$  – složka pozadí standardní nejistoty charakterizující časovou a teplotní nestálost kalibrátoru.

Složky nejistot  $u_{h(\delta U_k)}$  a  $u_{p(\delta U_k)}$  jsou charakteristikou veličiny  $\delta U_k$ .

Výrobce udává:

- Mezní chybu stejnosměrného napětí v rozsahu 2 V až 20 V činí 0,003 % z nastavené hodnoty + 100  $\mu$ V při zatěžovacím proudu 0 mA až 30 mA
- Uvedená mezní chyba je platná po ustálení pracovního režimu přístroje po dobu 60 min. při provozu kalibrátoru v rozsahu pracovních teplot ( $23 \pm 2$ ) °C.
- Mezní chyba zahrnuje dlouhodobou stabilitu, teplotní koeficient, zátěžové charakteristiky, nestabilitu napájecí sítě a návaznost výrobce na národní etalony.
- Uvedená mezní chyba je platná po dobu 1 roku od recalibrace.

Laboratoř pravidelně kalibruje kalibrátor Meatest M140 v rekaliбраční lhůtě jeden rok pod dobu 5 let. Pokud bylo při kalibraci před justováním zjištěno čerpání více než 70 % mezní chyby, byl kalibrátor justován a následně byla provedena kalibrace po justáži. Laboratoř provádí v polovině rekaliбраčního intervalu mezikalibráční kontrolu porovnáním s multimetrem Agilent 34401A.

Laboratoř provádí kalibrace při teplotách  $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$

$u_{h(\delta U_k)}$  – složka % z naměřené hodnoty standardní nejistoty charakterizující časovou a teplotní nestálost kalibrátoru vypočtená vydělením složky z hodnoty jednorocních specifikací kalibrátoru Meatest M140 dvěma (předpokládáme-li normální rozdělení a úroveň spolehlivosti 95 %). Není voleno rovnoměrné rozdělení, protože předpoklad, že nikdy nebude překročena mezní chyba by byl nerealistický. Otázka pravděpodobnostního rozdělení nejistoty charakterizující časovou a teplotní nestálost je řešena v kapitole 3.6.

Tedy  $u_{h(\delta U_k)} = 0,003 \text{ } \% \text{ z nastavené hodnoty} / 2 = 0,0015 \text{ } \% \text{ z nastavené hodnoty} \text{ (} k=1 \text{)}$

$u_{p(\delta U_k)}$  – složka pozadí standardní nejistoty charakterizující časovou a teplotní nestálost kalibrátoru vypočtená vydělením složky pozadí jednorocních specifikací kalibrátoru Meatest M140 dvěma (předpokládáme-li normální rozdělení a úroveň spolehlivosti 95 %). Není voleno rovnoměrné rozdělení protože předpoklad, že nikdy nebude překročena mezní chyba by byl nerealistický. Otázka pravděpodobnostního rozdělení nejistoty charakterizující časovou a teplotní nestálost je řešena v kapitole 3.6.

Tedy  $u_{p(\delta U_k)} = 100 \text{ } \mu\text{V} / 2 = 50 \text{ } \mu\text{V} \text{ (} k=1 \text{)}$

### **b) Stanovení složek nejistoty charakterizující vliv kalibrovaného voltmetru („nejlepšího existujícího zařízení“)**

$u_{h(\delta U_s)}$  – složka % z měřené hodnoty standardní nejistoty charakterizující vliv kalibrovaného voltmetru („nejlepšího existujícího zařízení“).

$u_{p(\delta U_s)}$  – složka pozadí standardní nejistoty charakterizující vliv kalibrovaného voltmetru („nejlepšího existujícího zařízení“).

Složky nejistot  $u_{h(\delta U_s)}$  a  $u_{p(\delta U_s)}$  jsou charakteristikou veličiny  $\delta U_s$ .

Při vyjádření CMC musí laboratoře vzít v úvahu vlastnosti „nejlepšího existujícího zařízení“, které je pro danou kategorii kalibrací k dispozici. Zde přichází v úvahu multimetr Fluke 8508 A. Výrobce uvádí na rozsahu 20 V krátkodobou 24 hodinovou stabilitu 0,5 ppm z měřené hodnoty a 0,2 ppm z rozsahu 20 V (což odpovídá 1  $\mu\text{V}$ ) pro teplotní rozmezí  $(23 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ . Výrobce dále udává na rozsahu 20 V teplotní koeficient 0,3 ppm z měřené hodnoty na  $^\circ\text{C}$  pro teplotní rozmezí  $15 \text{ }^\circ\text{C} - 30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$u_{h(\delta U_s)}$  – složka % z měřené hodnoty standardní nejistoty charakterizující vliv kalibrovaného voltmetru („nejlepšího existujícího zařízení“) vypočtená vydělením složky z měřené hodnoty 24 hodinové specifikace výrobce zvětšené pro teplotní rozmezí  $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  dvěma (uvažujeme normální rozdělení pravděpodobnosti) a přepočtením ppm na %.

Tedy  $u_{h(\delta U_s)} = (0,5 \text{ ppm} + 0,3 \text{ ppm}) / 2 = 0,4 \text{ ppm} = 0,00004 \text{ } \% \text{ (} k=1 \text{)}$

$u_{p(\delta U_s)}$  – složka pozadí standardní nejistoty charakterizující vliv kalibrovaného voltmetru („nejlepšího existujícího zařízení“) vypočtená vydělením složky pozadí 24 hodinové specifikace výrobce pro teplotní rozmezí  $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  dvěma (uvažujeme normální rozdělení pravděpodobnosti).

Tedy  $u_{p(\delta U_s)} = (1 \text{ uV}) / 2 = 0,5 \text{ } \mu\text{V} \text{ (} k=1 \text{)}$

### **c) Stanovení složek nejistoty návaznosti kalibrátoru**

$u_{h(U_k)}$  – složka % z měřené hodnoty standardní nejistoty kalibrace kalibrátoru.

$u_{p(U_k)}$  – složka pozadí standardní nejistoty kalibrace kalibrátoru.

Složky nejistot  $u_{h(U_k)}$  a  $u_{p(U_k)}$  jsou charakteristikou veličiny  $U_k$ .

Z kalibračního listu zjistíme, že nejistota návaznosti kalibrátoru Meatest M140 pro  $k=2$  činí na předemném rozsahu 0,000013 V při napětí 2,1 V (nejnižší kalibrovaná hodnota na rozsahu 2 V až 20 V) a 0,00046 % při napětí 19 V (nejvyšší kalibrovaná hodnota na rozsahu 2 V až 20 V).

$u_{h(U_k)}$  – složka % z měřené hodnoty standardní nejistoty kalibrace kalibrátoru vypočtená vydělením nejistoty (pro  $k=2$ ) příslušné k nejvyšší kalibrované hodnotě na rozsahu 2 V až 20 V dvěma (uvažujeme normální rozdělení pravděpodobnosti).

Tedy  $u_{h(U_k)} = (0,00046 \% )/2 = 0,00023 \% (k=1)$

$u_{p(U_k)}$  – složka pozadí standardní nejistoty kalibrace kalibrátoru vypočtená vydělením nejistoty (pro  $k=2$ ) příslušné k nejnižší kalibrované hodnotě na rozsahu 2 V až 20 V dvěma (uvažujeme normální rozdělení pravděpodobnosti).

Tedy  $u_{p(U_k)} = (0,000013 V)/2 = 0,0000065 V = 6,5 \mu V (k=1)$

*Poznámka: pokud by byl jiný kalibrátor např. Datron 4808 kalibrován při nastaveném napětí 0V na rozsahu 0V až 19.999999V, použili bychom pro výpočet složky pozadí standardní nejistoty kalibrace kalibrátoru nejistotu kalibrace v bodě 0V. Stanovení složky pozadí standardní nejistoty kalibrace kalibrátoru Meatest 140 z nejistoty kalibrace příslušné k nejnižší kalibrované hodnotě na rozsahu 2V až 20V je pesimistické (odhadnutá nejistota je pravděpodobně větší než skutečná), ale i tak výslednou rozšířenou nejistotu v tomto případě neovlivní. Při dvousložkovém vyjádření nejistoty nelze obecně složku pozadí nejistoty návaznosti standardní nejistoty kalibrace kalibrátoru neřešit, v řadě případů jí ale bude možno zanedbat.*

#### **d) Stanovení složky nejistoty charakterizující termoelektrické napětí generované na kontaktech propojovacích vodičů a svorek voltmetru a kalibrátoru.**

$u_{p(U_t)}$  – složka pozadí standardní nejistoty charakterizující termoelektrické napětí generované na kontaktech propojovacích vodičů a svorek voltmetru a kalibrátoru je charakteristikou veličiny  $U_t$ .

Účinky termoelektrických napětí pro konkrétní připojení použitých kabelů byly vyhodnoceny na základě dlouhodobých zkušeností. Termoelektrické napětí je nezávislé na nastavení napětí a proto jde o absolutní příspěvek k nejistotě.

Standardní nejistota  $u_{p(U_t)}$  byla odhadnuta na 1  $\mu V$  ( $k=1$ ) s normálním rozdělením

#### **Stanovení standardní nejistoty typu A:**

Stanovení standardní nejistoty typu A  $u_{(U_s)}$ , která je charakteristikou veličiny  $U_s$  nebylo provedeno protože ve výpočtu nejistot typu B jsou již zahrnuty podstatné zdroje kolísání (kalibrátor, multimetr a kontakty propojovacích vodičů) a lze předpokládat, že nejistota typu A je již zahrnuta v  $u_{h(\delta U_k)}$ ,  $u_{p(\delta U_k)}$ ,  $u_{h(\delta U_s)}$ ,  $u_{p(\delta U_s)}$  a  $u_{p(U_t)}$ .

#### **Výpočet standardních nejistoty odhadu hodnoty výstupní veličiny**

Vzhledem ke skutečnosti, že veličiny uvedené ve vztahu(7) jsou nekorelované, lze nejistotu odhadu hodnoty výstupní veličiny  $u(y)$  pro kalibraci stejnosměrného číslicového voltmetru vypočíst dle vztahu:

$$u(y) = \sqrt{c_{u(U_s)}^2 \cdot u_{(U_s)}^2 + c_{u(U_k)}^2 \cdot u_{(U_k)}^2 + c_{u(\delta U_s)}^2 \cdot u_{(\delta U_s)}^2 + c_{u(\delta U_k)}^2 \cdot u_{(\delta U_k)}^2}$$

kde proměnné  $c_i$  ve vztahu jsou citlivostní koeficienty a vypočteme je jako parciální derivace vztahu (7) podle jednotlivých proměnných. Vzorec lze použít jak pro složku % z měřené hodnoty standardní nejistoty, tak pro složku pozadí standardní nejistoty.



**Přehled nejistot pro výpočet složky % z měřené hodnoty nejistoty odhadu hodnoty výstupní veličiny  $u_h$**

| Veličina     | Označení std. nejistoty | Velikost std. nejistoty [% z měřené hodnoty] | Pravděpod. rozdělení | Cit.koef. | Příspěvek k nejistotě [% z měřené hodnoty] |
|--------------|-------------------------|----------------------------------------------|----------------------|-----------|--------------------------------------------|
| $U_s$        | $u_h(U_s)$              | -                                            | -                    | 1         | -                                          |
| $U_k$        | $u_h(U_k)$              | 0,00023                                      | Normální             | -1        | -0,00023                                   |
| $\delta U_s$ | $u_h(\delta U_s)$       | 0,00004                                      | Normální             | 1         | 0,00004                                    |
| $\delta U_k$ | $u_h(\delta U_k)$       | 0,0015                                       | Normální             | -1        | -0,0015                                    |
| $\Delta$     | $u_h$                   |                                              | Normální             |           | 0,001518                                   |

**Výpočet rozšířené složky % z měřené hodnoty nejistoty odhadu hodnoty výstupní veličiny  $U_h$**

Vzhledem k tomu, že je splněna normalita (všechny dílčí standardní nejistoty mají normální rozdělení) a spolehlivost je dostatečná (počet efektivních stupňů volnosti vycházejících z Welch – Satterthwaitova vztahu uvedeného jako vzorec E 1 v příloze E EA 4/02 lze považovat za blížící se nekonečnu ( $\nu_i \rightarrow \infty$ )) použijeme koeficient rozšíření  $k = 2$ .

Tedy pro náš rozsah 2 V až 20 V

$$U_h = k \cdot u_h = 2 \cdot 0,001518 \cong 0,0030 \%$$

### Přehled nejistot pro výpočet složky pozadí nejistoty odhadu hodnoty výstupní veličiny $u_p$

| Veličina     | Označení std. nejistoty | Velikost std. nejistoty [ $\mu\text{V}$ ] | Pravděpod. rozdělení | Cit.koef. | Příspěvek k nejistotě [ $\mu\text{V}$ ] |
|--------------|-------------------------|-------------------------------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------------|
| $U_s$        | $u_p(U_s)$              | -                                         | -                    | 1         | -                                       |
| $U_k$        | $u_p(U_k)$              | 6,5                                       | Normální             | -1        | -6,5                                    |
| $\delta U_s$ | $u_p(\delta U_s)$       | 0,5                                       | Normální             | 1         | 0,5                                     |
| $\delta U_k$ | $u_p(\delta U_k)$       | 50                                        | Normální             | -1        | -50                                     |
| $\delta U_t$ | $u_p(U_t)$              | 1                                         | Normální             | -1        | -1                                      |
| $\Delta$     | $u_p$                   |                                           | Normální             |           | 50,43                                   |

### Výpočet rozšířené složky pozadí nejistoty odhadu hodnoty výstupní veličiny) $U_p$

Vzhledem k tomu, že je splněna normalita (všechny dílčí standardní nejistoty mají normální rozdělení) a spolehlivost je dostatečná (počet efektivních stupňů volnosti vycházejících z Welch – Satterthwaitova vztahu uvedeného jako vzorec E 1 v příloze E EA 4/02 lze považovat za blízký se nekonečnu ( $\nu_i \rightarrow \infty$ ) použijeme koeficient rozšíření  $k = 2$  .

Tedy pro náš rozsah 2 V až 20 V

$$U_p = k \cdot u_p = 2 \cdot 50,42 \cong 100 \mu\text{V}$$

### Výsledný zápis CMC:

| Pořadové číslo <sup>1)</sup> | Měřená veličina a rozsah měření | Parametr(y) měřené veličiny | Měřicí schopnost kalibrace [ $\pm$ ] <sup>2)</sup> | Identifikace metody |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|---------------------|
| 1                            | 2 V až 20 V generování          |                             | 0,0030 % MH+100 $\mu\text{V}$                      | xxxxxxxx            |

MH je zkratka pro měřenou hodnotu

### Shrnutí:

Vypočtená CMC je v tomto případě shodná s mezní chybou udávanou výrobcem. Především v případech, kdy bude vliv návaznosti případně propojovacích vodičů větší, tomu tak nebude. Pro výpočet CMC je vhodné využít tabulkový procesor (Microsoft Excel, OpenOffice.org Calc apod).

### 3.2.3.3. Příklad výpočtu CMC v jednosložkovém vyjádření

Laboratoř provádí kalibrace multimetrů pomocí kalibrátoru Meatest M140. Cílem je stanovení CMC v jednosložkovém vyjádření pro stejnosměrné napětí v rozmezí 2 V až 20 V.

Chyba indikace stejnosměrného číslicového voltmetru  $\Delta$  je dána vztahem:

$$\Delta = U_s - U_k + \delta U_s - \delta U_k - \delta U_t \quad (8)$$

kde :

$U_s$  je střední hodnota vypočítaná z naměřených údajů voltmetru („nejlepšího existujícího zařízení“)

$U_k$  je hodnota stejnosměrného napětí nastavená na kalibrátoru

$\delta U_s$  je korekce na vliv kalibrovaného voltmetru („nejlepšího existujícího zařízení“)

$\delta U_k$  je korekce napětí kalibrátoru v důsledku časové a teplotní nestability

$\delta U_t$  je korekce na termoelektrické napětí generované na kontaktech propojovacích vodičů a svorek voltmetru a kalibrátoru.

#### **Stanovení standardních nejistot typu B:**

##### **a) Stanovení nejistoty charakterizující časovou a teplotní nestálost kalibrátoru**

$u_{(\delta U_k)}$  – standardní nejistota charakterizující časovou a teplotní nestálost kalibrátoru. Je charakteristikou veličiny  $\delta U_k$ .

Výrobce udává:

- Mezní chybu stejnosměrného napětí v rozsahu 2 V až 20 V činí 0,003 % z nastavené hodnoty + 100  $\mu$ V při zatěžovacím proudu 0 mA až 30 mA
- Uvedená mezní chyba je platná po ustálení pracovního režimu přístroje po dobu 60 min. při provozu kalibrátoru v rozsahu pracovních teplot ( $23 \pm 2$ ) °C.
- Mezní chyba zahrnuje dlouhodobou stabilitu, teplotní koeficient, zátěžové charakteristiky, nestabilitu napájecí sítě a návaznost výrobce na národní etalony.
- Uvedená mezní chyba je platná po dobu 1 roku. od recalibrace.

Laboratoř pravidelně kalibruje kalibrátor Meatest M140 v recalibrační lhůtě jeden rok pod dobu 5 let. Pokud bylo při kalibraci před justováním zjištěno čerpání více než 70 % mezní chyby, byl kalibrátor justován a následně byla provedena kalibrace po justáži. Laboratoř provádí v polovině recalibračního intervalu mezikalibrační kontrolu porovnáním s multimetrem Agilent 34401A.

Laboratoř provádí kalibrace při teplotách ( $23 \pm 2$ ) °C

$u_{(\delta U_k)}$  – standardní nejistota charakterizující časovou a teplotní nestálost kalibrátoru vypočtená vydělením jednorozměrných specifikací kalibrátoru Meatest M140 vyjádřených v absolutní hodnotě pro hodnotu 20 V nastavenou na kalibrátoru dvěma (předpokládáme-li normální rozdělení a úroveň spolehlivosti 95 %). Nejistota je v absolutní hodnotě největší na konci rozsahu 2 V až 20 V proto ji počítáme pro hodnotu 20 V. Není voleno rovnoměrné rozdělení protože předpoklad, že nikdy nebude překročena mezní chyba by byl nerealistický. Otázka pravděpodobnostního rozdělení nejistoty charakterizující časovou a teplotní nestálost je řešena v kapitole 3.6.

Tedy  $u_{(\delta U_k)} = (0,003 \% \cdot 20 \text{ V} + 0,0001 \text{ V})/2 = 0,00035 \text{ V} = 350 \mu\text{V} (k=1)$

### **b) Stanovení nejistoty charakterizující vliv kalibrovaného voltmetru („nejlepšího existujícího zařízení“)**

$u_{(\delta U_s)}$  – standardní nejistota charakterizující vliv kalibrovaného voltmetru („nejlepšího existujícího zařízení“). Je charakteristikou veličiny  $\delta U_s$ .

Při vyjádření CMC musí laboratoře vzít v úvahu vlastnosti „nejlepšího existujícího zařízení“, které je pro danou kategorii kalibrací k dispozici. Zde přichází v úvahu multimetr Fluke 8508 A. Výrobce uvádí na rozsahu 20 V krátkodobou 24 hodinovou stabilitu 0,5 ppm z měřené hodnoty a 0,2 ppm z rozsahu 20 V (což odpovídá 1  $\mu\text{V}$ ) pro teplotní rozmezí  $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$ . Výrobce dále udává na rozsahu 20 V teplotní koeficient 0,3 ppm z měřené hodnoty na  $^\circ\text{C}$  pro teplotní rozmezí 15  $^\circ\text{C}$  až 30  $^\circ\text{C}$ . Nejistota je v absolutní hodnotě největší na konci rozsahu 2 V až 20 V, proto ji počítáme pro hodnotu 20 V.

$u_{(\delta U_s)}$  – standardní nejistota charakterizující vliv kalibrovaného voltmetru („nejlepšího existujícího zařízení“) vypočtená vydělením 24 hodinové specifikace výrobce vyjádřené v absolutní hodnotě pro teplotní rozmezí  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  a pro napětí 20 V dvěma (uvažujeme normální rozdělení pravděpodobnosti).

Tedy  $u_{(\delta U_s)} = ((0,5 \text{ ppm} + 0,3 \text{ ppm}) \cdot 20 \text{ V} + 0,000001 \text{ V})/2 = 0,0000085 \text{ V} = 8,5 \mu\text{V} (k=1)$

### **c) Stanovení nejistoty návaznosti kalibrátoru**

$u_{(U_k)}$  – standardní nejistota kalibrace kalibrátoru je charakteristikou veličiny  $U_k$ .

Z kalibračního listu zjistíme, že nejistota návaznosti kalibrátoru Meatest M140 pro  $k=2$  činí na předmětném rozsahu 0,00046 % při napětí 19 V (nejvyšší kalibrovaná hodnota na rozsahu 2 V až 20 V)

$u_{(U_k)}$  – standardní nejistota kalibrace kalibrátoru vypočtená vydělením nejistoty příslušné k nejvyšší kalibrované hodnotě na rozsahu 2 V až 20 V a přečtená do absolutní hodnoty pro 20 V (pro  $k=2$ ) dvěma (uvažujeme normální rozdělení pravděpodobnosti). Nejistota je v absolutní hodnotě největší na konci rozsahu 2 V až 20 V, proto ji počítáme pro hodnotu 20 V.

Tedy  $u_{(U_k)} = (0,00046 \% \cdot 20 \text{ V})/2 = 0,000046 \text{ V} = 46 \mu\text{V} (k=1)$

### **d) Stanovení složky nejistoty charakterizující termoelektrické napětí generované na kontaktech propojovacích vodičů a svorek voltmetru a kalibrátoru.**

$u_{(U_t)}$  – standardní nejistota charakterizující termoelektrické napětí generované na kontaktech propojovacích vodičů a svorek voltmetru a kalibrátoru je charakteristikou veličiny  $U_t$ .

Účinky termoelektrických napětí pro konkrétní připojení použitých kabelů byly vyhodnoceny na základě dlouhodobých zkušeností. Termoelektrické napětí je nezávislé na nastavení napětí a proto jde o absolutní příspěvek k nejistotě.

Standardní nejistota  $u_{(U_t)}$  byla odhadnuta na 1  $\mu\text{V}$  ( $k=1$ ) s normálním rozdělením

### Stanovení standardní nejistoty typu A:

Stanovení standardní nejistoty typu A  $u_{(U_s)}$ , která je charakteristikou veličiny  $U_s$ , nebylo provedeno, protože ve výpočtu nejistoty typu B jsou již zahrnuty podstatné zdroje kolísání (kalibrátor, multimetr a kontakty propojovacích vodičů) a lze předpokládat, že nejistota typu A je již zahrnuta v  $u_{(\delta U_k)}$ ,  $u_{(\delta U_s)}$ , a  $u_{(U_t)}$ .

### Výpočet standardní nejistoty odhadu hodnoty výstupní veličiny

Vzhledem ke skutečnosti, že veličiny uvedené ve vztahu (8) jsou nekorelované, lze nejistotu odhadu hodnoty výstupní veličiny  $u(y)$  pro kalibraci stejnosměrného číslicového voltmetru vypočítat dle vztahu:

$$u(y) = \sqrt{c_{u(U_s)}^2 \cdot u_{(U_s)}^2 + c_{u(U_k)}^2 \cdot u_{(U_k)}^2 + c_{u(\delta U_s)}^2 \cdot u_{(\delta U_s)}^2 + c_{u(\delta U_k)}^2 \cdot u_{(\delta U_k)}^2}$$

kde proměnné  $c_i$  ve vztahu jsou citlivostní koeficienty a vypočteme je jako parciální derivace vztahu (8) podle jednotlivých proměnných.

### Přehled nejistot pro výpočet nejistoty odhadu hodnoty výstupní veličiny u

| Veličina     | Označení std. nejistoty | Velikost std. nejistoty [ $\mu V$ ] | Pravděpod. rozdělení | Cit.koef. | Příspěvek k nejistotě [ $\mu V$ ] |
|--------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|
| $U_s$        | $u_{(U_s)}$             | -                                   | -                    | 1         | -                                 |
| $U_k$        | $u_{(U_k)}$             | 46                                  | Normální             | -1        | -46                               |
| $\delta U_s$ | $u_{(\delta U_s)}$      | 8,5                                 | Normální             | 1         | 8,5                               |
| $\delta U_k$ | $u_{(\delta U_k)}$      | 350                                 | Normální             | -1        | -350                              |
| $\delta U_t$ | $u_{(U_t)}$             | 1                                   | Normální             | -1        | -1                                |
| $\Delta$     | $u$                     |                                     | Normální             |           | 353,1                             |

### Výpočet rozšířené složky pozadí nejistoty odhadu hodnoty výstupní veličiny) U

Vzhledem k tomu, že je splněna normalita (všechny dílčí standardní nejistoty mají normální rozdělení) a spolehlivost je dostatečná (počet efektivních stupňů volnosti vycházejících z Welch – Satterthwaitova vztahu uvedeného jako vzorec E 1 v příloze E EA 4/02 lze považovat za blízkí se nekonečnu ( $\nu_i \rightarrow \infty$ )) použijeme koeficient rozšíření  $k = 2$ . Tedy pro náš rozsah 2 V až 20 V

$$U = k \cdot u = 2 \cdot 353,1 \cong 710 \mu V$$

### Výsledný zápis CMC:

| Pořadové číslo <sup>1)</sup> | Měřená veličina a rozsah měření | Parametr(y) měřené veličiny | Měřicí schopnost kalibrace [ ± ] <sup>2)</sup> | Identifikace metody |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|---------------------|
| 1                            | 2 V až 20 V generování          |                             | 710 μV                                         | XXXXXXXX            |

### Shrnutí:

Porovnáme-li vyjádření jednosložkové s dvousložkovým zjistíme, že jednosložkové dává podstatně větší hodnotu na začátku rozsahu než dvousložkové. Např. při napětí 3 V činí CMC 710 μV u jednosložkového vyjádření CMC oproti 190 μV u dvousložkového vyjádření CMC přepočteného do absolutní hodnoty na hodnotě 3 V. Kalibrační bod 3 V přitom připadá v úvahu při kalibraci  $3^{3/4}$  místných multimetrů.

Zhoršení deklarovaných CMC oproti skutečnosti lze u jednosložkového vyjádření CMC pro etalon s dvousložkovými specifikacemi čelit podrobnějším rozčleněním rozsahů nebo vyjádřením pomocí matice (v souladu s ILAC P-14), která přehledněji umožní zapsat více rozsahů a příslušných hodnot CMC.

### 3.2.3.4. Příklady vyjádření CMC v příloze OA

Příklady (nikoliv závazné vzory) vyjádření CMC v příloze OA jsou uvedeny níže.

**Tabulka 8 - Příklady vyjádření CMC v příloze OA**

| Pořadové číslo 1) | Měřená veličina nebo přístroj a rozsah měření                                                                           | Parametr(y) měřené veličiny                                                                             | Měřicí schopnost kalibrace [ ± ] 2)                                                                                                                                                                 | Identifikace metody                                |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1                 | stejnoseměrné napětí měření<br>(0 až 20) mV                                                                             |                                                                                                         | 15 $\mu\text{V}/\text{V}$ + 0,050 $\mu\text{V}$                                                                                                                                                     | Kalibrace kalibrátorů<br>Číslo metodiky .....      |
| 2                 | střídavý proud – generování<br>(0 to 220) $\mu\text{A}$                                                                 | $\geq 10 < 20$ Hz<br>$\geq 20 < 40$ Hz<br>$\geq 40$ Hz < 1 kHz<br>$\geq 1 < 5$ kHz<br>$\geq 5 < 10$ kHz | 0,016 % + 0,063 $\mu\text{A}$<br>89 $\mu\text{A}/\text{A}$ + 0,062 $\mu\text{A}$<br>60 $\mu\text{A}/\text{A}$ + 0,062 $\mu\text{A}$<br>0,018 % + 0,062 $\mu\text{A}$<br>0,10 % + 0,09 $\mu\text{A}$ | Kalibrace multimetrů<br>Číslo metodiky .....       |
| 3                 | Odpor měření pevné body<br>1 m $\Omega$<br>10 m $\Omega$<br>100 m $\Omega$<br>1 $\Omega$<br>10 $\Omega$<br>100 $\Omega$ |                                                                                                         | 280 n $\Omega$<br>1,0 $\mu\Omega$<br>1,7 $\mu\Omega$<br>3,0 $\mu\Omega$<br>28 $\mu\Omega$<br>200 $\mu\Omega$                                                                                        | Kalibrace etalonů odporu<br>Číslo metodiky .....   |
| 4                 | Kapacita – generování<br>(0,19 až 0,3999) nF<br>(0,4 až 1,0999) nF<br>(1,1 až 3,2999) nF                                | 10 Hz až 10 kHz<br>10 Hz až 10 kHz<br>10 Hz až 3 kHz                                                    | 0,38 % + 10 pF<br>0,38 % + 10 pF<br>0,38 % + 10 pF                                                                                                                                                  | Kalibrace multimetrů<br>Číslo metodiky .....       |
| 5                 | Měření fáze Napětí /proud<br>0 až 359,0°                                                                                | 1V až 600V<br>10 mA až 10A<br>50 Hz                                                                     | 170 m°                                                                                                                                                                                              | Kalibrace fázového posunu.<br>Číslo metodiky ..... |

| Pořadové číslo 1) | Měřená veličina nebo přístroj a rozsah měření                                                                                                                                                 | Parametr(y) měřené veličiny                                           | Měřicí schopnost kalibrace [ ± ] 2)                                | Identifikace metody                                              |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 6                 | Střídavý výkon měření<br>0,5 W až 30 kW                                                                                                                                                       | 45 až 65 Hz<br>10 až 300 V<br>0,05 až 100 A<br>$\cos \phi$ (0,5 až 1) | 0,05 %                                                             | Kalibrace výkonu.<br>Číslo metodiky .....                        |
| 7                 | generování flikru<br>(0,5 až 5) Pst                                                                                                                                                           | 50 Hz<br>na napětí 1 V až 280 V                                       | 0,003·Pst                                                          | Kalibrace flikru.<br>Číslo metodiky .....                        |
| 8                 | Ztrátový činitel měření kapacity:<br>D = (0,000 001 až 0,001)                                                                                                                                 | 1 kHz<br>pro C= (1 až 1000) pF                                        | 0,000 003                                                          | Kalibrace ztrátového činitele.<br>Číslo metodiky .....           |
| 9                 | Generování frekvence<br>10 Hz až 1 MHz                                                                                                                                                        |                                                                       | 0,01 % + 0,01 Hz                                                   | Kalibrace multimetrů<br>Číslo metodiky .....                     |
| 10                | Měření nelineárního zkreslení<br>0 % až 0,05 %<br>0,05 % až 10 %                                                                                                                              | 20 Hz to 20 kHz<br>pro napětí 0,1 V až 300 V                          | 0,0070 % absolutně<br>14 % ze čtení                                | Kalibrace zkreslení.<br>Číslo metodiky                           |
| 11                | Amplituda harmonických produktů generování                                                                                                                                                    | 30 - 3000 Hz<br>pro napětí první harmonické(140,00 1 – 280,000 V)     | 0,28V                                                              | Kalibrace amplitudy harmonických produktů<br>Číslo metodiky..... |
| 12                | Revizní přístroje<br><br>Izolační odpor generování<br>10 kΩ ÷ 5 MΩ<br>> 5 MΩ ÷ 10 GΩ<br><br>Přechodový odpor generování<br>0,2 Ω ÷ 1,0 Ω<br>> 1 Ω ÷ 10 Ω<br>> 10 Ω ÷ 20 Ω<br>100 Ω<br>1 000 Ω | 100V až 1 kV                                                          | 0,1 %<br>0,5 %<br><br>0,01 Ω<br>0,02 Ω<br>0,03 Ω<br>0,1 Ω<br>0,2 Ω | Revizní přístroje<br>Číslo metodiky.....                         |



| Pořadové číslo 1) | Měřená veličina nebo přístroj a rozsah měření                                    | Parametr(y) měřené veličiny | Měřicí schopnost kalibrace [ ± ] 2)                          | Identifikace metody                                        |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 13                | měřicí transformátory proudu 1 A až 5 A / 1 A a 5 A<br>5 A až 2000 A / 1 A a 5 A |                             | 0,05 %, 0,7' (úhlová minuta)<br>0,04 %, 0,4' (úhlová minuta) | Kalibrace měřicích transformátorů proudu<br>Číslo metodiky |
| 14                | střídavé napětí - měření (1000 V až 20000 V)                                     | 50 Hz až 60 Hz              | 0,5 % MH + 5 V                                               | Kalibrace kilovoltmetrů<br>Číslo metodiky                  |
| 15                | vf výkon, měření i generování<br>-50 dBm až 20 dBm                               | 100 kHz až 6 GHz            | 0,1 dB                                                       | Měření vf výkonu<br>Číslo metodiky ...                     |
| 16                | měření vf útlumu<br>0 dB až 60 dB                                                | 10 MHz až 18 GHz            | (0,05 + 0,002 MH) dB                                         | Měření vf útlumu<br>Číslo metodiky ...                     |

<sup>1)</sup> v případě, že laboratoř provádí kalibrace mimo/i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

<sup>2)</sup> vyjádřená obdobně jako nejistota v souladu s požadavky dokumentu EA 4/02 pro pravděpodobnost pokrytí asi 95%.

3.2.3.5. *Příklady uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci v zahraničních akreditovaných laboratořích.*

1. AGILENT TECHNOLOGIES CANADA SERVICE CENTER, 2250 boul ALFRED NOBEL, SAINT-LAURENT, QC, CANADA, H4S 2C9  
<http://www.a2la.org/scopepdf/2645-01.pdf>
2. AGILENT TECHNOLOGIES ROSEVILLE SERVICE CENTER 10090 Foothills Blvd, Roseville, CA 95747, USA <http://www.a2la.org/scopepdf/1920-01.pdf>
3. Agilent Technologies UK Limited, 610 Wharfedale Road, Winnersh Triangle, Wokingham, Berkshire, UK  
<http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0147Calibration%20Multiple.pdf>
4. Fluke Precision Measurement Ltd 52 Hurricane Way, Norwich Airport, Norwich, Norfolk, UK [http://www.ukas.org/calibration/schedules/Actual/0183Calibration%20Single\\_035.pdf](http://www.ukas.org/calibration/schedules/Actual/0183Calibration%20Single_035.pdf)
5. FLUKE CORPORATION Everett Service Center 1420 75th Street SW, USA  
<http://www.a2la.org/scopepdf/2166-01.pdf>
6. H Tinsley & Co, Optima Park, Thomas Road (off Thames Road), Crayford, UK  
(<http://www.ukas.org/calibration/schedules/Actual/0057Calibration%20Single.pdf>)
7. Roschi Rohde & Schwarz AG, SCS-Kalibrierstelle, Mühlestrasse 7, Switzerland  
[http://www.seco.admin.ch/sas\\_files/SCS-097-en.pdf](http://www.seco.admin.ch/sas_files/SCS-097-en.pdf)
8. Transmille Ltd, Unit 4, Select Business Centre, Lodge Road, Staplehurst, Kent? UK  
[http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0324Calibration%20Single\\_028.pdf](http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0324Calibration%20Single_028.pdf)

### 3.2.4. Kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou

Kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou zahrnuje:

- Kalibrace simulátorů odporu. Kalibrace simulátorů odporových teploměrů je obvykle prováděna pomocí multimetrů v režimu měření odporu. Pokud je to možné, volíme zapojení čtyřvodičové. Pokud ne, musíme zapojení přizpůsobit možnostem a volíme třívodičové, či dvouvodičové. Propojení se realizuje měděnými vodiči s odpovídajícími konektory. Z hlediska termopapětí jsou vhodnější konektory pozlacené a méně vhodné např. konektory chromované. Elektronicky simulované odpory mají i poměrně drahé kalibrátory jako Fluke 5520, Fluke 5500, Meatest 140, ale i levnější procesní kalibrátory, např. AOIP, Beamex, či Omega. Při kalibracích simulátorů pomocí elektronicky simulovaných odporů je třeba dodržet proudové rozmezí předepsané výrobcem pro daný měřicí bod, což někdy vyžaduje přepnutí referenčního multimetru na vyšší rozsah. Pokud se měřicí proud nedodrží, přístroje hlásí, že proud je příliš velký nebo příliš malý. I v proudových mezích stanovených výrobcem existuje určitá nelinearita, která by se však měla pohybovat v mezích stanovených výrobcem. U simulovaných elektrických odporů se též ojediněle může vyskytnout kmitání. Existují samozřejmě i simulátory s pevnými odpory a je též možno využít odporové dekády a přepočtu odporu na teplotu.
- Kalibrace měřidel odporových snímačů teploty (ukazatelů teploty, teplotních regulátorů) elektrickou cestou. Kalibraci provádíme pomocí simulátorů s elektronicky simulovanými či pevnými odpory a je též možno využít odporové dekády a přepočtu odporu na teplotu. Při kalibraci měřidel může nastat situace, kdy měřicí proud měřidla není kompatibilní s dovoleným proudovým rozpětím simulátoru a kalibraci v dané konfiguraci nelze provést. Pro zapojení a vodiče platí totéž, co pro kalibraci simulátorů. Některé simulátory umožňují zapojení dvouvodičové s kompenzací (umožňuje např. Fluke 5500).
- Kalibrace simulátorů a měřidel termoelektrických snímačů teploty pomocí napětí, a to bez kompenzace studeného konce s měděným propojovacím vedením. V podstatě jde o generování resp. měření napětí a jeho přepočtení na teplotu dle příslušné normy. Zákazník si pak ovšem musí zajistit návaznost interní kompenzace (pokud ji přístroj má a pokud ji chce používat) jiným způsobem.
- Kalibrace simulátorů a měřidel termoelektrických snímačů teploty pomocí napětí s interní kompenzací studeného konce u etalonu i kalibrovaného měřidla a s propojovacím vedením z příslušného termočlánku a s příslušnými konektory. Interní kompenzace studeného konce zajišťuje, že teplota na svorkách je měřena interním čidlem a kompenzace studeného konce je napětěově prováděna přímo simulátorem či měřidlem tak, aby výsledné napětí odpovídalo napětí generovanému termočlánkem pro teplotní rozdíl 0 °C – nastavená (naměřená) teplota. Termočlánek propojovací vedení zde slouží ke generování napětí odpovídajícího různé teplotě kompenzovaných konektorů u etalonu a kalibrovaného měřidla. Samozřejmě je nutno zajistit návaznost interní kompenzace etalonu. Příkladem kalibrace interní kompenzace může být postup výrobce kalibrátoru Fluke 5500A, který je uveden v servisním manuálu výrobce – „Fluke 5500A Multi-Product Calibrator Service Manual“ v kapitole 3-8. „Thermocouple Measuring“.  
Manuál je dostupný na stránkách: [http://assets.fluke.com/manuals/5500a\\_smeng0600.pdf](http://assets.fluke.com/manuals/5500a_smeng0600.pdf).  
Teplotní kompenzaci dle verifikačního postupu kalibrujeme tak, že termočlánkem měříme teplotu lázně (např. olejové). Teplota lázně je nastavena na teplotu velmi blízkou teplotě svorek, kterou kalibrátor jako vedlejší údaj též udává. Uvedená metoda výhodou v tom, že na termočlánek či propojovací vedení je vždy poměrně malý teplotní rozdíl (řádově menší, než u metody následující).
- Kalibrace simulátorů a měřidel termoelektrických snímačů teploty pomocí napětí s externí kompenzací studeného konce. Externí kompenzace může být realizována pomocí příslušného termočlánku, který měří teplotu mezi nulovým bodem realizovaným v Dewarově nádobě na principu rovnováhy mezi ledem a vodou a svorkami nízké úrovně etalonu a kalibrovaného

měřidla. Schéma zapojení externí kompenzace pomocí příslušného termočlánku pro etalon a interní kompenzace pro kalibrované měřidlo je uvedeno na obr. 3 resp. 6. v EURAMET cg-11, Version 2.0 (03/2011). Externí kompenzace může být realizována též tak, že externím teploměrem změříme teplotu svorek a externí kompenzaci nastavíme (pokud to přístroj umožňuje) na změřenou teplotu. Pokud má kalibrovaný přístroj interní kompenzaci a etalon externí kompenzaci, měříme teplotu svorek kalibrovaného přístroje. Teplota svorek se může značně lišit od teploty okolí. Propojení se realizuje měděnými vodiči. Měření teploty svorek je úskalím této metody. Teplota svorek se může značně lišit od teploty okolí svorek, neboť svorky mohou být zahřívány přístrojem více než okolí.

Při kalibraci teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou by měl být kalibrován každý rozsah pro všechny jeho specifikace (různé specifikace souvisí nejčastěji s teplotním rozmezím). Počet bodů na konkrétním rozsahu měl odpovídat možnosti vzniku nelinearity. Zdrojem nelinearity může být například AD převodník. Kalibrační body by měly být rozloženy rovnoměrně po celém kalibrovaném rozsahu. Při volbě bodů lze též vycházet EURAMET cg-15 Version 2.0 (03/2011), protože součástí měřidla je multimetr pro měření napětí či odporu. Některé zákazníky by mohla zajímat kalibrace interní teplotní kompenzace v teplotní komoře při jiných teplotách než laboratorních.

Provádění kalibrací v uvedené oblasti klade specifické požadavky na znalosti pracovníka provádějícího kalibrace. Z oblasti elektrických veličin je to měření malých napětí a středních hodnot odporu. Z oblasti teplotní je to znalost práce s termočlánky, znalost existence příslušných teplotních stupnic, znalost práce s příslušnými normami pro termočlánky a odporové teploměry (především referenčních tabulek), znalost fungování interních teplotních kompenzací, znalost EURAMET cg-11. Doporučit lze i studium této zprávy. Pracovník musí umět samostatně předvést kalibrace podle metodiky, kterou má laboratoř pro předmětnou oblast zpracovánu, včetně výpočtu nejistot, vyhodnocení specifikací a vyhotovení kalibračního listu. Pracovníci, kteří provádějí kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou by měli svoji způsobilost mimo jiné prokázat Osvědčením nebo Certifikátem vydaným ČMI nebo subjektem akreditovaným pro certifikaci pracovníků v příslušném oboru, který by měl mít podrobnou vazbu k činnostem, které pracovník provádí. Zkušební komise by měla být složena ze zkušených pracovníků, kteří tyto kalibrace provádí. Osvědčení by mohlo např. dokladovat způsobilost ke „kalibraci simulátorů a měřidel termočlánků a odporových teploměrů“.

Pro tuto oblast kalibrací existuje normativní dokument EURAMET cg-11, Version 2.0 (03/2011), který obsahuje i příklad výpočtu nejistoty. Dokument je dostupný na stránkách: ([http://www.euramet.org/fileadmin/docs/Publications/calguides/EURAMET\\_cg-11\\_v\\_2.0\\_Temperature\\_Indicators.pdf](http://www.euramet.org/fileadmin/docs/Publications/calguides/EURAMET_cg-11_v_2.0_Temperature_Indicators.pdf)).

V přílohách Osvědčení o akreditaci jsou CMC uváděny pro simulace termočlánků a odporů zvláště pro vhodné teplotní rozsahy.

Ve většině příloh je voleno jednosložkové vyjádření CMC pro daný teplotní rozsah, u některých příloh je voleno dvousložkové vyjádření CMC.

Doporučeno je odvozovat volbu jednosložkového či dvousložkového CMC od způsobu uvádění specifikací u etalonu. Pro danou veličinu by mělo být CMC vyjádřeno zvláště pro měření a zvláště pro simulace (pokud není stejné). Harmonizace příloh OA by měla proběhnout v tom smyslu, aby bylo patrné, zda laboratoř provádí kalibrace s kompenzací i bez kompenzace teploty vstupních svorek (tak jak je to uvedeno ve zprávě v Tabulce 9 – Příklad vyjádření CMC v příloze OA), či využívá jen jednu variantu. Pokud u simulátorů a měřidel termoelektrických článků vyjde odlišné CMC pro případ měření bez kompenzace studeného konce a s kompenzací, mělo by být CMC uvedeno pro obě varianty.

**Tabulka 9 - Příklad vyjádření CMC v příloze OA**

| Pořadové číslo | Měřená veličina nebo přístroj a rozsah měření | Parametr(y) měřené veličiny | Měřicí schopnost kalibrace [ ± ] | Identifikace metody                                                                                                                                         |
|----------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | termočlánek typu K                            |                             |                                  | Kalibrace simulátorů termočláneků a měřidel termočláneků elektrickou cestou s kompenzací i bez kompenzace teploty vstupních svorek.<br>Číslo metodiky ..... |
|                | -200 °C až -100 °C                            |                             | 0,33 °C                          |                                                                                                                                                             |
|                | -100 °C až -25 °C                             |                             | 0,18 °C                          |                                                                                                                                                             |
|                | -25 °C až 120 °C                              |                             | 0,16 °C                          |                                                                                                                                                             |
|                | 120 °C až 1000 °C                             |                             | 0,26 °C                          |                                                                                                                                                             |
|                | 1000 °C až 1372 °C                            |                             | 0,40 °C                          |                                                                                                                                                             |
| 2              | odporový teploměr Pt 100                      |                             |                                  | Kalibrace simulátorů odporových teploměrů a měřidel odporových teploměrů elektrickou cestou.<br>Číslo metodiky .....                                        |
|                | -200 °C až 0 °                                |                             | 0,05 °C                          |                                                                                                                                                             |
|                | 0 °C až 100 °C                                |                             | 0,07 °C                          |                                                                                                                                                             |
|                | 100 °C až 300 °C                              |                             | 0,09 °C                          |                                                                                                                                                             |
|                | 300 °C až 400 °C                              |                             | 0,10 °C                          |                                                                                                                                                             |
|                | 400 °C až 630 °C                              |                             | 0,12 °C                          |                                                                                                                                                             |
|                | 630 °C až 800 °C                              |                             | 0,14 °C                          |                                                                                                                                                             |

*3.2.4.1. Příklady uvádění CMC pro kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou v příloze Osvědčení o akreditaci v zahraničních akreditovaných laboratořích.*

<http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0749Calibration%20Single.pdf>

<http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0080Calibration%20Single.pdf>

<http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0566Calibration%20Multiple.pdf>

<http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0324Calibration%20Single.pdf>

<http://www.a2la.org/scopepdf/1746-01.pdf?CFID=1435467&CFTOKEN=c07888f61a69bbf1-14FC130D-1851-9E57->

[4766FFD2E5DD5943&jsessionid=8430d9d9dc642e31aa106c47e646215a1957](http://www.a2la.org/scopepdf/1746-01.pdf?CFID=1435467&CFTOKEN=c07888f61a69bbf1-14FC130D-1851-9E57-4766FFD2E5DD5943&jsessionid=8430d9d9dc642e31aa106c47e646215a1957)

<http://www.cofrac.fr/annexes/sect2/2-1955.pdf>

### **3.3. SUMARIZACE PŘÍSLUŠNÉ NORMATIVNĚ-TECHNICKÉ DOKUMENTACE (NÁRODNÍ I MEZINÁRODNÍ).**

#### **3.3.1. Normy ČSN**

1. ČSN EN ISO/IEC 17025 (015253) - Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří
2. TNI 01 0115 (010115) -Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)
3. ČSN IEC 60050-300 (330050) - Mezinárodní elektrotechnický slovník - Elektrická a elektronická měření a měřicí přístroje - Část 311: Všeobecné termíny měření - Část 313: Typy elektrických měřicích přístrojů - Část 314: Zvláštní termíny podle typu přístroje
4. ČSN EN 60359 (356504)- Elektrická a elektronická měřicí zařízení - Vyjadřování vlastností
5. ČSN EN 80000-6 (011300) - Veličiny a jednotky - Část 6: Elektromagnetismus
6. ČSN EN 60051-1 (356203) - Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství - Část 1: Definice a všeobecné požadavky společné pro všechny části
7. ČSN IEC 51-2 (356203) - Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 2: Speciální požadavky pro ampérmetry a voltmetry
8. ČSN IEC 51-3 (356203) - Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 3: Speciální požadavky pro wattmetry a varmetry
9. ČSN IEC 51-4 (356203).-Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 4: Speciální požadavky pro kmitoměry
10. ČSN IEC 51-5 (356203).-Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 5: Speciální požadavky pro fázoměry, měřiče účinku a synchronoskopy
11. ČSN IEC 51-6 (356203).-Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 6: Speciální požadavky pro ohmmetry (měřiče impedance) a měřiče vodivosti

12. ČSN IEC 51-7 (356203).-Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 7: Speciální požadavky pro vícefunkční přístroje
13. ČSN IEC 51-8 (356203).-Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 8: Speciální požadavky pro příslušenství
14. ČSN IEC 51-9 (356203).-Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 9: Doporučené zkušební metody
15. ČSN IEC 477 (356404) - Laboratorní rezistory na stejnosměrný proud
16. ČSN EN 60477-2 (356404).-Laboratorní rezistory - Část 2: Laboratorní rezistory na střídavý proud
17. ČSN EN 60524 (356206) - Odporové děliče napětí stejnosměrného proudu
18. ČSN EN 60523 (356204) - Kompenzátory stejnosměrného proudu
19. ČSN IEC 618 +A1 (356209).-Indukční děliče napětí
20. ČSN EN 60688 (356215) - Elektrické měřicí převodníky pro převod střídavých elektrických veličin na analogové nebo číslicové signály
21. ČSN EN 61028 (356220) - Elektrické měřicí přístroje. Zapisovací přístroje X-Y (IEC 1028:1991)
22. ČSN EN 61143-1 (356222) - Elektrické měřicí přístroje. Zapisovače X-t. Část 1: Definice a požadavky
23. ČSN 35 6106 (356106) - Prevádzkové elektromery. Metódy skúšania pre úradné overovanie
24. ČSN IEC 258 +A1 (356202) - Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící zapisovací a jejich příslušenství
25. ČSN EN 61000-4-1 ed. 2 (333432) - Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-1: Zkušební a měřicí technika - Přehled o souboru IEC 61000-4
26. ČSN EN 61000-4-7 ed. 2 (333432) Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-7: Zkušební a měřicí technika - Všeobecné směrnice o měření a měřicích přístrojích harmonických a meziharmonických pro rozvodné sítě a zařízení připojovaná do nich
27. ČSN EN 61000-4-11 ed. 2 (333432) - Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-11: Zkušební a měřicí technika - Krátkodobé poklesy napětí, krátká přerušení a pomalé změny napětí - Zkoušky odolnosti
28. ČSN EN 61000-4-13 (333432) - Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-13: Zkušební a měřicí technika - Harmonické a meziharmonické včetně signálů v rozvodných sítích na střídavém vstupu/výstupu napájení - Nízkofrekvenční zkoušky odolnosti
29. ČSN EN 61000-4-14 (333432) - Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-14: Zkušební a měřicí technika - Kolísání napětí - Zkouška odolnosti
30. ČSN EN 61000-4-15 (333432) - Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4: Zkušební a měřicí technika - Oddíl 15: Měřič blikání - Specifikace funkce a dimenzování
31. ČSN EN 61000-4-17 (333432) - Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-17: Zkušební a měřicí technika - Zvlnění na stejnosměrném napájecím vstupu - Zkouška odolnosti
32. ČSN EN 60584-1 (258331) Termoelektrické články - Část 1: Referenční tabulky
33. ČSN EN 60751 (258340) Průmyslové platinové odporové teploměry a platinové snímače teploty
34. ČSN IEC 584-2 (258331) Termoelektrické články. Část 2: Tolerance

35. ČSN EN 62052-11 (356134) – Vybavení pro měření elektrické energie (AC) – Všeobecné požadavky, zkoušky a zkušební podmínky – Část 11: Elektroměry
36. ČSN EN 62053-11 (356132) – Vybavení pro měření elektrické energie (AC) – Zvláštní požadavky – Část 11: Činné elektromechanické elektroměry (třídy 0.5, 1 a 2)
37. ČSN EN 62053-21 (356132) – Vybavení pro měření elektrické energie (AC) – Zvláštní požadavky – Část 21: Střídavé statické činné elektroměry (třídy 1 a 2)
38. ČSN EN 62053-22 (356132) – Vybavení pro měření elektrické energie (AC) – Zvláštní požadavky – Část 22: Střídavé statické činné elektroměry (třídy 0.2S a 0.5S)
39. ČSN EN 62053-23 (356132) – Vybavení pro měření elektrické energie (AC) – Zvláštní požadavky – Část 23: Statické elektroměry pro jalovou energii (třídy 2 a 3)
40. ČSN EN 50470-1 (356137) – Vybavení pro měření elektrické energie (AC) – Část 1: Všeobecné požadavky, zkoušky a zkušební podmínky – Měřicí zařízení (třídy A, B a C)
41. ČSN EN 50470-2 (356137) – Vybavení pro měření elektrické energie (AC) – Část 2: Zvláštní požadavky – Činné elektromechanické elektroměry (třídy A a B)
42. ČSN EN 50470-3 (356137) – Vybavení pro měření elektrické energie (AC) – Část 3: Zvláštní požadavky – Statické činné elektroměry (třídy A, B a C)
43. ČSN EN 60044-1 (351358) – Přístrojové transformátory – část 1: Transformátory proudu
44. ČSN EN 60044-2 (351358) – Přístrojové transformátory – část 2: Induktivní transformátory napětí
45. ČSN EN 61869-1 (351350) - Přístrojové transformátory - Část 1: Všeobecné požadavky
46. ČSN EN 61869-3 (351350) - Přístrojové transformátory - Část 3: Dodatečné požadavky pro kapacitní transformátory napětí
47. ČSN EN 61869-5 (351350) - Přístrojové transformátory - Část 5: Dodatečné požadavky pro induktivní transformátory napětí
48. ČSN EN 60060-1 (345640)- Technika zkoušek vysokým napětím - Část 1: Obecné definice a požadavky na zkoušky
49. ČSN EN 60060-2 (345640)- Technika zkoušek vysokým napětím - Část 2: Měřicí systémy
50. ČSN EN 60060-3 (345640)- Technika zkoušek vysokým napětím - Část 3: Definice a požadavky na zkoušky na místě
51. ČSN EN 55016-1-4 ed.2 Specifikace přístrojů a metod pro měření vysokofrekvenčního rušení a odolnosti – Část 1-4: Přístroje pro měření vysokofrekvenčního rušení a odolnosti – Pomocná zařízení – Rušení šířené záření
52. ČSN EN 55016-1-4 ed.3 Specifikace přístrojů a metod pro měření vysokofrekvenčního rušení a odolnosti – Část 1-4: Přístroje pro měření vysokofrekvenčního rušení a odolnosti – Antény a zkušební stanoviště pro měření rušení šířeného záření
53. ČSN EN 55016-1-5 Specifikace přístrojů a metod pro měření vysokofrekvenčního rušení a odolnosti – Část 1-5: Přístroje pro měření vysokofrekvenčního rušení a odolnosti – Zkušební stanoviště pro kalibraci antény pro 30 MHz až 1000 MHz



### 3.3.2. Dokumenty MPA

1. MPA 10-01-05 K aplikaci ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří v akreditačním systému České republiky - platný od: 05.10.2006  
([http://www.cai.cz/files/02\\_03-MPA%2010-01-05%2020061023.pdf](http://www.cai.cz/files/02_03-MPA%2010-01-05%2020061023.pdf))
2. MPA 10-01-05 změna 01/07 Změnový list 01/07 k MPA 10-01-05 - platný od: 31.12.2007  
([http://www.cai.cz/files/02\\_03-MPA%2010-01-05%20zm%c4%9bna%2001\\_07%2020071221.pdf](http://www.cai.cz/files/02_03-MPA%2010-01-05%20zm%c4%9bna%2001_07%2020071221.pdf))
3. MPA 10-01-05 změna 01/11 Změnový list 01/11 k MPA 10-01-05 - platný od: 01.03.2011  
([http://www.cai.cz/files/02\\_03-MPA%2010-01-05%20zm%c4%9bna%2001\\_11%2020110304.pdf](http://www.cai.cz/files/02_03-MPA%2010-01-05%20zm%c4%9bna%2001_11%2020110304.pdf))
4. MPA 30-02-08 Návaznost měřidel a výsledků měření - platný od: 01.05.2008  
([http://www.cai.cz/files/02\\_03-MPA%2030-02-08%2020080425.pdf](http://www.cai.cz/files/02_03-MPA%2030-02-08%2020080425.pdf))
5. MPA 30-03-12 Politika ČIA pro účast v národních a mezinárodních aktivitách v oblasti zkoušení způsobilosti - platný od: 01.03.2012  
([http://www.cai.cz/files/02\\_03-MPA%2030-03-12%2020120224.pdf](http://www.cai.cz/files/02_03-MPA%2030-03-12%2020120224.pdf))
6. MPA 30-03-07 změna 01/09 Změnový list 01/09 k MPA 30-03-07 - platný od: 01.07.2009

### 3.3.3. Dokumenty EA

1. EA-04/02 Vyjadřování nejistot měření při kalibracích (Expressions of the Uncertainty of Measurements in Calibration (previously EAL- R2), DEC 1999 December 1999 rev00) - platný od: 05.10.2006  
([http://www.cai.cz/files/01\\_08-P001%20EA%2004\\_02\\_20061023.pdf](http://www.cai.cz/files/01_08-P001%20EA%2004_02_20061023.pdf))
2. EA-04/07 Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony (Traceability of Measuring and Test Equipment to National Standards (previously EAL-G12), NOV 1995) - platný od: 05.10.2006  
([http://www.cai.cz/files/01\\_08-P011%20EA%2004\\_07\\_20061023.pdf](http://www.cai.cz/files/01_08-P011%20EA%2004_07_20061023.pdf))

### 3.3.4. Dokumenty EURAMET

1. EURAMET/cg-7/Version 1.0 (06/11) (EA-10/07) - Kalibrace osciloskopů (Calibration of Oscilloscopes)  
([http://www.cai.cz/files/01\\_08-P024%20EA%2010\\_07\\_20061023.pdf](http://www.cai.cz/files/01_08-P024%20EA%2010_07_20061023.pdf))
2. EURAMET cg-8/Version 2.0 (03/2011) - Kalibrace termočlánků (Calibration of Thermocouples, )  
([http://www.cai.cz/files/01\\_08-P023%20EA%2010\\_08\\_20061023.pdf](http://www.cai.cz/files/01_08-P023%20EA%2010_08_20061023.pdf))
3. EURAMET cg-9 Version 2.0 (03/2011) Měření a generování malých střídavých napětí s využitím indukčních děličů (Measurement and Generation of Small AC Voltages with Inductive Voltage Dividers)  
([http://www.euramet.org/fileadmin/docs/Publications/calguides/EURAMET\\_cg-9\\_v\\_2.0\\_Measurement\\_and\\_Generation\\_01.pdf](http://www.euramet.org/fileadmin/docs/Publications/calguides/EURAMET_cg-9_v_2.0_Measurement_and_Generation_01.pdf))

4. EURAMET cg-11 Version 2.0 (03/2011) Pokyny pro kalibraci měřidel a simulátorů teploty s využitím elektrické simulace a měření ( Guidelines on the Calibration of Temperature Indicators and Simulators by Electrical Simulation and Measurement)

[http://www.euramet.org/fileadmin/docs/Publications/calguides/EURAMET\\_cg-11\\_v\\_2.0\\_Temperature\\_Indicators\\_01.pdf](http://www.euramet.org/fileadmin/docs/Publications/calguides/EURAMET_cg-11_v_2.0_Temperature_Indicators_01.pdf)

5. EURAMET cg-15 Version 2.0 (03/2011) Pokyny pro kalibraci digitálních multimetrů (Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters)

[http://www.euramet.org/fileadmin/docs/Publications/calguides/EURAMET\\_cg-15\\_v\\_2.0\\_Guidelines\\_Calibration\\_Digital\\_Multimeters\\_01.pdf](http://www.euramet.org/fileadmin/docs/Publications/calguides/EURAMET_cg-15_v_2.0_Guidelines_Calibration_Digital_Multimeters_01.pdf)

### 3.3.5. Dokumenty BIPM

1. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections)  
[http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_100\\_2008\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf)
2. Evaluation of measurement data – An introduction to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" and related documents - JCGM 104:2009  
[http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_104\\_2009\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_104_2009_E.pdf)
3. Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Propagation of distributions using a Monte Carlo method - JCGM 101:2008  
[http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_101\\_2008\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_101_2008_E.pdf)
4. Evaluation of measurement data – Supplement 2 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” – Extension to any number of output quantities JCGM 102:2011  
[http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_102\\_2011\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_102_2011_E.pdf)
5. Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment JCGM 106:2012  
[http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_106\\_2012\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_106_2012_E.pdf)
6. International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms VIM, 3rd edition, JCGM 200:2012  
[http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_200\\_2012.pdf](http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_200_2012.pdf)

### 3.3.6. Dokumenty ILAC

1. ILAC-G08 - Pokyny k uvádění shody se specifikací (Guidelines on the Reporting of Compliance with Specification, 2009) - platný od: 01.10.2009

[http://www.cai.cz/files/01\\_08-P026%20ILAC-G08%2020091007.pdf](http://www.cai.cz/files/01_08-P026%20ILAC-G08%2020091007.pdf)

2. ILAC-G24 - Pokyny pro stanovení kalibračních intervalů měřicích přístrojů (Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments, 2007) - platný od: 01.02.2008

[http://www.cai.cz/files/01\\_08-P030%20ILAC-G24%2020080131.pdf](http://www.cai.cz/files/01_08-P030%20ILAC-G24%2020080131.pdf)

3. Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci (ILAC Policy for Uncertainty in Calibration) - platný od: 15.11.2011

[http://www.cai.cz/files/01\\_08-P040%20ILAC-P14%2020111114.pdf](http://www.cai.cz/files/01_08-P040%20ILAC-P14%2020111114.pdf)

### 3.3.7. Dokumenty NPL

1. A Beginner's Guide to Uncertainty of Measurement  
[http://publications.npl.co.uk/npl\\_web/pdf/mgpg11.pdf](http://publications.npl.co.uk/npl_web/pdf/mgpg11.pdf)
2. Guidance on using Precision Coaxial Connectors in Measurement  
[http://resource.npl.co.uk/docs/networks/anamet/connector\\_guide\\_v3.pdf](http://resource.npl.co.uk/docs/networks/anamet/connector_guide_v3.pdf)
3. Measurement Good Practice Guide No. 73, Calibration and use of antennas , focusing on EMC applications, National Physical Laboratory, Teddington, UK, December 2004  
[http://publications.npl.co.uk/npl\\_web/pdf/mgpg73.pdf](http://publications.npl.co.uk/npl_web/pdf/mgpg73.pdf)
4. Calibration and use of EMC antennas.  
[http://publications.npl.co.uk/npl\\_web/pdf/mgpg4.pdf](http://publications.npl.co.uk/npl_web/pdf/mgpg4.pdf)

### 3.3.8. Dokumenty NIST

1. GMP 11 Good Measurement Practice for Assignment and Adjustment of Calibration Intervals for Laboratory Standards  
([http://www.nist.gov/pml/wmd/labmetrology/upload/GMP\\_11\\_20120229.pdf](http://www.nist.gov/pml/wmd/labmetrology/upload/GMP_11_20120229.pdf))
2. GMP 13 Good Measurement Practice for Ensuring Metrological Traceability([http://www.nist.gov/pml/wmd/labmetrology/upload/GMP\\_13\\_20120229.pdf](http://www.nist.gov/pml/wmd/labmetrology/upload/GMP_13_20120229.pdf))

### 3.3.9. Dokumenty A2LA

1. The American Association for Laboratory Accreditation R218 – Applications for Calibration Scopes of Accreditation  
([http://www.a2la.org/requirements/Applications\\_Calibration\\_Scopes.pdf](http://www.a2la.org/requirements/Applications_Calibration_Scopes.pdf))
2. The American Association for Laboratory P102 – A2LA Policy on Measurement Traceability ([http://www.a2la.org/policies/A2LA\\_P102.pdf](http://www.a2la.org/policies/A2LA_P102.pdf))

### 3.3.10. Dokumenty NATA

1. Technical Note 7 - March 2011 Electronic Measuring Equipment as Reference Standards  
([http://www.nata.asn.au/phocadownload/publications/Technical\\_publications/Technotes\\_Infopapers/technical\\_note\\_7.pdf](http://www.nata.asn.au/phocadownload/publications/Technical_publications/Technotes_Infopapers/technical_note_7.pdf))
2. Assessment of uncertainties of measurement for calibration and testing laboratories  
[http://www.nata.asn.au/phocadownload/publications/Technical\\_publications/Uncertainty/MUbook\\_2002.pdf](http://www.nata.asn.au/phocadownload/publications/Technical_publications/Uncertainty/MUbook_2002.pdf)

### 3.3.11. Dokumenty UKAS

1. UKAS, *The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement* EDITION 3 | NOVEMBER 2012. ([http://www.ukas.com/library/Technical-Information/Pubs-Technical-Articles/Pubs-List/M3003\\_Ed3\\_final.pdf](http://www.ukas.com/library/Technical-Information/Pubs-Technical-Articles/Pubs-List/M3003_Ed3_final.pdf))

### 3.3.12. Dokumenty DKD

1. Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen Ergänzung 1 – Beispiele  
([http://www.dakks.de/sites/default/files/DAkkS-DKD-3-E1\\_20100614\\_v1.0.pdf](http://www.dakks.de/sites/default/files/DAkkS-DKD-3-E1_20100614_v1.0.pdf))

### **3.3.13. Dokumenty SIT(ACCREDIA)**

1. SIT/Tec-008/05 Linea guida per la valutazione dell'incertezza di taratura di strumenti elettrici multifunzione (Pokyny pro vyhodnocení nejistoty kalibrace elektrických multifunkčních přístrojů)
2. SIT/Tec-014/06 linea guida per la taratura di pinze amperometriche(Pokyny pro kalibraci proudových kleští)
3. SIT/Tec-015/07 Strutture di riferibilità e documentazione tecnica nei laboratori di taratura elettrici (Referenční zařízení a technická dokumentace v elektrických kalibračních laboratořích), ALLEGATO1 Esempio di documentazione (Příloha 1 příklad dokumentace)

[http://www.accredia.it/extsearch\\_documentazione.jsp?area=55&ID\\_LINK=962&page=3&id\\_context=2807](http://www.accredia.it/extsearch_documentazione.jsp?area=55&ID_LINK=962&page=3&id_context=2807)

### **3.3.14. Dokumenty NASA**

1. [NASA-HDBK 8739.19-2, NASA Measurement Quality Assurance Handbook - Annex 2: Measuring and Test Equipment Specifications](#)
2. [NASA-HDBK 8739.19-3, NASA Measurement Quality Assurance Handbook - Annex 3: Measurement Uncertainty Analysis Principles and Methods](#)
3. [NASA Reference Publication 1342 Metrology-Calibration and Measurement Processes Guidelines, June 1994](#)

### **3.3.15. Technické předpisy metrologické – TPM**

1. TPM 2440-08 - Elektroměry, metody zkoušení při ověřování 2008
2. TPM 2470-99 Zkušební zařízení pro elektroměry - měřicí stanice, metody provádění funkčních zkoušek 1999
3. TPM 2271-99 Laboratorní měřicí transformátory proudu nebo napětí (sekundární etalony a laboratorní měřidla); metrologické a technické požadavky
4. TPM 2272-99 Laboratorní měřicí transformátory proudu nebo napětí (sekundární etalony a pracovní měřidla stanovená); metody zkoušení při ověřování
5. TPM 2273-99 Měřicí sestavy pro zkoušení při ověřování měřicích transformátorů proudu nebo napětí; metrologické a technické požadavky
6. TPM 2274-99 Měřicí sestavy pro zkoušení při ověřování měřicích transformátorů proudu nebo napětí; metody zkoušení při ověřování

### **3.3.16. Metodické pokyny pro metrologii - MPM**

1. MPM 4 – 85 - K metrologickému zajištění diagnostických přístrojů v oblasti provozu, periodických kontrol, údržby a oprav silničních vozidel včetně příloh 1 až 8. 1985
2. Příloha č. 7 - Metodika pro kalibraci měřicích přístrojů v autooprávenství k měření napětí, proudu a odporu

### 3.3.17. Kalibrační postupy České metrologické společnosti

1. KP 4.1.2/01/07/N Stejnoseměrný analogový voltmetr
2. KP 4.1.2/02/07/N Stejnoseměrný analogový ampérmetr
3. KP 4.1.2/03/07/N Střídavý analogový voltmetr
4. KP 4.1.2/04/07/N Střídavý analogový ampérmetr
5. KP 4.1.2/05/04/N Číslicové stejnosměrné voltmetry
6. KP 4.1.2/06/04/N Číslicový multimetr
7. KP 4.1.2/07/10/N Dekádový odpor
8. KP 4.1.2/08/05/N Vrcholové a univerzální voltmetry
9. KP 4.1.2/09/10/N Digitální ohmometry
10. KP 4.1.2/10/04/N Střídavý klešťový ampérmetr
11. KP 4.1.2/11/05/N Analogový střídavý wattmetr
12. KP 4.1.2/12/06/N Číslicový wattmetr
13. KP 4.1.2/13/06/N Univerzální číslicový měřicí přístroj U, I, R, C, f
14. KP 4.1.3/01/06/N Nízkofrekvenční měřič RLC
15. KP 4.1.3/02/09/N Měřidla pro revizní techniky
16. KP 4.1.5/01/05/N Nízkofrekvenční generátor
17. KP 4.3.1/01/05/N Analogové a číslicové osciloskopy

### 3.3.18. Další dokumenty:

1. Calibration: Philosophy in Practice, Second Edition (Fluke Corporation)
2. How cables and connectors impact measurement uncertainty (Fluke Corporation)  
[http://support.fluke.com/find-sales/download/asset/2548277\\_6001\\_eng\\_a\\_w.pdf](http://support.fluke.com/find-sales/download/asset/2548277_6001_eng_a_w.pdf)
3. Low Level Measurements Handbook (Keithley)  
([http://www.keithley.com/knowledgecenter/knowledgecenter\\_pdf/LowLevMsHandbk\\_1.pdf](http://www.keithley.com/knowledgecenter/knowledgecenter_pdf/LowLevMsHandbk_1.pdf))
4. Agilent Impedance Measurement Handbook  
(<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5950-3000.pdf>)
5. Precision in Practice Achieving the best results with precision Digital Multimeter measurements - Paul Roberts Fluke Precision Measurement Ltd.  
[http://assets.fluke.com/appnotes/Calibration/Roberts\\_ncsl02.pdf](http://assets.fluke.com/appnotes/Calibration/Roberts_ncsl02.pdf)
6. METHODS FOR THE CALIBRATION OF ELECTROSTATIC MEASURING INSTRUMENTS <http://www.jci.co.uk/Calibration/Calibration.pdf>
7. Coaxial Systems: Microwave Connector Care, Hewlett – Packard Company (nyní Agilent Technologies), Rev. October 1988, part no. 5954-1566  
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5954-1566.pdf>
8. ANSI C63.5 – 2004, American National Standard for Electromagnetic Compatibility – Radiated emissions measurements in electromagnetic interference (EMI) control, Calibration of Antennas (9 kHz to 40 GHz)
9. SAE ARP 958: 1999, Rev. D, Society of Automotive Engineers, Aerospace Recommended Practice, Electromagnetic interference measurement antennas; Standard Calibration Methods

10. Dražil, K.: Nejistoty při měření výkonu vř signálu s obsahem vyšších harmonických složek, Metrologie 3/2011, str. 2 – 5
11. Fundamentals of RF and Microwave Power Measurements (Part 1÷4), Application Note 1449-1÷4, Agilent Technologies  
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9213EN.pdf>  
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9214EN.pdf>  
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9215EN.pdf>  
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-9216EN.pdf>
12. Voltage and Power Measurements, Fundamentals, Definitions, Products, Rohde & Schwarz  
[http://www2.rohde-schwarz.com/file\\_2212/SLMESS\\_E.PDF](http://www2.rohde-schwarz.com/file_2212/SLMESS_E.PDF)
13. Modern precision multimeter measurements Peter Dack (Fluke Corporation)  
[http://assets.fluke.com/appnotes/Calibration/dack\\_ncsl01.pdf](http://assets.fluke.com/appnotes/Calibration/dack_ncsl01.pdf)
14. Floating Measurements and Guarding, copyright Agilent.  
[http://www.hparchive.com/Application\\_Notes/HP-AN-123.pdf](http://www.hparchive.com/Application_Notes/HP-AN-123.pdf)
15. Doporučení pro používání přesných konektorů při měření. Editor: Doug Skinner MBE, 3. vydání (Srpen 2007), Překlad: František Hejsek, ČMI  
<http://www.cmi.cz/index.php?dwn=0&par=4453&wdc=1258&lang=1>
16. VDI/VDE/DGQ/DKD 2622 - <http://www.kalibration.de/>  
<http://www.kalibration.de/Kalibrierrichtlinie2622.pdf>
17. Uživatelské a servisní manuály výrobců etalonů a kalibrovaných měřidel.

### 3.4. TÉMATA A OTÁZKY K DOPLNĚNÍ PRŮBĚŽNÉ ZPRÁVY „ZPRACOVÁNÍ PODKLADŮ PRO PRŮBĚŽNÉ SJEDNOCOVÁNÍ POSTUPŮ AKREDITOVANÝCH KALIBRAČNÍCH LABORATORŮ V OBORU ELEKTRICKÝCH VELIČIN“ Z ROKU 2011.

K uvedeným tématům došly pouze čtyři odpovědi, což je příliš málo pro stanovení jednoznačných harmonizačních závěrů avšak převažující názor v odpovědích je možno chápat jako harmonizační doporučení. Odpovědi zaslali Ing. Streit z ČMI OI Brno, Ing. Karel Dražil z ČMI OI Praha, Ing. Miroslav Netopil z AKL č. 2222 (Institut pro testování a certifikaci, a.s) a pan Rodan Kraus z AKL č. 2269 DEKRA Automobil a.s.

#### 3.4.1. Návaznost obdélníkového průběhu

Především při kalibracích osciloskopických kalibrátorů a osciloskopických karet kalibrátorů je třeba řešit návaznost obdélníkového průběhu obvykle při kmitočtech 10 Hz až 10 kHz.

Ve verifikačních postupech výrobce se předepisuje kalibrace buď pomocí měření efektivní hodnoty konkrétním multimetrem a vynásobením v manuálu uvedenou konstantou, která patrně zohledňuje nedokonalý tvar především hran obdélníkového průběhu a šíři frekvenčního pásma multimetru. Jinou variantou, kterou předepisuje výrobce, je měření definovaných bodů na vrcholu a základu obdélníku pomocí multimetru Agilent (HP) 3458 v režimu DCV, spouštění hranou s příslušnou rychlostí vzorkování a vhodně nastaveným zpožděním.

Problémem je, že ani jednou metodou není průběh zcela determinován. Hrubou kontrolu průběhu lze samozřejmě provést osciloskopem. Lze takovouto návaznost uznat?

Názor Ing. Netopila: *Pro kalibraci osciloskopů obdélníkovým průběhem musí mít kalibrační signál definovanou (=navázanou) amplitudu, poměr šířka pulsu: šířka mezery a dobu hran obdélníků. Podle mého názoru bych návaznost dle 1. varianty za úplnou návaznost nepovažoval. Podle této varianty se změří jenom amplituda. Poměr obdélníku 1:1 se pouze předpokládá a nedokonalost hran se jen (jak uvádíte) „patrně zohledňuje“. S měřením pomocí 3458A nemám zkušenosti, protože jej v laboratoři nevlastníme.*

Názor Ing. Dražila: *V zásadě bych návaznost uznal, jen je třeba mít jasně definovanou měřenou veličinu a k ní správně přiřazenou nejistotu dosažitelnou tou kterou metodou.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Návaznost ani jedním z uvedených způsobů není ideální, ale mám zato, že je třeba ji uznat. Vycházím z toho, že postup uvádějí renomovaní výrobci (Fluke, Wavetek (dnes Fluke)), kteří vyšli z konstrukce přístroje a dále z toho, že nebylo navrženo lepší řešení.*

#### 3.4.2. Kalibrace multimetrů pro měření periodických nesinusových průběhů

Schopnost multimetru k měření periodických nesinusových průběhů závisí především na šíři frekvenčního pásma a na činiteli výkyvu, který je multimetr schopen měřit. Je-li podstatná část měřeného signálu ve frekvenční oblasti, kterou multimetr již nezpracovává, nebo když při větších hodnotách činitele výkyvu přechází multimetr do nelineární oblasti, vzniká chyba. U číslicových multimetrů se povolená největší hodnota činitele výkyvu obvykle udává pro největší hodnotu měřicího rozsahu. Pro menší hodnoty se pásmo dovolených hodnot činitele výkyvu zvětšuje. Většina technicky důležitých signálů má hodnoty činitele výkyvu menší než 2. Vysoké hodnoty činitele výkyvu se vyskytují u impulsních průběhů s velkou střídou, u obvodů s tyristory pro malý úhel otevření a u šumových průběhů.

Kalibraci multimetrů pro měření periodických nesinusových průběhů lze nabídnout, ale mělo by to být na základě požadavků zákazníků, neboť normativní dokument EURAMET cg-15 tuto kalibraci nepožaduje. Jaký je Váš názor?

Názor pana Krause: *Podle našeho názoru je nutné znát v jaké oblasti a „co“ měří zákazník a dle specifikace rozhodnout. V našem případě zákazník minimálně využívá střídavý signál, jinak vždy provádíme kalibraci sinusovým signálem.*

Názor Ing. Dražila: *„S velkou střídou“ asi není dobře řečeno, mінěny jsou asi krátké impulsy. Souhlasím, že kalibraci multimetrů pro měření (definovaných) periodických nesinusových průběhů je možno nabídnout na základě požadavků zákazníků, problém může být s návazností.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Kalibraci multimetrů pro měření periodických nesinusových průběhů lze nabídnout, ale mělo by to být na základě požadavků zákazníků, neboť normativní dokument EURAMET cg-15 tuto kalibraci nepožaduje.*

### **3.4.3. Střídavá kalibrace bočníků a etalonů odporu, v rozsahu pod 1 Ω určených pro stejnosměrný proud**

Při kalibraci malých střídavých odporů je kromě fázové a frekvenční charakteristiky nevýznamnějším požadavkem zamezení vzájemné induktivní vazby mezi proudovými a napěťovými svorkami. Nejlepší vlastnosti mají obvykle koaxiální střídavé bočníky s koaxiálními přívody. Někteří zákazníci přicházejí s požadavky kalibrovat střídavě etalony odporu (bočníky) původně určené pro stejnosměrné použití, které mají nevhodnou fázovou a frekvenční charakteristiku, ale především napěťové svorky umístěné daleko od sebe. Prokroucením vodičů a položením napěťových vodičů kolmo k proudovým se dá vzájemná induktivní vazba mezi vodiči omezit a dosáhnout lepší opakovatelnosti, avšak pokud nejsou uvedené zásady dodrženy, mohou být odchylky značné. Máte za to, že by použití takových etalonů akreditovanými laboratořemi nemělo být uznáno?

Názor Ing. Netopila: *Ano - pokud má takový bočník návaznost i při střídavém proudu a pokud jsou při kalibraci pomocí tohoto bočníku dodrženy (a popsány) stejné podmínky, za kterých byl navázán.*

Názor pana Krause: *Myslíme si, že pro uznání této metody musí být zajištěna verifikace a přesně dodržen postup s propojením vodičů. Pak lze tento postup uznat.*

Názor Ing. Dražila: *Je to věc správnosti metodického postupu a hlavně správného stanovení nejistot, je třeba přihlídnout ke konkrétním požadavkům na přesnost měření. Moje poznámka je spíše všeobecná, s konkrétními bočníky nemám zkušenost.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Lze souhlasit s výše uvedenými názory.*

### **3.4.4. Návaznost vysokého odporu pro napětí do 10 kV**

Pokud kalibrační laboratoře kalibrují etalony vysokého odporu, či vysokoohmové dekády, je jim někdy nabízena kalibrace pouze do 1000 V. Etalony vysokého odporu, či vysokoohmové dekády, mohou mít specifikovanou napěťovou závislost i pro vyšší napětí, například do 10 kV. Pomocí uvedených etalonů se kalibrují měřiče vysokého odporu s měřicím napětím až 10 kV. Lze takovouto návaznost etalonů vysokého odporu, či vysokoohmové dekády uznat, s přihlídnutím ke skutečnosti, že kalibrované přístroje mají relativně malou přesnost v řádu jednotek procent?

Názor Ing. Dražila: *Správnější je mít etalony kalibrovány až do nejvyššího napětí, pro ojedinělá měření při větším napětí by mohlo stačit zvětšit nejistoty na základě spolehlivých údajů (specifikací).*



Názor pana Krause: *S podobným jevem se setkáváme a řešíme jej dodatkem nebo poznámkou ke kalibračnímu listu s tím, že byla kalibrace omezena do určitého rozsahu popř. frekvence. Navíc je vhodné (navrhoval bych nutné) označit přístroj štítkem s omezeným rozsahem kalibrace. Akceptovatelná kalibrovaná hodnota by však měla být alespoň v 50 % rozsahu.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Doporučuji uznat dočasně, s přihlédnutím ke skutečnosti, že kalibrované přístroje mají relativně malou přesnost v řádu jednotek procent, avšak cílem by mělo být odstranění extrapolace.*

### 3.4.5. Kalibrace proudové cívky

K proudovým kalibrátorům jsou dodávány proudové cívky, které slouží k rozšíření proudového rozsahu při kalibracích klešťových ampérmetrů. Někdy si proudové cívky laboratoře zhotovují samy. Cívky mívají například deset nebo padesát závitů.

Kalibraci cívky lze provést například tak, že kvalitním klešťovým ampérmetrem změříme na rovném vodiči 100 A, následně do cívky s deseti závity zavedeme proud 10A a z výsledků stanovíme konstantu cívky.

Problémem ale je, že rozdílnost tvaru magnetického pole cívky a rovného vodiče působí na každý klešťový přístroj jinak a rozdíly konstanty cívky mohou být i v procentech. Pokud tedy nestanovíme konstantu cívky pro konkrétní typ ampérmetru, musíme podstatně zvětšit nejistotu kalibrace. Kalibrace cívky jen pro jeden typ ampérmetru tedy má v podstatě smysl jen pro verifikaci počtu závitů a je otázkou, zda ji vůbec požadovat. Jaký je Váš názor?

Názor pana Krause: *Stejný problém trápí i nás. Setkáváme se s velkým množstvím klešťových multimetrů, ampérmetrů a AD převodníků. Je velmi složité najít dva shodné typy (se stejným systémem) a naměřit stejné hodnoty v rámci specifikace. Opakovatelnost záleží na zahřátí vlastního systému přístroje (velmi snadno „utíkají“), u střídavé složky také záleží na rezonanci cívky. Vlastníme tři 50-ti závitové cívky a ne se všemi lze provést úspěšnou kalibraci, musíme postupně zkoušet, která cívka je vhodná. Nejvíce problémů dělá hodnota blízká 1 kA s frekvencí nad 90 Hz. U některých přístrojů nemožné. Myslíme si, že problém nespočívá ani tak v samotné cívce, jako v kalibrovaných přístrojích. Další těžkostí je velikost kleští, kde průměr cívky je větší než průměr sevřených čelistí a navíc, objevují se typy např. KYORITSU s otevřenými čelistmi (dovolená chyba se pohybuje v jednotkách procent). Jak provádět správně kalibraci? Na přímém vodiči, nebo na 5-ti závitové cívce? Silnější se již do kleští nevejde.*

Názor Ing. Dražila: *Vliv na přesnost měření daný spolupůsobením cívky a méně kvalitního magnetického obvodu přístroje by měla zohlednit laboratoř, která kalibruje klešťové ampérmetry. Kalibrace cívky by se měla dělat s co nejlepším přístrojem.*

Názor Ing. Netopila: *Návaznost cívky by měla být provedena. U profesionálních zřejmě stačí jen prvotní kalibrace, nebo kalibrace s dlouhou periodou.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Provedení kalibrace na rovném vodiči je lepší než použití cívky, protože obvykle lépe koresponduje s použitím ampérmetru, ale nutno vzít v úvahu možnosti laboratoří. Rovnému vodiči by se více blížily cívky s větším průměrem. Návaznost cívky by měla být provedena a pokud není provedena pro konkrétní ampérmetr, musí se to odrazit v nejistotě měření.*

### 3.4.6. Členění postupů po veličinách či typech přístrojů

Mám za to, že kalibrační laboratoře mají metodiky členěny častěji podle typů přístrojů, než podle veličin. Takto koncipovány jsou i některé normativní dokumenty.

Nyní se objevují názory, že by bylo lépe členit metodiky dle veličin. Jaký je Váš názor?

Názor Ing. Netopila: *Obecně se domnívám, že členění podle veličin je univerzálnější a pokud by tedy měla být v tomto směru harmonizace, pak jsem pro členění podle veličin. Ale myslím, že v tomto není nutno za každou cenu razit jednotnost – doporučuji členit buďto podle veličin, anebo podle přístrojů. Laboratoře ať sami dospějí k pro ně optimálnímu způsobu zpracování metodik. V tomto bych nechal volnost. Při auditu se s tím posuzovatel musí umět vypořádat.*

Názor Ing. Dražila: *Osobně preferuji členění dle veličin, vyskytují se ale laboratoře, které se specializují na kalibrace specifických přístrojů, kde by členění metodik podle veličin nemuselo být příliš vhodné.*

Názor pana Krause: *Jsem jednoznačně pro členění po typech přístrojů. Neumím si představit jednotnou metodiku např. pro multimetry a analogový ohmmetr.*

Názor pana Ing. Streita: *Z hlediska jednotnosti s udáváním CMC v KCDB se kloním k členění postupů po veličinách s případnými výjimkami. Např. Revizní přístroje jsou dost specifická oblast, která by mohla a asi i měla být samostatná.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Laboratoře by měly mít svobodnou volbu, zda používat členění podle přístrojových či veličinových metodik.*

### 3.4.7. Připomínky k odborným posuzovatelům

Stalo se Vám, že jste měli od jednoho odborného posuzovatele systém schválený a při změně odborného posuzovatele jste ho museli předělat více, než by odpovídalo požadavkům závazných předpisů? Stalo se Vám, že něco co by mohlo být pouze doporučením, odborný posuzovatel označil jako neshodu? Stalo se Vám, že odborný posuzovatel neměl dostatečné znalosti pro posouzení daného problému? Máte nějaké jiné negativní zkušenosti s odbornými posuzovateli nebo jiné připomínky k činnosti odborných posuzovatelů?

Zkušenost pana Krause: *Máme zkušenost, že vedoucí posuzovatel zasahoval do práce odborného posuzovatele, který nás donutil změnit text na kalibračním listě, aby se při následné dozorové návštěvě zjistilo, že text byl v pořádku a nebyl zavádějící.*

Zkušenost Ing. Netopila: *K odborným posuzovatelům elektrických nemám v tomto směru připomínky.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Nemělo by docházet k situacím, kdy změna odborného posuzovatele má za následek, že dochází při posuzování odborných požadavků podle ČSN EN ISO/IEC 17025 k výrazným názorovým odchýlkám. Předložená zpráva pro oblast elektrických veličin má za cíl napomoci k harmonizaci přístupu při posuzování.*

### 3.4.8. Kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou

**Pan Doc. Ing. Jiří Horský, CSc. uvádí ke kapitole 4.2.3. Kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou následující připomínku:**

„Celý odstavec popisuje (velmi stručně) existující stav. Chybí mně unifikující a harmonizující obsah. Zde alespoň některé problémy, na které by se mělo zaměřit: odporové snímače – většina simulátorů generuje náhradní odpor elektronickou simulací, tzn., že není připojen fyzický rezistor. V závislosti na měřícím proudu kalibrovaného regulátoru nebo

ukazatele, a na vlastnostech etalonového simulátoru může při simulaci dávat pro některé typy regulátorů nesprávné výsledky. (Podobně nemusí bez problému vycházet ani kalibrace simulátoru etalonovým multimetrem.) Zejména levnější simulátory nemívají možnost nastavení měřicího proudu při simulaci odporových snímačů, nemusí mít možnost připojení 3w a 4w, elektronicky generovaný výstupní odpor může být závislý na stavu napájecí baterie. Podobně generované výstupní termonapětí u simulátorů termoelektrických článků.“

### **Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI)**

Elektronicky simulované odpory, či odporové teploměry, mají i poměrně drahé kalibrátory jako Fluke 5520, Fluke 5500, Meatest 140, ale i levnější procesní kalibrátory, např. AOIP, Beamex, či Omega. Při kalibracích je třeba dodržet proud předepsaný výrobcem pro daný měřicí bod, což někdy vyžaduje přepnutí referenčního multimetru na vyšší rozsah. Pokud se měřicí proud nedodrží, přístroje hlásí, že proud je příliš velký nebo příliš malý. Zde nevidím velký problém. I u fyzických odporů je třeba dodržet měřicí proud, či napětí. Pokud bychom chtěli identifikovat problém, bylo by jím proměření odporu při krajních mezích proudu udávaného výrobcem. Fluke 5500 udává pro rozmezí 33  $\Omega$  až 109.999  $\Omega$  rozmezí měřicího proudu 1 mA až 70 mA. Multimetry měří obvykle při dekadických proudech. 70 mA bychom mohli měřit ohmovou metodou pomocí kalibrátoru a multimetru. U vyšších odporů (Fluke 5520 simuluje elektronicky 1G $\Omega$ ) by při využití popsané ohmovy metody vznikl problém kvůli unikajícím proudům. Takové měření ovšem verifikační postup výrobce obvykle nepředepisuje. Dle mého názoru tedy stačí při kalibracích zvolit správný měřicí proud.

U simulovaných elektrických odporů jsem se setkal s jiným problémem. Při připojení multimetru k simulátoru došlo patrně kvůli vstupní kapacitě multimetru ke kmitání řádově na kmitočtu 1 MHz. Stejnoseměrný proud přitom stále protékal a multimetr ukazoval údaj mimo toleranci, ale ne tak, aby to byl uživatel schopen poznat.

U teplotních simulátorů jsem se setkal s problémem, že laboratoře při kalibraci simulátorů a měřidel termoelektrických snímačů teploty pomocí napětí s kompenzací studeného konce a s propojovacím vedením z příslušného termočlánku nepoužívají propojovací vedení z příslušného termočlánku, ale z měděných vodičů a následně se uživatel překvapen, že rozdíly jsou i dva stupně Celsia. To je samozřejmě hrubá chyba. Termočlánekové vedení zde slouží ke generování napětí odpovídající různé teplotě kompenzovaných konektorů u referenčního etalonu a kalibrovaného měřidla. Mám zato, že termočláneková propojovací vedení musí být kalibrovaná. Jaký je Váš názor?

Názor Ing. Netopila: *Uvedenou připomínku jsem psal již dříve Ing. Vojtíškoví v rámci dotazů při zpracování úkolu harmonizace posuzování v oboru teplota. (Zveřejněna rovněž ve sborníku 41. konference ČKS).*

*Jsou dvě kalibrační úlohy: 1. kalibrace indikátorů a regulátorů teploty pomocí simulátorů. 2. kalibrace simulátorů (procesních kalibrátorů). S názorem víceméně souhlasím ve vztahu k úloze 2. Víceméně proto, že na vyšším měřicím rozsahu se dostáváme do dolní čtvrtiny (třetiny) rozsahu, kde je nejhorší přesnost. Proto je lépe použít nastavení Low I (např. u Datronů řady Ixxx) – ale to nemusí každý typ multimetru umět. Dále: někdy se nedá se simulovanými odpory tzv. „domluvit“ ani při nižším měřicím proudu - např. vysoké odpory – chtějí ještě menší proud, než je nejmenší měřicí proud na nejvyšším rozsahu DMM (a vyšší rozsah DMM už nemá).*

*U úlohy 1 nepomáhá zvolit správný měřicí proud jednoduše proto, že někdy měřicí proud vůbec měnit nelze. Průmyslové regulátory a zobrazovače teploty nastavení měřicího proudu nemají, a pokud ano, je zdoluhavé zjišťovat (dokumentaci navíc zákazník mnohdy vůbec nemá) postup nastavení. Zbývá zvolit měřicí proud na simulátoru – a toho právě se týkala moje původní připomínka, že „Zejména levnější simulátory nemívají možnost nastavení měřicího proudu při simulaci odporových snímačů.“*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Souhlasím s Ing. Netopilem. Kapitola „Kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou“ byla o dané téma rozšířena.*

### **Ing. Miroslav Netopil z AKL Č. 2222 napsal připomínku:**

„U simulátorů a měřidel termoelektrických článků vyjde odlišné CMC pro případ měření bez kompenzace studeného konce a s kompenzací. Neviděl jsem toto odlišení v příloze k osvědčení žádné z laboratoří, které mají akreditovány simulační metody. Možná postup s kompenzací vůbec nepoužívají. Pak ale je významnou složkou nejistoty přesnost měření teploty referenční svorky. Nízké CMC, uváděné v některých přílohách pro simulace, nejsou reálné.“

#### **Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI)**

Obecně neplatí, že u simulátorů a měřidel termoelektrických článků vyjde odlišné CMC pro případ měření bez kompenzace studeného konce a s kompenzací. Některé kalibrátory mají společnou specifikaci pro obě varianty. Souhlasím ale s tím, že by měla proběhnout harmonizace příloh OA v tom smyslu, aby bylo patrné, zda laboratoř provádí kalibrace s kompenzací i bez kompenzace teploty vstupních svorek (tak jak je to uvedeno ve zprávě v Tabulce 6 – Příklad vyjádření CMC v příloze OA), či využívá jen jednu variantu. Jaký je Váš názor?

Názor Ing. Netopila: *Pokud má kalibrátor jedinou specifikaci, zahrnuje (měla by) i chybu měření teploty ref. svorky interním čidlem, a plyne z ní CMC s kompenzací.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Souhlasím s Ing. Netopilem.*

Názor Ing. Netopila: *Simulátor automaticky měří interním čidlem teplotu referenčního konce, nebo mu tuto teplotu nastavíme ručně, když ji předtím změříme. V obou případech je měření (této teploty) zatíženo chybou, která se musí zohlednit v nejistotě. Výsledky kalibrace, kdy na simulátoru nastavím teplotu  $RJ=0$  a referenčním multimetrem měřím výstupní termonapětí, nelze vyhodnotit ve vztahu k takové specifikaci, která zahrnuje i chybu měření teploty ref. svorky. Tyto výsledky rovněž zákazníkovi nic neřeknou o přesnosti měření teploty referenční svorky. Nejlépe je provádět kalibrace simulátorů termoelektrických článků s připojením kompenzačního vedení, umístěním „studeného“ konce do  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , zde propojení na obyčejný vodič, který se zapojí do etalonového multimetru.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *V podstatě souhlasím s Ing. Netopilem, pouze stanovisko „Nejlépe je provádět kalibrace simulátorů termoelektrických článků s připojením kompenzačního vedení, umístěním „studeného“ konce do  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , zde propojení na obyčejný vodič, který se zapojí do etalonového multimetru“ považuji za subjektivní. Možností jsou různé a každému může vyhovovat jiný postup. Kapitola „Kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou“ byla o dané téma rozšířena a různé postupy v ní popsány.*

### **3.4.9. Snižování počtu kalibračních bodů oproti metodice**

#### **Ing. Miroslav Netopil z AKL Č. 2222 napsal připomínku:**

„Určení kalibračních bodů je velký problém: zákazník chce často kalibrovat např. „jen na 2V, protože nic jiného na tom neměříme“, v domnění, že cena za jeden kalibrační bod bude 1/50 ceny za běžných 50 bodů. Těmto požadavkům se laboratoře těžko brání, když „minule nám to u konkurence tak změřili“. Ale při snižování počtu bodů je pak otázka, kdy to ještě je kalibrace. Extrémní snížení počtu bodů by mělo být rozhodně posuzováno jako nesoulad s kalibračním postupem. Ostatní zůstává na zdravém úsudku odborného posuzovatele.“

#### **Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI)**

Otázkou tedy je, zda je možno vydat akreditovaný kalibrační list, pokud je v postupu na přání zákazníka použit pouze jeden bod. Ve zprávě je uvedeno, že počet bodů by měl odpovídat možnostem vzniku nelinearity. Pokud tedy zákazník například požaduje změření pouze bodu 2 V na třívoltovém stejnosměrném rozsahu multimetru a žádný jiný bod se na multimetru neměří, akreditovaný kalibrační list v souladu s harmonizačním pravidlem by být vydán neměl. Nebyla totiž proměřena charakteristika AD převodníku. Jaký je Váš názor?

Názor Ing. Netopila: *V zásadě souhlasím. Jen doplnění k mé připomínce: příklad jsem samozřejmě uvedl jako extrémní, v praxi jsem to jako výslovný požadavek nezaznamenal (v elektrických veličinách), ale např. v teplotě je celkem častý. Ale tyto tendence zákazníci mají a jako dotaz jsem jej už několikrát zodpovídal. Zatím se vždy podařilo podobné snahy zákazníkovi vymluvit, aniž by bylo třeba odmítnout kalibraci. Pro harmonizaci posuzování doporučuji stanovit nepodkročitelné minimum kalibrace. Jak vysoko toto minimum nastavit, je otázka. V praxi uplatňujeme (pro případ multimetrů) pravidlo, aby byla vždy kalibrována právě charakteristika AD převodníku.*

Názor pana Krause: *Myslíme si, že pro kontrolu AD převodníku je třeba vytvořit kalibrační křivku, kterou nelze provést v méně než třech bodech. Toto pravidlo bych označil jako základní. Zákazník nemůže rozhodovat o hodnotách, které nezná. Bude-li trvat na jednobodové kalibraci, tak vystavit mimo akreditaci.*

Názor Ing. Dražila: *Osobně bych ponechal na zodpovědnosti zákazníka, zda rozhodnutí o omezené kalibraci nemůže způsobit chybné výsledky a zda si takový postup bude schopen obhájit při auditu. Pokud by se v příslušném kalibračním listu uvedlo, že jde o omezenou kalibraci v jednom bodě na přání zákazníka s poznámkou, že nebyla kontrolována linearita, nevidím důvod, proč takový kalibrační list nevydat jako akreditovaný. Jiná věc by byla, pokud by to bylo výslovně v rozporu se schválenou metodikou.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Pro kalibraci by mělo být stanoveno nepodkročitelné minimum. Toto minimum ovšem závisí na typu přístroje, na jeho přesnosti, na typu nelinearity. Minimum by mělo být zapracováno v konkrétní posouzeném postupu a pokud je požadována kalibrace v rozporu se základními pravidly uvedenými v postupu, neměla by být kalibrace provedena vůbec, a to ani neakreditovaně, protože by hrozilo, že nazveme kalibrací něco, co už kalibrací není (viz původně uvedený příklad), a to by bylo možno v extrémním případě považovat i za porušení zákona. Za podkročení nepodkročitelného minima nepovažuji např. kalibraci střídavého napětí pouze při 50 Hz, pokud to zákazník požaduje a pokud přístroj má více frekvenčních pásem. To je pouze omezený rozsah kalibrace.*

#### **3.4.10. Rozpor mezi příkladem pro výpočet nejistoty a praxí v laboratoři**

**Ing. Miroslav Netopil z AKL Č. 2222 a Doc. Ing. Jiří Horský, CSc. napsali připomínku:**

„Nejistotě A je potřeba věnovat daleko více, než 2 řádky. Zkušenosti z posuzování: laboratoře mají (většinou) popsáno vyhodnocení nejistoty A. Ve vzorovém povinném příkladu výpočtu nejistot (vždy) uvádějí 3 (5, 8, 10) hodnot a mají učebnicově dosazeno do vzorečku pro nejistotu A. Potud vše v pořádku. V praxi však mají zaznamenanou jedinou hodnotu (i třeba tam, kde rozhodně nemohlo jít o stabilní údaj s jednou jedinou hodnotou). Výpočet nejistoty A pak nelze provést – nemá z čeho být vypočten. Je to rozpor s postupem – otázka: jak posuzovat? Někdy se laboratoř odkazuje na tzv. typickou či typizovanou nejistotu – její dokladování však chybí, stejně jako popis způsobu, jak se získá.“

##### **Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI)**

Dle mého názoru postup uvedený ve vzorovém postupu výpočtu nejistoty je nutno dodržet i při vlastních kalibracích. Pokud tedy nestanovujeme nejistotu typu A, ale stanovujeme nejistotu typu B, která nejistotu typu A nahrazuje, například z minimálního a maximálního odečtu, jak je uvedeno i v příkladu výpočtu nejistoty ve zprávě, je třeba toto dodržet i při vlastních kalibracích. Stanovení fixních nejistot typu B, které nahrazují nejistotu typu A, považuji za problém, který by měl být v rámci harmonizace postupně odstraňován. Jaký je Váš názor?

Názor Ing. Netopila: *Měl by být postupně odstraňován. Nevím sice nakolik je takový způsob rozšířený, ale setkal jsem se s tím. Vím však (minimálně) o jednom „ale“. Starší SW (např. PORTOCAL od DATRONu) sice provádí opakované odečty a z nich počítá průměr, avšak*

nejistotu A neprovádí. Jiný způsob, než v takovém případě použít „typickou“ nejistotu A, mě nenapadá.

Názor Ing. Dražila: *Opakované měření zvyšuje pracnost a cenu kalibrací, hlavně pokud se měří bez automatizace. Laboratoře budou mít z ekonomických důvodů vždy snahu redukovat počet měření. Řešením může být stanovení mezí, kde jsou nejistoty typu B převládající a od kterých se již provádí pouze jedno měření.*

Názor pana Krause: *Naše laboratoř vychází vždy minimálně ze tří odměřů a u vícemístných multimetrů i z více odměřů dle našeho příkladu pro výpočet nejistot. Pro výpočet směrodatné odchylky nám použitý program při nižším počtu odměřů nezahrne nejistotu typu A do standardní nejistoty.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Při kalibracích levných měřidel je nutno z ekonomických důvodů snižovat počet odměřů. Stanovení fixních nejistot typu B (např. na základě sdružené výběrové směrodatné odchylky), které nahrazují nejistotu typu A, je legitimní postup, ale osobně doporučuji pro číslicové přístroje použít níže uvedené řešení:*

*Při manuálním měření lze nejistotu spojenou s rozptylem několika naměřených hodnot odhadnout též monitorováním minimální a maximální hodnoty udávané kalibrovaným číslicovým přístrojem. Naměřenou hodnotu určíme jako aritmetický průměr minimální a maximální naměřené hodnoty. Pro standardní nejistotu spojenou s rozptylem několika naměřených hodnot potom platí vzorec (5) na straně 15 zprávy, který vychází z aproximace rovnoměrným rozdělením. Takto vypočtená nejistota charakterizuje identický jev jako nejistota typu A, avšak při striktním výkladu dle EA 4/02 jde o nejistotu typu B. Pokud pracovník provádí záznam minimální a maximální hodnoty např. v excelu a údaj se nemění, stačí zapsat pouze jednu hodnotu např. do buňky min a buňku max mít předem položenu rovnu buňce min. Pokud je připraven „předtisk“ v excelu, výše uvedený způsob je pracností srovnatelný se zaznamenáváním jedné hodnoty a na rozdíl od fixního stanovení reaguje na aktuální chování přístroje.*

#### 3.4.11. Vyjádření o nejistotě:

**Pan Doc. Ing. Jiří Horský, CSc. navrhuje stanovení harmonizačního kritéria:**

„Stanovit, zda bude hodnoceno jako neshoda, pokud bude v kalibračním listě 3,5 dig DMM uvedeno:

*Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření  $k=2$ , což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95%. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02.“*

#### **Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI)**

Pokud údaj multimetru nekolísá a etalonový kalibrátor byl např. desetkrát přesnější než kalibrovaný multimetr, bude převažující vliv nejistoty s rovnoměrným rozdělením, která charakterizuje konečnou rozlišovací schopnost multimetru, a text by měl být formulován jinak:

*Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření  $k=1,65$ , který je odvozen za předpokladu rovnoměrného pravděpodobnostního rozdělení pro pravděpodobnost pokrytí 95%. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02.“*

Pokud ale ve výše uvedeném případě laboratoř použije aproximaci normálním rozdělením, místo rovnoměrným, identifikaci neshody nedoporučuji. Navíc i při kalibraci 3,5 dig DMM může být za předpokladu kolísání údaje naplněna centrální limitní věta a  $k=2$  by bylo na místě.

Názor Ing. Netopila: *Zcela souhlasím s poslední větou. To, že u 3,5 DMM je dominantní nejistotou nejistota vlivem rozlišovací schopnosti, neplatí zdaleka pro všechny hodnoty na všech rozsazích (tomuto problému jsem se věnoval i v přednášce na semináři ČKS „Nejistoty měření*

el. veličin“, květen 2011, Dukovany). Pak by musela poznámka o uvedené rozšířené nejistotě měření být uváděna ve dvojí variantě ( $k=1,65$  a  $k=2$ ) a dále uvedeno pro které hodnoty platí jaké  $k$ .

Názor Ing. Dražila: *Aproximaci normálním rozdělením bych rozhodně toleroval nebo spíše preferoval. V kalibračních listech může být měřeno více veličin a je tam obvykle mnoho měřicích bodů. V praxi může často dojít k tomu, že pro různé měřicí body budou převládat různé složky nejistot a bude tedy různé pravděpodobnostní rozdělení.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Viz výše uvedené vyjádření.*

### **3.4.12. Další témata, která navrhl Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.**

„Zpráva se nedotýká technických problémů, na které nemají posuzovatelé jednotný názor a bylo by dobré je sjednotit, jako je:

1. Omezená kalibrace DMM (převážná část kalibrací DMM je neúplná upřesnit od jakého omezení musí být kalibrace DMM označena jako omezená).
2. Kalibrace pro C rozsahy u DMM.
3. Kontrola linearity zdroje I u DMM na d funkci R (stačí jednou).
4. Kontrola Crest faktoru u DMM (stačí jednou).
5. Kontrola THD u kalibrátorů min. na 51 Hz a 1 kHz.
6. Použití etalonů R Metra a ZIP Krasnodar pro AC (základní vybavení téměř všech AKL).
7. Artefaktová kalibrace a selfkalibrace.

#### ***Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI)***

K bodu 1):

Kalibraci považuji za omezenou v případě, že nejsou proměřeny všechny rozsahy pro všechny jejich specifikace a v potřebné míře všechny nelinearity, či frekvenční závislosti.

Výsledky každé kalibrace musí být uváděny přesně, jasně, jednoznačně a objektivně a v souladu se všemi specifickými instrukcemi obsaženými v kalibračních metodách. Pokud jsou v kalibračním listu uvedeny naměřené hodnoty a je dodržen kalibrační postup laboratoře, nepovažuji za zcela nezbytné zdůrazňovat v kalibračním listu omezený rozsah kalibrace.

V jiných případech omezené kalibrace by to v kalibračním listu omezení být uvedeno mělo. Jaký je Váš názor?

Názor pana Krause: *Základní hodnoty VDC/VAC/IDC/IAC/RDC jestliže, některá funkce nebyla kalibrována, pak jsem pro označení přístroje - přístroj byl kalibrován v omezeném rozsahu a stejně upozornění bude uvedeno i na kalibračním listě. Ze zkušenosti víme, že zákazník, zpravidla metrolog popř. vedoucí firmy má u sebe kalibrační listy s vyjádřením o kalibraci, ale technik – uživatel nemá informaci o naměřených nebo nevyhovujících hodnotách.*

Názor Ing. Netopila: *V podstatě souhlasím s větou „Kalibraci považuji za omezenou v případě, že nejsou proměřeny všechny rozsahy pro všechny jejich specifikace a v potřebné míře všechny nelinearity, či frekvenční závislosti.“ V podtextu celého problému vidím, jako za vším, otázkou finanční. Zákazníci rádi omezí rozsah, aby ušetřili. Počet kalibračních bodů je většinou tolik netíží. Laboratoř zároveň omezí rozsah z důvodu, aby byla její činnost levnější. Z toho důvodu nabízí kalibrace za nižší ceny, ale už neuvede, že se jedná o kalibraci provedenou v mň bodech. Omezený rozsah kalibrace by měl být uváděn, otázkou spíše je, čím definovat omezený rozsah. Pokud nejsou kalibrovány všechny funkce? To podle mého názoru nejsou většinou nikdy,*

*zvlášť v případě supermultimetru – viz poznámka k bodu 6. Pokud nejsou kalibrovány základní funkce U, I, R? Pokud chybí kalibrace některých rozsahů funkcí U, I, R.?Atd.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Viz výše uvedené vyjádření.*

K bodu 2):

Verifikační test pro měření kapacity uvádí výrobce např. v servisním manuálu k multimetru Fluke 8846. Zde předepisuje kalibraci nuly a hodnoty v blízkosti konce rozsahu na nejnižším rozsahu a dalších rozsazích pouze v blízkosti konce rozsahu. Osobně bych přidal nuly na všech rozsazích a na nejpřesnějším rozsahu linearitu alespoň ve třech bodech (0 %, 50 %, 95 %). Jaký je Váš názor?

Názor Ing. Netopila: *Myslím, že je to rozumné řešení.*

Názor pana Krause: *Souhlasím s návrhem Ing. Zikána.*

K bodu 3):

Kalibraci linearity zdroje I u DMM na funkci R nad rámec EURAMET/cg-15/v.01 bych prováděl jen na přání zákazníka. Test linearity je možno provést u čtyřsvorkového zapojení zařazením proměnného odporu nepřipojeného na napěťové svorky do série s etalonovým odporem. Pomocí uvedeného proměnného odporu je pak nastavováno výstupní napětí na proudových svorkách. U dvousvorkového zapojení je jediným řešením použití několika hodnot odporu. Jaký je Váš názor?

Názor Ing. Netopila: *Nemám jednoznačný názor.*

K bodu 4)

Stanovisko je uvedeno výše v kapitole 2. „Kalibrace multimetrů pro měření periodických nesinusových průběhů.“

Názor pana Krause: *Kontrolu Crest faktoru neprovádíme.*

K bodu 5):

Kontrolu THD u kalibrátorů bych prováděl jen na přání zákazníka nebo pokud to výrobce předepisuje ve verifikační proceduře. Jaký je Váš názor?

Názor Ing. Netopila: *Odpovím zkušenostmi získanými za 16 let praxe - zákazník si to nikdy nepřál. A ani my v pozici zákazníka jsme si to nikdy nepřáli. Pro zákazníka jsou to další náklady, za které získá minimálně přidanou hodnotu, navíc zákazníkovi ani není jasné co mu to přináší. S kontrolu THD v případě, že to předepisuje výrobce, souhlasím.*

Názor pana Krause: *Kontrolu THD u kalibrátoru neprovádíme.*

K bodu 6):

ZIP Krasnodar jsou vyloženě stejnosměrné odpory pro střídavé použití málo vhodné. Metra je na tom o něco lépe. U středních hodnot odporů má rozumnou frekvenční závislost, ale velkou vzájemnou induktivní vazbu mezi proudovými a napěťovými svorkami. Chybou by bylo použití nízkých hodnot uvedených odporů jako externí bočník k wattmetru se dvěma napěťovými vstupy z důvodu fázového posunu. Použití etalonů R Metra a ZIP Krasnodar pro AC klade vysoké nároky na znalosti obsluhy.

Dotaz Ing. Netopila: *Jaké jsou problémy při použití na nízkých frekvencích (do 100Hz)?*

Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI): *Konkrétně při frekvenci 50Hz může být problém s použitím např. Metra 0,001Ω jako externího bočníku k wattmetru se dvěma napěťovými vstupy*



*z důvodu fázového posunu a nebo nedodržení pravidel pro eliminaci vzájemné induktivní vazby i při měření proudu. Naopak střední hodnoty Metra  $1 \Omega$  až  $1 k\Omega$  jsou do 1 kHz použitelné (bifilární vinutí).*

K bodu 7):

Použití autokalibrace má svá rizika. Například nedávno jsem se setkal s multimetrem Agilent 3458, který po opakovaném spouštění autokalibrace nastavoval jednou konstanty dobré, podruhé konstanty mimo toleranci. Ovšem pokud výrobce autokalibraci předepisuje, nezbyvá nic jiného, než ji provést. Více doporučuji Fluke 8508. Na využití artefaktové kalibrace existuje studie A2LA [http://www.a2la.org/guidance/A2LA\\_G112.pdf](http://www.a2la.org/guidance/A2LA_G112.pdf), ale nemám poznatky, že by ji někdo v rámci akreditace využíval.

Zlepšení specifikací umožňuje funkce Selfcal u Datron 1281. Pokud by se laboratoř dožadovala využití, doporučuji akceptovat tento požadavek. Podmínkou by mělo být, aby rekaliibrace proběhla proti zlepšeným specifikacím.

### **3.4.13. Nedořešené technické oblasti**

***Pan Doc. Ing. Jiří Horský, CSc. navrhuje popsat následující „nedořešené technické oblasti“:***

Revizní přístroje,

Měření prvků na AC do 1 MHz,

Elektronické zdravotnické prostředky s měřicí funkcí,

Frekvence z GPS a její návaznost.

#### ***Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI)***

Pokud by byla poptávka pro společný postup v těchto nebo jiných elektrických oblastech, pak si dovoluji požádat uživatele zprávy o informaci. Předpokládám, že je to na samostatný úkol. Vyžadovalo by to účast v diskusi všech AKL, které tyto kalibrace provádějí. V současné době to postrádá smysl, pokud se např. nevyjasní, zda používat postupy přístrojové, či veličinové. Zdravotnické prostředky s měřicí funkcí se ale pokud vím servisují a přitom snad i kalibrují a to možná nedostatečně v servisních organizacích schválených ministerstvem zdravotnictví, na základě Zákona o zdravotnických prostředcích 123/2000 Sb v platném znění a frekvence nepatří do elektrických veličin.

Názor Ing. Netopila: *Pokud by byla poptávka pro společný postup v těchto nebo jiných elektrických oblastech, pak je to určitě na samostatný úkol.*

Názor pana Krause: *V současné době řešíme měřiče izolace a to buď speciálně určené k tomuto měření nebo hlavně jako jednu z funkcí DMM.*

### **3.4.14. Další témata, která navrhl Ing. Jan Černý z EZÚ**

#### ***Forma přílohy osvědčení***

Specifikou měřidel v oblasti elektrických veličin je ta skutečnost, že většinou měří více veličin. S tím, podle mého názoru, příloha osvědčení o akreditaci podle používaného vzoru nepočítá a velice jí tím komplikuje. Vzorek přílohy se drží pravidla jedna veličina = jedna metoda. V případě elektrických veličin, jedné metodě měření běžně odpovídá pět (v případě dalšího teplotního rozsahu, např. mimo laboratoř i deset) a více pořadových čísel veličin. Teplotní rozsah je navíc uveden v hlavičce, takže musí být stejná veličina na několika místech pod různými

pořadovými čísly (alespoň to by se myslím dalo zlepšit např. uvedením jiného teplotního rozsahu jako poznámky k identifikaci metody).

### **Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI)**

V rámci vyhodnocení předložených harmonizačních doporučení lze očekávat, že tento požadavek bude zohledněn při přípravě dalších kroků ke sjednocení akreditovaných výstupů.

Názor Ing. Netopila: *Navrhuji uvést do posledního slupce přílohy OA více čísel metodik k jedné veličině. Spíše vidím problém v přiřazení: veličina – rozsah – CMC - metodika(y). A zároveň nedoporučuji kombinaci „veličinového“ a „přístrojového“ zápisu do přílohy OA.*

### **Otázka odvozených veličin?**

Veličiny vypočítané z jiných veličin pomocí základních principů měření. Například stejnosměrný výkon, střídavý zdánlivý výkon, práce elektrického proudu, použití Ohmova zákona a další. Kdy mají být takové veličiny uvedeny v osvědčení o akreditaci a kdy ne, pokud jsou uvedeny ty, ze kterých jsou odvozeny?

### **Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI)**

Podle mého názoru musí být i odvozené veličiny uváděny v příloze OA.

Názor Ing. Netopila: *Souhlasím.*

### **Otázka střídavého napětí a proudu?**

Běžně jsou kalibrovány efektivní hodnoty střídavých napětí a proudů. Jaké mají zkreslení, se neuvádí ani nekalibruje. Co v případě, kdy měříme nebo generujeme napětí s harmonickým zkreslením? Je třeba tyto vlastnosti přístrojů kalibrovat, a pokud ano, tak jak? Je to třeba uvádět v příloze osvědčení, a jakým způsobem?

### **Vyjádření konzultanta (Ing. Jiří Zikán ČMI)**

Pokud se týká multimetrů a kalibrátorů, vyjadřuje se k tomu zpráva výše. Dále existují měřiče zkreslení, měřiče harmonických a interharmonických a měřiče flikru, které se používají např. na analýzu sítě nebo při zkouškách elektromagnetické kompatibility. V příloze osvědčení je má např. E.ON Servisní, s.r.o. a v příloze OA se uvádět samozřejmě musí.

### 3.5. TÉMAT A OTÁZKY K DOPLNĚNÍ PRŮBĚŽNÉ ZPRÁVY „ZPRACOVÁNÍ PODKLADŮ PRO PRŮBĚŽNÉ SJEDNOCOVÁNÍ POSTUPŮ AKREDITOVANÝCH KALIBRAČNÍCH LABORATOŘÍ V OBORU ELEKTRICKÝCH VELIČIN“ Z ROKU 2012.

K uvedeným tématům došly pouze dvě odpovědi, což je příliš málo pro stanovení jednoznačných harmonizačních závěrů avšak převažující názor v odpovědích je možno chápat jako harmonizační doporučení.

#### 3.5.1. Návaznost při měření modulací

Na webových stránkách BIPM lze zjistit, že většina národních metrologických institutů (včetně ČMI) zde nemá publikovány hodnoty CMC pro amplitudovou, kmitočtovou ani fázovou modulaci, a tudíž tyto kalibrace nemůže provádět pod režimem Ujednání CIPM MRA. Základní principy měření hloubky modulace AM signálu i generování signálu o známém kmitočtovém či fázovém zdvihu jsou všeobecně známé a publikované, laboratoře s navázanými etalony v výkonu či napětí a kmitočtu tedy mohou realizovat měření či generování modulací s návazností na jednotky SI. Problém je „pouze“ v dosažených nejistotách a jejich správném vyhodnocení.

1. Je dle Vašeho názoru přijatelné, aby si laboratoře akreditované pro zmíněné veličiny samy navazovaly svoje zařízení pro měření hloubky modulace a modulačního zdvihu a pak se jen účastnily porovnání pro měření modulací?
2. Má někdo zkušenost, jak se k této otázce přistupuje v zahraničí?

Vyjádření Ing. Netopila:

ad 1) *Ano, je.*

ad 2) *Ne.*

Vyjádření Doc. Horského:

*Je to na delší diskusi, je tam problémů více. Státní etalon Modulace SSSR Ukrajiny jsem podrobně prohlížel a posuzoval. Viz také má technická zpráva z MLP Modulace (MPZ 700-03) a článek v Metrologii.*

*Současný stav je pro nižší požadavky akreditovaná kalibrace (Madrid, ENAS, Agilent, Ukas), pro kvalitní a přesné kalibrace například neakreditovaná kalibrace RS Mnichov (kl má přes 70 stran měření a grafů, pro důležitá měření návaznost na externí není). To se však týká všech nových a moderních oborů měření. Oficiální metrologie pracuje vždy se zpožděním.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Karel Dražil):

Sdílím názor, že laboratoře akreditované pro výše zmíněné veličiny, které vlastní potřebná zařízení, si mohou vlastními silami zajistit návaznost pro měření modulací. Mimořádný důraz zde musí být kladen na uskutečnění mezilaboratorního porovnání včetně provedení důkladné analýzy nejistot každým účastníkem. V porovnání by se mělo účastnit co nejvíce laboratoří realizujících porovnávané veličiny nezávisle, tj. bez návaznosti pro příslušnou veličinu na jiného účastníka.

Problematicke modulaci se v současné době věnuje několik evropských národních metrologických institutů (ČMI, MIKES, NPL, PTB VSL). V rámci projektu EMRP je řešeno návazné měření vlastností digitálně modulovaných signálů.

### 3.5.2. Otázka veličin sloužících jen k výpočtu nejistot

Při kalibraci výstupního výkonu generátoru je nejistota měření ovlivněna parametrem nazývaným výstupní činitel odrazu (někdy se udává jako výstupní PSV). Měření tohoto parametru může být značně pracné a ne každá laboratoř je provádí.

1. Je v tomto případě dle Vašeho názoru přijatelné k výpočtu nejistot měření výkonu užít pouze výrobcem specifikovaných hodnot výstupního činitele odrazu (resp. PSV)?
2. Lze stanovit případy, kdy je třeba na kalibraci výstupního činitele odrazu generátoru trvat?

Vyjádření Ing. Netopila:

*ad 1) Ano, podle mých zkušeností udává výrobce parametr „výstupní PSV“ s bohatou rezervou. Spíš může být problém, že díky poměrně vysoké hodnotě výstupního PSV, jak ji udává specifikace výrobce, pak vychází velká nejistota vlivem odrazů. Změřením PSV je tedy možno (skoro vždy) nejistotu vlivem odrazů zlepšit.*

*ad 2) Netroufám si nějaké podmínky či pravidlo určovat.*

Vyjádření Doc. Horského:

*Pokud např. výstupní činitel odrazu znám z minulých kalibrací, je z konstrukce přístroje předpoklad, že se nezměnil a lze to dále použít.*

Vyjádření konzultanta (Ing. Karel Dražil):

S uvedenými stanovisky souhlasím. Podle mého názoru lze užití výrobcem specifikovaných hodnot daného parametru při výpočtu nejistot akceptovat. Na měření výstupního PSV je možno trvat, pokud není k dispozici údaj výrobce a zejména tehdy, pokud může být tímto parametrem ovlivněná složka nejistoty významná ve srovnání s ostatními dílčími nejistotami.

### 3.6. VYJÁDŘENÍ KONZULTANTA ING. JIŘÍHO ZIKÁNA Z ČMI K NĚKTERÝM PŘIPOMÍNKÁM Z ČKS Z ROKU 2012.

Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI níže uvedeným připomínkám je možno chápat jako harmonizační doporučení.

#### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

*Pokud se vychází z dovolených chyb, musí se uvažovat vždy rozdělení rovnoměrné. Někteří výrobci specifikují např. roční „přístrojovou“ nejistotu (rozšířenou pro  $k=..$ ). Pak se uvažuje pro tento zdroj rozdělení normální.*

#### **Připomínka Ing. Roman Honiga, místopředsedy ČKS**

*Pokud jde o mezní chybu, pak se obvykle předpokládá, že aktuální chyba může být kdekoli mezi horní a dolní hranicí a obvykle se stejnou pravděpodobností, což neodpovídá charakteru normálního rozdělení. Totéž i v dalších případech níže... Možná by tedy stálo za zvážení lichoběžníkové rozdělení, spíše než normální.*

#### **Připomínka Ing. Miroslava Netopila z AKL Č. 2222, člena výboru ČKS**

*Připojuji se k připomínce ing. Honiga: v manuálu k M140 je specifikace uvedena výslovně jako mezní chyba, na základě čehož se předpokládá rovnoměrné rozložení.*

#### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Nesouhlasím s tezí, že pokud výrobce kalibrátoru Meatest M140 udává mezní chybu, musí být standardní nejistota charakterizující časovou a teplotní nestálost kalibrátoru Meatest M140 automaticky předpokládána s rovnoměrným rozdělením pravděpodobnosti.

Rovnoměrné rozdělení má ve všech bodech daného intervalu konstantní hustotu pravděpodobnosti. Mimo tento daný interval je tedy hustota pravděpodobnosti nulová.

Pokud by tedy nebyly k dispozici žádné jiné poznatky o chování kalibrátoru Meatest M140, byla by snad volba rovnoměrného rozdělení oprávněná. Pokud jiné poznatky existují, je třeba je zohlednit.

Tak je to uvedeno v JCGM 100:2008 (GUM) v bodě F.2.3.3, kde se říká, že některé nejistoty jsou dány pouze jako maximální hranice, ve kterých by měly všechny hodnoty veličiny ležet. Je běžnou praxí, předpokládat, že všechny hodnoty v rámci těchto hranic jsou stejně pravděpodobné (rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti), ale takové rozdělení by nemělo být předpokládáno, pokud existuje důvod očekávat, že hodnoty v rámci mezí, ale v blízkosti hranice jsou méně pravděpodobné, než ty, které leží blíže středu.

V tomto případě je volba pravděpodobnostních rozdělení dále podrobněji řešena v kapitole 4.3 JCGM 100:2008. Řešeno je použití rovnoměrného, normálního, trojúhelníkového či lichoběžníkového rozdělení.

Jaké jsou tedy další poznatky?

#### **Moje poznatky**

Začnu tím, že moje vlastní dlouholetá zkušenost s kalibracemi kalibrátorů i multimetrů mě vede k závěru, že menší odchylky od konvenčně pravé hodnoty jsou častější než odchylky větší, ale překročení hranice mezní chyby (či přístrojové nejistoty) se občas vyskytne a v některých případech je i značné. Tento poznatek ovšem nemám zpracovaný ve formě statistického rozboru, takže je to spíše indicie a je třeba hledat další důkazy.

## Rozbor podstaty náhodného jevu

Lze se také zamyslet nad podstatou náhodného jevu, který je předmětnou nejistotou charakterizován. Již z názvu vyplývá, že jsou to vlastně v prvním přiblížení jevy dva, a to teplotní a časová nestálost. Jak vyplývá z dalšího textu ve zprávě, je nejistota vypočítávána na základě jednorocních specifikací kalibrátoru Meatest M140 a ty zohledňují i zátěžové charakteristiky a nestabilitu napájecí sítě, tedy dohromady již vcelku čtyři nezávislé jevy. Časová nestabilita, která mezi čtyřmi uvedenými jevy hraje významnou roli, je ovšem způsobena změnami součástí kalibrátoru. Budeme-li změnu každé jednotlivé součástky, která má vliv na výstupní hodnotu, považovat za náhodný jev s nějakým rozdělením pravděpodobnosti, budeme již těch náhodných jevů dle mého názoru mít dost na to, abychom se mohli dovolávat centrální limitní věty a výsledného rozdělení, které lze aproximovat normálním rozdělením. Toto už za důkaz, alespoň proto, že rovnoměrné rozdělení není to pravé, považují, ale bylo by dobré opřít se ještě o další odborné názory.

### Stanovisko NASA

Na stránkách Národního úřadu pro letectví a kosmonautiku, zkráceně NASA (anglicky National Aeronautics and Space Administration, NASA), což je jak známo americká vládní agentura zodpovědná za americký kosmický program a všeobecný výzkum v oblasti letectví, najdeme odkaz:

<http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/doctree/NHBK873919-3.pdf>

Jde o publikaci NASA HANDBOOK „Measurement Uncertainty Analysis Principles and Methods.“

Tento materiál se velmi přiklání k použití normálního rozdělení

v kapitole 2.3.2 se praví, že normální rozdělení by mělo být použito jako výchozí rozdělení v případě že nemáme informace o nevhodnosti jeho použití.

v kapitole 4.5.2 se uvádí, že výrobci obvykle neuvádějí pravděpodobnostní rozdělení specifikací. To by mohlo znamenat, že specifikace jednoduše ohraničuje rozsah hodnot. Některé přístroje ovšem mohou ze specifikací vybočovat i když ve většině případů by vybočovat neměly. V důsledku toho je převažující tendence přisoudit specifikacím normální rozdělení pravděpodobnosti.

V kapitole B12, která se věnuje použití rovnoměrného rozdělení se mimo jiné uvádí, že pro zvolení tohoto rozdělení je třeba mít 100 % jistotu nepřekročení mezí, což v řadě případů není fyzikálně obhajitelné.

**Stanovisko Servizio di Taratura in Italia - SIT (Italský kalibrační servis) <http://www.sit-italia.it/>**

V dokumentu SIT/Tec-015/07 který lze nalézt na stránkách SIT

[http://www.sit-italia.it/SIT/Documenti/Documenti\\_Tecnici/SIT\\_Tec\\_015\\_07.pdf](http://www.sit-italia.it/SIT/Documenti/Documenti_Tecnici/SIT_Tec_015_07.pdf)

nebo na stránkách italského akreditačního orgánu ACCREDIA:

[http://www.accredia.it/extsearch\\_documentazione.jsp?area=55&ID\\_LINK=962&page=3&id\\_context=2807](http://www.accredia.it/extsearch_documentazione.jsp?area=55&ID_LINK=962&page=3&id_context=2807)

se v kapitole 7.1 *L'incertezza d'uso negli strumenti multifunzione (Nejistoty u multifunkčních přístrojů)* uvádí, že zásadní význam pro stanovení nejistoty na základě specifikací může mít fakt, že výrobci neuvádějí pravděpodobnostní rozdělení ani pravděpodobnost pokrytí. Pokud nemáte jiné poznatky, je vhodné předpokládat normální rozdělení s pravděpodobností pokrytí 95 %.

### Stanovisko výrobců:

Výrobci rozdělení pravděpodobnosti přímo u specifikací neuvádějí. Snad je k tomu vede obava, že by někteří zákazníci považovali jejich přístroje za horší než konkurenční, u kterých je místo nejistoty nabízena zdánlivá jistota mezní chyby. Někdy výrobci uvádějí specifikace pro pravděpodobnost pokrytí (95%, 99 %). Nesetkal jsem se nikdy s tím, že by výrobce deklaroval, že mez přístrojové nejistoty určil ověřením shody s předem definovaným kalibračním diagramem (6.7. ČSN EN 60359) a v tomto případě se výrobcům nedivím.

V dokumentech Fluke např.

[http://support.fluke.com/find-sales/download/asset/1261947\\_6110\\_eng\\_c\\_w.pdf](http://support.fluke.com/find-sales/download/asset/1261947_6110_eng_c_w.pdf)

[http://www.mymeterstore.com/crm\\_uploads/understanding\\_and\\_comparing\\_instrument\\_specifications.pdf](http://www.mymeterstore.com/crm_uploads/understanding_and_comparing_instrument_specifications.pdf)

<http://www.newark.com/pdfs/techarticles/fluke/UnderstandingPrecisionMeasurements.pdf>

ale též ve známé publikaci Fluke

Calibration: Philosophy in Practice, Second Edition (Fluke Corporation)

lze nalézt větu:

Když se dotáhnete, budou prodejci uvádět, že jejich specifikace jsou založeny na normálním rozdělení přesnosti a mají následující hladiny spolehlivosti.

V textu

<http://assets.fluke.com/download/calibration/seminars/Slides-uncertaintypresentation-Oct2007-2.pdf>

Je uveden příklad výpočtu nejistoty, kde je specifikacím Fluke 5500 přisouzeno normální rozdělení.

Obrátil jsem se tedy na Ing. Volného z firmy Meatest s tezí, že kalibrátory Meatest a Fluke se chovají podobně a jejich specifikacím lze přisoudit normální rozdělení a on se mnou v podstatě souhlasil.

#### **Závěr:**

Nesouhlasím tedy s tezí, že pokud výrobce kalibrátoru Meatest M140 udává mezní chybu, je správné standardní nejistotu charakterizující časovou a teplotní nestálost kalibrátoru Meatest M140 automaticky předpokládat s rovnoměrným rozdělením pravděpodobnosti, protože teze je v rozporu např. s JCGM 100:2008 bod F.2.3.3. a tím pádem i s ILAC-P14:12/2010. Zdůrazňuji, za neshodný považuji automatický předpoklad, nikoliv to, že někdo přisoudí nejistotě vyplývající ze specifikací nějakého měřidla rovnoměrné rozdělení, pokud k tomu má příslušné poznatky. Použité pravděpodobnostní rozdělení by mělo odpovídat poznatkům (pokud možno kvalifikovaným), které o dané náhodné veličině máme.

Na základě výše uvedeného tvrdím, že pro standardní nejistotu charakterizující časovou a teplotní nestálost kalibrátoru Meatest M140 je vhodnější předpokládat rozdělení normální, než rozdělení rovnoměrné. Použití lichoběžníkového pravděpodobnostního rozdělení také nepovažuji za vhodné, protože sice řeší reálnou možnost překročení mezní chyby, ale nemá zdůvodnění ve fyzikálním charakteru náhodné veličiny. Použití lichoběžníkového rozdělení by bylo dosti raritní a vzhledem k tomu, že může mít různé tvary, jeho použití by asi k harmonizaci nepřispělo.

Bohužel u standardní nejistoty charakterizující časovou a teplotní nestálost určenou z mezní chyby udávané výrobcem se často automaticky předpokládá rovnoměrné rozdělení (nulová pravděpodobnost překročení mezní chyby) a nekonečné stupně volnosti (nulová nejistota určení nejistoty). V praxi jsem si ovšem potvrdil, že je to příliš optimistické, vede to k ignorování např. mezikalibračních kontrol (proč také provádět mezikalibrační kontroly, když je nulová pravděpodobnost překročení mezní chyby), vede to k neúměrnému prodlužování rekalkibračních intervalů (když je nulová pravděpodobnost překročení mezní chyby v ročním intervalu, bude asi i velmi malá pravděpodobnost překročení mezní chyby v dvouletém intervalu) a laboratoř pak může po dlouhé období provádět kalibrace nesprávně.

Pokud by někdo i po přečtení výše uvedeného měl za to, že pro standardní nejistotu charakterizující časovou a teplotní nestálost kalibrátoru Meatest M140 je lepší zvolit rovnoměrné rozdělení, musí se zamyslet nad tím, jakým koeficientem rozšířit nejistotu odhadu hodnoty výstupní veličiny U. V příkladu 3.2.3.3 by v takovém případě převážilo rovnoměrné rozdělení a v úvahu by přicházel postup dle EA 4/02 doplněk S9.11 až S9.15 a tedy rozšíření koeficientem 1,65. Je to pochopitelné. Při rozšíření 1,73 jsme na hladině pravděpodobnosti 100 % a rozšíření 2,0 nemá pro rovnoměrné rozdělení smysl. Pokud laboratoř má důvody zhoršit své CMC, měla by poznat příčinu a např. zhoršit

specifikace etalonu oproti údajům výrobce a ne špatný odhad jedné složky nejistoty léčit špatným koeficientem rozšíření.

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

Pod pojmem sjednocování postupů (harmonizace) bych si spíše představoval rozbor stávajícího stavu v ČR (zejména příloh OA a postupů), stanovení problematických oblastí, rozbor řešení v zahraničí a odborný názor řešitelů a návrhy na úpravy v ČR a stanovení minimálních požadavků, které nesmí být podkročeny. Toto řešení tohoto úkolu to moc nenaplňuje.

*Podobně tak, jak to bylo řešeno v jiných oborech měření*

Průběžná zpráva popisuje vlastně „správnou laboratorní praxi“, i když ne dost podrobně a ne pro všechny oblasti měření elektro.

*Neznám plánovací list jak aktuální (tak i z r. 2011) a plánované náklady. Ale není mně jasné, proč tento popis „laboratorní praxe“ nebyl již zpracován v tomto rozsahu v předchozím řešení.*

*Nevím, ale „aktuální“ seznam (7 str.) akreditovaných laboratoří snižuje nadčasovost tohoto dokumentu. Dle mého názoru je zbytečný.*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Ve zprávě jsou definovány činnosti, které lze akceptovat v rámci kalibračních laboratoří resp. v kalibračních metodikách (stanovení rekalibračních intervalů, manipulace s kalibrovanými přístroji a příprava před měřením, provedení funkční zkoušky, vlastní kalibrace, justování měřidla a kalibrace po justáži, vyhodnocení kalibrace, provedení validace metody, provedení mezikalibračních kontrol, provedení interních kalibrací, výpočet nejistoty měření, výpočet CMC, kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou atd.), doporučeny podmínky, které musí laboratoře splňovat (kvalifikace a oprávnění osob, požadavky na podmínky prostředí, způsob stanovení rekalibračních intervalů, způsob manipulace s kalibrovanými přístroji a příprava před měřením, způsob provedení funkční zkoušky, postup kalibrace, způsob justování měřidla a kalibrace po justáži, způsob vyhodnocení kalibrace, způsob provedení validace metody, způsob provedení mezikalibračních kontrol, způsob provedení interních kalibrací, způsob výpočtu nejistoty měření, způsob výpočtu CMC a uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci způsob kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou atd.), doporučena unifikace postupů laboratořím a odborným posuzovatelům těchto laboratoří formou vzorového kalibračního postupu a tím implicitně i přístup odborných posuzovatelů k posuzování.

Vzhledem k rozsahu úkolu se zpráva jednoznačně nemohla věnovat sjednocování konkrétních postupů, kterých je v této oblasti velké množství viz. tabulka 1 a 2. Postupy jednotlivých laboratoří jsou navíc k dispozici pouze při posuzování či prověřování a samozřejmě nemohou být zveřejňovány. Zpráva se asi na 15 stranách věnuje výpočtu CMC a uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci. Rozbor konkrétních příloh OA v době, kdy se mění řada příslušných předpisů a laboratoře přílohy OA dle těchto předpisů postupně upravují nebo budou upravovat, by mohl být i v průběhu zpracování zprávy neaktuální.

Ve zprávě 2012 je řešena oblast kalibrace elektrických veličin. Řešení úkolu v roce 2012 je pokračováním stejnojmenného úkolu „Zpracování podkladů pro průběžné sjednocování postupů akreditovaných kalibračních laboratoří v oboru elektrických veličin“ z roku 2011, se zaměřením zejména rozšíření platnosti pro vysoké frekvence, napětí od 1 kV a do 100 kV, proud od 100 A a do 5000 A, kalibrací měřících transformátorů proudu a napětí, precizování obecné části, výpočet CMC, upřesnění podkladů pro CMC a uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci v návaznosti na zavedení dokumentu ILAC - P14.



Požadavek na „precizování obecné části, výpočet CMC, upřesnění podkladů pro CMC a uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci v návaznosti na zavedení dokumentu ILAC - P14“ vznikl na základě jednání s panem doc. Horským, které se uskutečnilo na konci roku 2011.

Činnosti v daném oboru jsou definovány seznamem veličin, jejichž kalibrace provádějí akreditované kalibrační laboratoře v dané oblasti elektro v ČR (viz Tabulka č.1), seznamem přístrojů či zařízení, jejichž kalibrace provádějí akreditované kalibrační laboratoře v dané oblasti elektro v ČR (viz Tabulka č.2) a seznamem akreditovaných laboratoří v dané oblasti elektro v ČR (viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Seznam akreditovaných laboratoří sice snižuje nadčasovost (podobně jako SUMARIZACE PŘÍSLUŠNÉ NORMATIVNĚ-TECHNICKÉ DOKUMENTACE (NÁRODNÍ I MEZINÁRODNÍ), ale při jeho vynechání by nebylo plněno zadání.

Osobně mám za to, že zpráva přispěje k sjednocování postupů akreditovaných kalibračních laboratoří v oboru elektrických veličin. V jaké míře, to záleží samozřejmě též na laboratořích a na posuzovatelích.

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

*„Je však nutno upřesnit (a vlastně v celém textu opravit) „opakované odečty“ ve vztahu k nejistotě stanovované způsobem A. Ta se stanovuje z opakovaných měření(!), ne z odečtů. Nikoho nenapadne, že by v případě posuvky při měření vzal kostku 10 mm, jedenkrát sevřel čelisti a udělal 10 odečtů. Bohužel i příklady v EA 4/02 jsou, že se provede při jednom nastavení pouze více odečtů. Např. do termostatu se umístí etalonový a kalibrovaný teploměr a po ustálení provede několik odečtů. Ty technicky nemají žádnou souvislost s nejistotou stanovovanou způsobem A, ale slouží k minimalizování vlivu kolísání teploty termostatu a minimalizování vlivu rozdílných časových konstant. (tedy v oboru teplot se běžně nestanovuje nejistota způsobem A, ale nahrazuje se složkou v nejistotách B)*

*V oboru el. vel. musí dojít mezi jednotlivými odečty k přenastavení a vrácení se na měřenou úroveň. (týká se celého textu)“*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Vyhodnocení nejistoty způsobem A (nejistota typu A) je dle závazného dokumentu JCGM 100:2008 bod 2.3.2. metoda hodnocení nejistoty série pozorování pomocí statistické analýzy. Postup pro stanovení nejistoty typu A lze použít za podmínky (nutné ale nikoliv postačující), že bylo za stejných podmínek provedeno několik nezávislých pozorování vstupních veličin. Postup pro stanovení nejistoty typu A lze použít nezávisle na tom, zda mezi pozorováními (odečty) dojde či nedojde k opakovanému nastavení vstupní veličiny. Moje zkušenost v oblasti elektrických veličin je spíše taková, že se hodnota nastaví, nechá ustálit a pak se provede potřebný počet odečtů. Takto pracují většinou i originální automatizované procedury výrobců. Ustálení např. u kalibrace 8,5 místního multimetru na rozsahu 1000 V, či při kalibraci vysokých odporů je v řádu desítek minut a pokud bychom prováděli mnohokrát opakované najetí, trvala by kalibrace velmi dlouho a byla by velmi drahá. Netvrdím, že v široké oblasti elektrických veličin není kalibrace, ve které by nebylo vhodné uplatnit opětovné nastavování, ale striktní požadavek Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS: „V oboru el. vel. musí dojít mezi jednotlivými odečty k přenastavení a vrácení se na měřenou úroveň. (týká se celého textu)“, považuji za neakceptovatelný.

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

*„V seznamu kalibrovaných měřidel jsou elektrické části pH metrů a konduktometrů. Je to vlastně historický přežitek, který se jinde ve světě nevyskytuje. Všichni výrobci a chemici doporučují kalibrace pomocí referenčních kapalin. Technicky, při současné technické úrovni A/D převodníků, kontrola linearity vzhledem k dovořeným chybám měřidel je vlastně zbytečná – je to papír pro papír.*

Mělo by se to z předmětů akreditace zrušit, je to národní specifikum.“.

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Kalibrace elektrické části pH metrů a konduktometrů je v podstatě obdobná úloha jako kalibrace voltmetru. Já kalibraci voltmetru a tudíž ani kalibraci elektrické části pH metrů a konduktometrů za zbytečnou nepovažuji. Je to samozřejmě pouze částečná kalibrace obdobně jako simulace termočládku.

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

*„Ve zprávě se projevily plně problémy s definicí CMC (vlastně s přechodem BMC – CMC). CMC musí být běžně dostupná, tedy se musí jednat o běžnou (rutinní) kalibraci komerčně dostupnou zákazníkovi.*

*Dle P14 „Při vyjádření CMC musí laboratoře vzít v úvahu vlastnosti „nejlepšího existujícího zařízení“, které je pro danou kategorii kalibrací k dispozici“*

*Problém je s tím, co je to „nejlepší existující zařízení“? Je nutno vyjít z druhé části věty - „pro danou kategorii kalibrací“. Tedy pokud se laboratoř zavazuje k TUR 4:1 (3:1, 2:1), tak vzhledem ke svým etalonům přímo definuje parametry nejlepšího existujícího zařízení pro dané kategorie kalibrací.*

*Je to na širší diskuzi na i mezinárodním fóru, ale myslím, že výše uvedené je základ, proti kterému nelze mít námitky.*

*Jinak jako nejlepší dostupné bych také mohl brát hodnoty BIPM.“*

*„S příklady stanovení CMC nelze souhlasit, neboť popisují stav, kdy 6 místným kalibrátorem budeme kalibrovat 8 místný multimetr!! To vlastně je v rozporu s tím, že by se mělo jednat o „nejlepší existující zařízení pro danou kategorii kalibrací“.*

*V případě kalibrovaného měřidla se musí uvažovat opakovatelnost (případně reprodukovatelnost ...) viz. P14 odst. 5.4. Jedná se kvalifikovaný odhad vycházející např. z dovolených chyb měřidel, které mohou daným kalibrátorem měřit (tak např. 1/3 až 1/10 dovolených chyb 6 místného multimetru).*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Pokud vím, laboratoře se k TUR 4:1 (3:1, 2:1) nezavazují a ani by to nebylo možné např. u multimetru s nízkým rozlišením v případě, že v daném bodě specifikaci i zdroji nejistoty dominuje rozlišovací schopnost či nejistota typu A. Kalibrace, kdy 6,5 místným kalibrátorem budeme kalibrovat 8,5 místný multimetr je sice méně obvyklá, ale může jít např. o případ, kdy zákazníkovi stačí pro provádění měření podstatně horší specifikace (tyto specifikace ale nutně nemusí zákazník kalibrační laboratoři před kalibrací sdělit) a nechce investovat peníze do dražší kalibrace. Kalibrační laboratoř nemusí po přezkoumání a projednání se zákazníkem takovou kalibraci odmítnout. Laboratoř může provést kalibraci bez vyhodnocení a v KL uvést pouze naměřené hodnoty s nejistotami. Mám za to, že v ILAC-P14:12/2010 uvedená „POZNÁMKA: 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“ hovoří jasně. Multimetr Fluke 8508 je komerčně dostupný. Hodnoty BIPM ovšem samozřejmě nejsou nejlepší existující zařízení.

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

*„Obecně ke zdrojům nejistot – týká se všech příkladů.*

*U zdrojů nejistot, které jsou stanoveny odhadem a nebo z dovolených chyb, se uvažuje vždy rovnoměrné rozdělení – ne normální jak je uváděno v příkladech – HRUBÁ CHYBA.“*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Výše uvedené tvrzení je nepřipustným zjednodušením. Je v rozporu např. s JCGM 100:2008 bod F.2.3.3. a tím pádem i s ILAC-P14:12/2010. Použité pravděpodobnostní rozdělení by mělo odpovídat poznatkům (pokud možno kvalifikovaným), které o dané náhodné veličině máme. Složku nejistoty vyplývající ze specifikací jsem již rozebíral výše.

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

*Odečitelnost – měla by se uvažovat vždy (pro etalon bude obvykle pak zanedbatelná). V případě seřizování nuly se pro jednotlivé měřené úrovně musí uvažovat 2x (nebo jednou a s trojúhelníkovým rozdělením – je to ekvivalentní) a s rovnoměrným rozdělením. Často je pro kalibrace nutno uvažovat podle přeblikávání posledního digitu hodnotu  $\pm 1$  nebo i  $\pm 2$  digity. Ne paušálně  $\pm 1/2$  digitu. Často větší přeblikávání může kromě nestability signálu indikovat přítomnost vf rušení. Stanovená hodnota může např. vycházet z toho jak se přístroj chová při nule (zkrat). Také jsem se setkal i s přístrojem, který měl nejmenší krok 3 digity a tedy se při změnách zobrazovala všechna čísla..*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Pokud přístroj zobrazuje po jednom digitu, vypočteme standardní nejistotu danou rozlišovací schopností (citlivostí) přístroje vydělením poloviny hodnoty posledního digitu odmocninou ze tří (jde o rovnoměrné rozdělení). Kolísání o více digitů se projeví v nejistotě A. Pokud by přístroj zobrazoval po více digitech (vyskytuje se podstatně méně často), vypočteme standardní nejistotu danou rozlišovací schopností (citlivostí) přístroje vydělením poloviny hodnoty nejmenšího kroku (např. 3 digity) odmocninou ze tří (jde o rovnoměrné rozdělení). Kolísání o více kroků se projeví v nejistotě A.

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

*Parazitní termoelektrické napětí – nevím z čeho se nějak vžila hodnota  $1 \mu\text{V}$ . Pro srovnání - výrobci vysoce kvalitních jazýčkových relé (vakuované, zlacené, používá např. Meatest) garantují hodnotu  $\leq 1 \mu\text{V}$ . A zde je pro běžné udržované kontakty na vzduchu tatáž hodnota a to současně pro 4 svorky? Tedy odhadovaná hodnota by měla být od  $1 \mu\text{V}$  (?) do  $20 \mu\text{V}$  při starších kontaktech. Rozdělení rovnoměrné.*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Mám zkušenost, že velmi záleží na použitých vodičích. Velmi dobré zkušenosti mám s vodiči Fluke 8508A-LEAD Comprehensive Measurement Lead Kit.

<http://eu.flukecal.com/products/accessories/test-leads-probes-and-clips/8508a-lead>

Pokud jsem multimetr Fluke 8508 vynuloval na rozsahu  $100 \text{ mV}$  v  $7,5$  místném se zapnutým filtrem pomocí zkratovací destičky z tohoto příslušenství 8508A-LEAD a následně připojil vodiče 8508A-LEAD, které jsem na druhém konci zkratoval, zaznamenal jsem kolísání údaje multimetru rozmezí jedné hodiny v řádu  $10 \text{ nV}$  (deseti nikoliv desítek). Samozřejmě pokud použijete levné

pochromované vodiče, lze zaznamenat kolísání v řádu 10  $\mu\text{V}$ . Vše platí pro klimatizovanou laboratoř (23,0 +/- 1,2)  $^{\circ}\text{C}$ . Jinak lze najít údaje o kontaktních termoelektrických napětích např. měď - zlato 0,3  $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ , měď - nikl 10  $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ . Rozdělení spíše normální než rovnoměrné, protože výsledné termoelektrické napětí závisí na kolísání teploty v čtyřech bodech.

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

#### Přechodové odpory

*Pro revizní techniky je hodnota 0,1  $\Omega$  vodivý spoj. Žádný výrobce relé pro klasické relé se zlacenými kontakty (nebo zlato-paladium) negarantuje v technických podmínkách hodnotu menší než 50 m $\Omega$  (výjimečně 30 m $\Omega$ ) a pro jazýčková relé hodnotu 150 m $\Omega$ . Tedy o „vžitě“ hodnotě 1 m $\Omega$  je možno úspěšně pochybovat, zvláště když je vztahovaná nanejmeně na 4 svorky (kontakty) a to ještě musíme uvažovat starší a povrchově oxidované kontakty – i když na první pohled čisté*

*(Murphyho zákony – důležitý zdroj nejistot bývá obvykle nepoznán)*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Přechodové odpory si ovšem může laboratoř snadno změřit. U banánkového přechodu jsem změřil 0,6 m $\Omega$  u vodičů Fluke 8508A-LEAD Comprehensive Measurement Lead Kit 0,05 m $\Omega$  (vidlice pod šroubovací svorku pozlacená).

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

#### Nejistota z návaznosti etalonu

*Je to v pořádku pro etalonáž na nejvyšším stupni etalonáže, ale na střední a nižší úrovni kalibrace, které se týkají téměř všech AKL, to nemá význam.*

*Pro etalony určené pro nejvyšší stupeň etalonáže není v dovozených chybách uvažována nejistota kalibrace, ale to je zdůrazněno i technické dokumentaci. Na střední a nižší úrovni etalonáže to už je něco jiného. Pro dané měřidlo je vydáno prohlášení o shodě, při kterém se dovozená chyba zmenšuje o nejistotu kalibrace. Také je při tom obvyklé, že stanovené chyby se udržují do cca 70 % dovozených chyb, jinak se provádí justáž.*

*V jiných oborech měření se to nevyskytuje, aby k dovozené chybě specifikované výrobcem pro daný časový interval a podmínky měření se vlastně připočítávala nejistota kalibrace.*

*Ono oproti jiným veličinám to běžným pohledem k tomu svádí, zvláště v nejběžnějších oblastech ss/st U/I- R. Mám kalibrátor, dva dráty a kalibrovaný přístroj. Vizually tam moc není, jak navýšit nejistotu.*

*Jó kde jsou ty dnové, kdy se o nejistotách nehovořilo a při tom v oboru měření teplot se s nejistotami pracuje již nanejmeně od 50-tých let. Při tom se běžně stanovovala tak (a je to popsáno ve starých normách), že pro snímače teploty (odporové a termoelektrické) se nejistota měření udávala jako 2,5 násobek nejistoty etalonu) a byla to dlouhodobě odzkoušená, kvalifikovaně odhadnutá hodnota při používání tehdejšího technického vybavení (kompenzátory).*

*V jiných oblastech (např. vf) nebo jiných oborech měření (teplota, průtok..) těch zdrojů nejistot je daleko více a mnohé jsou odhadované a není problém s kvalifikovaným navýšením nejistot na „rozumnou, praktickou, bezpečnou“ hodnotu (těžko hledám ten nejlepší výraz).*

*Je pravda, že často se nevystačí s minimálním navýšením 1,15 dovozené chyby (dovolená chyba s rovnoměrným rozdělením převedená na rozšířenou nejistotu)*

*Ale nevidím důvod, proč by běžná AKL měla tento zdroj uvažovat. Pokud potřebuje zvýšit hodnoty nejistot a CMC, měla by se spíše zaměřit na základní parametry kalibrovaného zařízení („nejlepšího*

dostupného pro dané typy kalibrací“), parazitní termoelektrické napětí, přechodové odpory, vf rušení, odčitelnost atd. Co tak například dále uvažovat hodnotu vf. rušení, které je dnes skoro všude (kromě stíněných laboratoří) a na kontaktech díky oxidům může docházet u usměrnění?. Také pro současně všude se vyskytující rušivé signály mobilů a FM radia (MHz, GHz) je rezonanční obvod vytvořen jen jiným položením drátů. Co tak uvažovat, že dekáda s vinutými odpory je vlastně velká cívka – anténa (i když má bifilární vinutí a většina rušení by se odstranila) a při tom ty běžné nejsou stíněné? My jsme dekádu XLLS vylepovali alobalem a to ještě nebylo FM a mobily. Odstraní interní komutace multimetru při měření odporů všechny parazitní složky?

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Ani běžná kalibrační laboratoř samozřejmě nemůže automaticky vypustit nejistotu návaznosti. U multifunkčních etalonů může být TUR pro jednotlivé kalibrační body velmi různé a je třeba to přezkoumat. Navyšování 1,15 dovolené chyby (dovolená chyba s rovnoměrným rozdělením převedená na rozšířenou nejistotu) naopak nemá žádnou oporu v EA 4/02, GUM atd. Pokud laboratoř má důvody zhoršit své CMC, měla by poznat příčinu a např. zhoršit specifikace etalonu oproti údajům výrobce a ne špatný odhad jedné složky nejistoty léčit špatným koeficientem rozšíření.

Nejistotu způsobenou při kalibraci dekády vf rušením nepovažuji ve většině případů za významnou, telefonovat v laboratoři z mobilu při citlivých měřeních ovšem není dobrý nápad.

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

#### **K 4.2.2.3**

*Příklad je volen nešťastně. Která laboratoř by uvedla jednosložkové vyjádření, když etalon má vyjádření dovolených chyb rovnicí (dvousložkově) a tým pro spodní část rozsahu si CMC vlastně cca 8x zhoršila? Jednosložkové vyjádření lze požadovat u laboratoře, které má etalony s jednosložkovým vyjádřením dovolených chyb.*

### **Připomínka Ing. Miroslava Netopila z AKL Č. 2222, člena výboru ČKS**

*Výhody jednosložkového vyjádření:*

- *pro zákazníka snazší orientace v hodnotách CMC různých laboratoří*
- *pro laboratoř jednodušší výpočet a menší riziko chyb (u dvousložkového je nutno propočítávat nadvakrát a dávat dobrý pozor na správné rozčlenění obou složek, je i větší riziko na některou dílčí nejistotu zapomnět, nebo naopak některou započítat do složky z MH i do složky pozadí)*
- *pro akreditační orgán snazší kontrola případného podkročení CMC nejistotou v KL*

*Nevýhoda:*

- *případné zhoršení CMC na začátku rozsahu etalonu, nebo nutnost rozčlenit rozsah na dílčí podrozsahy*

*Závěr: Výhody jednosložkového vyjádření převažují.*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Jednosložkové i dvousložkové CMC jsou realitou. Je třeba je řešit a považoval jsem za vhodné vypracovat příklad výpočtu pro obě varianty. U dvousložkového je třeba zkoumat nejistotu návaznosti pro obě složky, protože obě mohou být podstatné. Vnímání výhod je částečně subjektivní a já to vidím tak, jak je uvedeno v bodě 3.2.3.1.

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

*Ve většině oborů v přílohách osvědčení (a to nejméně v celé EA) je CMC (přejmenované BMC) stanoveno jako ta lepší hodnota pro daný rozsah a ne jako ta horší. To bylo v souladu s definicí BMC.*

VLASTNĚ TO ZNAMENÁ PŘEPRACOVAT VĚTŠINU PŘÍLOH AKREDITACE VE VĚTŠINĚ OBORŮ MĚŘENÍ – poznámka pro ČIA

*Tabulka 9 je toho také vzorovým příkladem*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Pokud byla BMC „stanovena jako ta lepší hodnota pro daný rozsah a ne jako ta horší“ nebylo to nikdy v souladu s definicí BMC. Dle EA 4/02 laboratoř musela být schopna dosahovat deklarované BMC při normální činnosti v rámci její akreditace, čili v celém rozsahu hodnot. Laboratoře musely BMC vždy prokazovat v mezilaboratorních porovnáních a udaná nejistota musela být v přiměřené relaci k BMC. Tabulka 9 vychází ze specifikací kalibrátoru Fluke 5500 a pokrývá celý rozsah.

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

*Jen tak témata k diskusi:*

*Co se staršími indikátory teploty, kde je předepsán odpor připojovacího vedení?*

*Jak stanovit simulované hodnoty termoelektrického napětí, když je používán u starších sestav termostat srovnávacích konců např. 50 °C?*

*Co s odporovými snímači niklovými, podle jakých předpisů se stanoví hodnoty?*

*Co s platinovými odporovými snímači s R100/R0=1,3910 a 1,3925? Podle jakých předpisů se stanoví hodnoty?*

*Pokud tyto předpisy nejsou uvedeny v související dokumentaci a laboratoř je nemá, nemůže provádět akreditovaně tyto kalibrace.*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Tato témata bohužel směřují do oblasti, v níž probíhala diskuse v minulém roce, ale pokusím se odpovědět.

Pokud se týká prvních dvou témat, v poslední době jsem se již s takovými přístroji nesetkal. Ze svého působení metrologa v Elektrotechnickém zkušebním ústavu (87-97) si již dosti matně vzpomínám na milivoltmetry Metra s magnetoelektrickým ústrojím, které byly cejchovány ve °C tak, že 0 mV odpovídala značka např. 20 °C a konci rozsahu byla značka např. 600 °C (přesné hodnoty si pochopitelně nepamatuji). Na přístroji byl uveden termočlánek, pro který má být přístroj používán. Milivoltmetry měly předepsán odpor připojovacího vedení a tento bylo nutno vzhledem k malému vstupnímu odporu dodržet, protože jinak by milivoltmetr vykázal větší výchylku.

Při kalibraci např. 600 °C bylo nutno přiložit napětí odpovídající tabulkové hodnotě příslušného termočlánku pro 600 °C zmenšené o napětí odpovídající tabulkové hodnotě pro 20 °C.

Pokud se týká podkladů pro vyhodnocení méně častých odporových snímačů W100 = 1,3910 resp. W100 = 1,3926, lze na internetu najít odkazy na U. S. Industrial Standard resp. standard ITS 90 u snímačů Ni pak normu DIN 43760. Osobně však tyto předpisy neznám a nevím nakolik jsou na internetu uvedené informace relevantní. Samozřejmě platí, že pokud laboratoř nemá dostatečné podklady, nemůže kalibraci s vyhodnocením oproti neexistujícímu podkladu provést. Např. u odporových simulátorů by v tomto případě, po dohodě se zákazníkem, bylo možno kalibraci

provést tak, že by při nastavené hodnotě na simulátoru ve °C bylo provedeno změření odporu bez převodu na °C. Tíha vyhodnocení by potom zůstala na zákazníkovi.

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

*Praktická poznámka na konec -*

*vlastně je zbytečné uvažovat CMC v případě simulací TC na setiny, protože se vždy nějak stanovuje (měří) teplota; její stanovení je vždy vázáno v něčem na technické údaje a v něčem na kvalifikovaný odhad řádově (0,10 až 0,50 ) °C a pak setiny jsou..... Jako praktik, když vidím takovou přílohu, je mně jasné, že laboratoř o tom prakticky moc neví. Má to podrobně teoreticky zpracované, ale když se zeptáme, jak zohlednili dovolenou chybu 1 °C kompenzačního (prodlužovacího) vedení tak .....*

*Pouze v případě nepoužití kompenzace (vypnutí) a propojení s kalibrátorem měděnými vodiči se tato teplota neuvažuje, ale je to pro zákazníka kalibrace jen pro papír.*

*Také v případě příloh uvedených v odkazech mají téměř všechny uvedeny nejistoty na desetiny (v setinném vyjádření) - 0,20 °C; 0,30 °C;...*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Tato témata bohužel směřují do oblasti, v níž probíhala diskuse v minulém roce, ale pokusím se odpovědět.

Zde nesouhlasím s tím, že bychom u kalibrací simulátorů a měřidel termoelektrických snímačů teploty prováděných v klimatizované laboratoři pomocí napětí s interní kompenzací studeného konce u etalonu i kalibrovaného měřidla a s propojovacím vedením z příslušného termočlátku a s příslušnými konektory měli počítat s dovolenou chybou prodlužovacího vedení 1°C. Interní kompenzace studeného konce zajišťuje, že teplota na svorkách je měřena interním čidlem a kompenzace studeného konce je napěťově prováděna přímo simulátorem či měřidlem tak, aby výsledné napětí odpovídalo napětí generovanému termočlátkem pro teplotní rozdíl 0°C – nastavená (naměřená) teplota. Termočlátkové propojovací vedení zde slouží ke generování napětí odpovídajícího různé teplotě kompenzovaných konektorů u etalonu a kalibrovaného měřidla a tento rozdíl v klimatizované laboratoři nečiní obvykle více než 2°C. Přisoudit teplotnímu rozdílu do 2°C na prodlužovacím vedení rozšířenou nejistotu 1°C je příliš pesimistické a popřelo by to CMC nejen českých ale i zahraničních AKL. Naše praktické zkušenosti nás vedou k odhadu rozšířené nejistoty, spojené s prodlužovacím vedením z příslušného termočlátku minimálně o řád menšímu, tedy méně než 0,1°C.

Dále uvádím komentář k tvrzení: „*Pouze v případě nepoužití kompenzace (vypnutí) a propojení s kalibrátorem měděnými vodiči se tato teplota neuvažuje, ale je to pro zákazníka kalibrace jen pro papír*“. Pokud je kalibrace provedena s vypnutou kompenzací, tedy čistě elektricky, může si zákazník samozřejmě zajistit kalibraci teplotní kompenzace jiným způsobem např. v jiné laboratoři. Oddělenou kalibraci čistě elektrickou a čistě teplotní předepisuje např. Fluke u kalibrátoru 5500 A.

### **Připomínka Ing. Jiřího Kazdy, předsedy ČKS:**

*Jako hlavní nedostatek v přílohách OA v ČR je uvádění v tabulce pod názvem "měřená veličina a rozsah měření"*

*termočlánek (jednak je to nesprávný název a za druhé termoelektrický článek je měřidlo a ne "měřená veličina)*

*odporový teploměr (je měřidlo a ne "měřená veličina")*

*Ve smyslu zavedených pravidel v el. veličinách by spíše mělo být v přílohách OA uváděno*

*měřená veličina*  
*identifikace metody*  
*termoelektrické napětí - simulace/měření*  
*termoel. snímače z obecných kovů*  
*xxx (Euramet cg11, EN 60584-1)*  
*termoel. snímače z drahých kovů*  
*odpor odporových snímačů teploty - simulace/měření*  
*snímače Pt100*  
*xxx (Euramet cg11, EN 60751)*

*A jednotlivé typy přístrojů přesnit v tabulce měřených přístrojů*

*Z uvedeného vyplývá, že většina příloh OA je na postupné předělání.*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Tato témata bohužel směřují do oblasti, v níž probíhala diskuse v minulém roce, ale pokusím se odpovědět.

Pojem termočlánek, který je v podstatě zkráceným výrazem pro termoelektrický článek, nepovažuji za nesprávný protože mu, dle mého názoru, laboratoře, posuzovatelé i zákazníci rozumí.

Pravdou je že např. ČSN EN 60584-1 (258331) Termoelektrické články - Část 1: Referenční tabulky má v názvu termoelektrický článek avšak anglický originál EN 60584-1:1995 Thermocouples - Part 1: Reference tables pracuje s pojmem thermocouple. Thermocouple je v českém překladu VIM dostupným na stránkách <http://www.unmz.cz/urad/terminologie-v-metrologii> v bodě 3.7 (4.3) přeložen jako termočlánek.

Pojem termočlánek má v názvu např. ČSN EN 4049-001 (311839): Letectví a kosmonautika – Prodlužovací vedení pro termočlánek - Pracovní teplota mezi -65 °C a 260 °C - Část 001: Technická specifikace. Pojem termočlánek mají v názvu i další normy řady 4049 a 3155.

S pojmem termočlánek pracuje i wikipedia.

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Termo%C4%8Dl%C3%A1nek>

Pravdou je, že termočlánek není měřenou veličinou, ale měřenou veličinou není ani *identifikace metody termoelektrické napětí - simulace/měření*. Ve vzoru tabulky pro CMC je identifikaci metody vyhrazen jiný sloupec než pro měřenou veličinu. Tam ale patří jasně identifikovaná metodika kterou laboratoř používá a laboratoře nemívají zvláštní metodiky pro jednotlivé termočlánky (bylo by to nepraktické). Navíc kdyby nebyla ve sloupci „Měřená veličina a rozsah měření“ uvedena měřená veličina ani měřidlo ale pouze rozsah měření bylo by to dle mého názoru méně přehledné.

V laboratořích akreditovaných UKAS, a2la (viz níže uvedené odkazy) to řeší tak, že je v nadpisu tabulky u měřené veličiny uvedeno i měřidlo, a takto by to dle mého názoru měla vyřešit i ČIA.

<http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0749Calibration%20Single.pdf>

<http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0080Calibration%20Single.pdf>

<http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0566Calibration%20Multiple.pdf>

<http://www.ukas.org/calibration/schedules/actual/0324Calibration%20Single.pdf>

<http://www.a2la.org/scopepdf/1746-01.pdf?CFID=1435467&CFTOKEN=c07888f61a69bbf1-14FC130D-1851-9E57-4766FFD2E5DD5943&jsessionid=8430d9d9dc642e31aa106c47e646215a1957>



Pokud laboratoř uvede v identifikaci metody normu či jiný normativní dokument znamená to, že kalibrace provádí přesně dle uvedené normy či normativního dokumentu, což bych zvažoval velmi opatrně. Normy ČSN EN 60584-1 - Termoelektrické články - Část 1: Referenční tabulky a ČSN EN 60751 (258340) Průmyslové platinové odporové teploměry a platinové snímače teploty dle mého názoru do identifikace metody nepatří, protože nejsou kalibračními metodikami.

### **Připomínka Ing. Romana Honiga, místopředsedy ČKS**

*Možná by bylo na čase se vrátit k praxi, kdy laboratoř měla zpracovanou obecnou analýzu nejistot a k ní uvedený příklad výpočtu, a ne jen příklad bez detailní analýzy.*

### **Připomínka Ing. Miroslava Netopila z AKL Č. 2222, člena výboru ČKS**

*Jednoznačně souhlasím: ne možná, ale určitě. V laboratořích, často obecná analýza vůbec není. Příklad nejistot jakž takž podchycuje hlavní složky (pro ten daný případ). Ale je nutná obecná analýza, přehled všech možných složek, uvedení se odkud hodnoty dílčích nejistot nebo mezních chyb vzaly, zhodnocení, které složky lze případně zanedbat a proč atd. ČIA se spokojí s povinným příkladem výpočtu, ten lze ale odbýt jen naprosto formálně.*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Kalibrační laboratoř musí mít a používat pro všechny kalibrace a typy kalibračních postupů pro odhad nejistoty měření. Při odhadování nejistoty měření musí být za použití vhodných metod analýzy vzaty v úvahu všechny složky nejistoty, které jsou v dané situaci důležité.

Pokud má laboratoř zpracovaný v dostatečném rozsahu příklad výpočtu nejistot, postupuje podle něj a navíc má k dispozici EA 4/02 v českém jazyce, může to být dle mého názoru dostatečné. Na druhou stranu, pokud má laboratoř zpracován obecný materiál o zdrojích nejistot a nejistotách, které tyto zdroje charakterizují a na obecný materiál navazují příklady výpočtu nejistot, může to být prospěšné. Termín analýza nejistot bych osobně nahradil termínem analýza zdrojů nejistot. Během svého posuzování jsem se setkal s laboratořemi, které neměly v příkladu výpočtu uvedený vztah mezi veličinami (model měření), zabývaly se pouze nejistotami a měly špatně stanovené citlivostní koeficienty. Při posuzování je pro mě rozhodující, aby pracovníci dle své dokumentace uměli kalibraci předvést a spočítat nejistoty. Lepší zkušenost s praktickým předvedením mám s laboratořemi, které si dokumentaci k výpočtu nejistot zpracovávaly samy.

### **Připomínka Ing. Romana Honiga, místopředsedy ČKS**

*Metoda vs. metodika vs. pracovní/kalibrační postup!*

*Metoda je například substituční, přímé měření, poměrové měření.*

*Metodika a pracovní/kalibrační postup jsou podle mého téměř synonyma, popisující konkrétní podmínky měření nebo kalibrace a předpokládající použití určité metody. Mohu mít zpracovanou metodiku kalibrace téhož odporového etalonu různými metodami - přímým měřením, substituční metodou, poměrovým měřením, ... Bylo by dobré toto v celém textu ujednotit a používat opatrně. Nových metod k validaci moc nebude...*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Připomínka Ing. Romana Honiga asi vychází z JCGM 200:2012 (VIM 3), kde je obdobně definována měřicí metoda a měřicí postup. ČSN EN ISO/IEC 17025, která je v procesu akreditace závazná, ovšem pojmu metoda používá v kapitole 5.4 „Zkušební a kalibrační metody a validace metod“ i ve smyslu metodiky resp. kalibračního postupu. Pokud text zprávy vycházel z textu ČSN EN ISO/IEC 17025, je ve zprávě použito termínu metoda.

### **Připomínka Ing. Miroslava Netopila z AKL Č. 2222, člena výboru ČKS**

*Laboratoř musí monitorovat a zaznamenávat teplotu a vlhkost. Musí zaznamenávat skutečně i vlhkost? v průběhu ročních období se vlhkost pohybuje od cca 15 do 85% Kromě výše uvedených případů se vliv takovéto vlhkosti na měření neprojevuje*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Vliv vlhkosti nelze podceňovat pro případy velmi nízké hodnoty vlhkosti, kdy roste nebezpečí elektrostatického rušení (především při měření vysokých odporů a velmi malých proudů) nebo dokonce elektrostatického výboje. Vliv vlhkosti též nelze podceňovat ani pro velmi vysoké hodnoty vlhkosti, kdy roste nebezpečí svodů (především při měření vysokých odporů a velmi malých proudů) a též napětěového průrazu (především při podkročení rosného bodu a následné kondenzaci vzdušné vlhkosti). Dle 5.3.2 ČSN EN ISO/IEC 17025 Laboratoř musí monitorovat, řídit a zaznamenávat podmínky prostředí v souladu s požadavky příslušných specifikací, metod a postupů nebo v případě, že ovlivňují kvalitu výsledků. Při kalibracích některých měřidel (např. měřicí transformátory) existují i normativní požadavky na trvalé monitorování vlhkosti. U většiny dalších výrobce rozmezí vlhkosti specifikuje. Varianta, že bychom vlhkost měřili průběžně, ale nezaznamenávali ji a případně ji začali zaznamenávat až po překročení stanovených mezí, je dle mého názoru v rozporu s 4.13.2 a 5.3.2 ČSN EN ISO/IEC 17025. Nezaznamenané měření v rámci akreditace v podstatě neexistuje, a pokud jsme měření neprovedli, nemůžeme tvrdit, že vlhkost byla v přijatelných mezích. Abychom mohli říci, že se při kalibraci vlhkost pohybovala v přijatelném rozmezí, nezbyvá v akreditované laboratoři jiná možnost, než vlhkost změřit a zaznamenat.

### **Připomínka Ing. Romana Honiga, místopředsedy ČKS**

*Je nějak ošetřeno zohlednění pouze 6 hodnot pro výpočet nejistoty typu A? Bývalo zvykem, že minimální počet opravňující užití  $k=2$  byl 10 odečtů...*

### **Vyjádření konzultanta Ing. Jiřího Zikána z ČMI:**

Spolehlivost standardní nejistoty přiřazené k odhadu hodnoty výstupní veličiny je určena jejími efektivními stupni volnosti (viz příloha E EA 4/02). Nicméně, kritérium spolehlivosti je dle EA 4/02 vždy splněno tehdy, když žádný z příspěvků nejistoty, určený dle postupu pro nejistotu typu A, není stanoven z méně než deseti opakovaných pozorování.

Pokud tedy bylo provedeno 6 odečtů a je splněna normalita standardní nejistoty  $u(y)$  vztahující se k odhadu  $y$  hodnoty výstupní veličiny, je třeba spočítat počet efektivních stupňů volnosti standardní nejistoty  $u(y)$  pomocí Welch-Satterthwaitova vztahu (viz příloha E EA 4/02) a v souladu s výsledkem provést rozšíření.

Jak vyplývá z Welch-Satterthwaitova vztahu vliv spolehlivosti určení nejistoty typu A je významný především v případech, kdy nejistota typu A významně přispívá k nejistotě  $u(y)$  vztahující se k odhadu  $y$  hodnoty výstupní veličiny. S dominancí nejistoty typu A se můžeme setkat například při kalibraci multimetru s nízkým rozlišením v případě, že údaj tohoto multimetru kolísá o několik digitů.

Bohužel méně se řeší spolehlivost nejistoty typu B, např. u standardní nejistoty charakterizující časovou a teplotní nestálost určenou z mezní chyby udávané výrobcem se často automaticky předpokládá rovnoměrné rozdělení (nulová pravděpodobnost překročení mezní chyby) a nekonečné stupně volnosti (nulová nejistota určení nejistoty). V praxi jsem si ovšem potvrdil, že je to příliš optimistické, vede to k ignorování např. mezikalibračních kontrol (proč také provádět mezikalibrační kontroly, když je nulová pravděpodobnost překročení mezní chyby), vede to k neúměrnému prodlužování rekalkibračních intervalů (když je nulová pravděpodobnost překročení mezní chyby v ročním intervalu bude asi i velmi malá pravděpodobnost překročení mezní chyby v dvouletém intervalu) a laboratoř pak může po dlouhé období provádět kalibrace nesprávně.

#### **4. ZÁVĚR**

Řešení úkolu splnilo zadání dle plánovacího listu a vytvořilo technické podklady pro harmonizaci, které následně laboratoře a odborní posuzovatelé těchto laboratoří budou aplikovat.

## 5. PŘÍLOHY

### 5.1. PŘÍLOHA - SEZNAM AKREDITOVANÝCH LABORATOŘÍ V DANÉ OBLASTI ELEKTRO V ČR

Seznam byl aktualizován k 12.6.2012. Seznam sloužil pro definování činnosti v daném oboru a k rozesílání zprávy k připomínkám. Na stránkách ČIA <http://www.cai.cz/default.aspx?id=18&scopeId=8> jsou uvedeny akreditované kalibrační laboratoře ve všech veličinách. Aktuální seznam v oblasti elektro je možno získat pomocí textového vyhledávání na těchto stránkách. Seznam je ve zprávě ponechán, protože v této formě na stránkách ČIA není a i když nebude zcela aktuální, jako určité vodítko a pro představu může posloužit i v budoucnosti.

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | <b>2202 - Český metrologický institut</b><br>IČO: 00177016<br>Český metrologický institut<br>Telefon: 545 222 727<br>Fax: 545 222 183<br>Email: info@cmi.cz<br>Web: www.cmi.cz                                                                                                                   |
| 2. | <b>2222 - Institut pro testování a certifikaci, a.s.</b><br>IČO: 47910381<br>Kalibrační laboratoř<br>Adresa: Sokolovská 573, Uherské Hradiště 686 01<br>Telefon: 572 522 108<br>Fax: 572 522 191<br>Email: mnetopil@itczlin.cz<br>Web: www.itczlin.cz<br>Kontakt: Ing.Miroslav Netopil           |
| 3. | <b>2223 - Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.</b><br>IČO: 00015679<br>Odštěpný závod ZÚLP - kalibrační laboratoř<br>Adresa: Čechova 59, České Budějovice 370 65<br>Telefon: 386 709 189<br>Fax: 386 357 863<br>Email: pesekmilan@tzus.cz<br>Web: www.tzus.cz<br>Kontakt: Milan Pešek |
| 4. | <b>2229 - INELSEV Servis s.r.o.</b><br>IČO: 61327603<br>Kalibrační laboratoř<br>Adresa: Litvínov - Záluží 1 436 70<br>Telefon: 476 162 471, 476 011 137<br>Fax: 476 708 895<br>Email: hotar@okmp.cz<br>Web:<br>Kontakt: Karel Hotař                                                              |
| 5. | <b>2241 - D 5, akciová společnost, Třinec</b><br>IČO: 47674539<br>Kalibrační laboratoř Elektrotechnických dílen<br>Adresa: Průmyslová 1026, Třinec - Staré Město 739 65<br>Telefon: 558 534 853<br>Fax: 558 535 695<br>Email: jstonawski@trz.cz<br>Web:<br>Kontakt: Ing.Josef Stonawski          |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6.  | <p><b>2243 - MEOP - Metrologie s.r.o.</b><br/> IČO: 60915846<br/> Kalibrační laboratoř elektrických veličin<br/> Adresa: Arnošta z Pardubic 2762, Zelené Předměstí,, Pardubice 530 02<br/> Telefon: 466 613 634<br/> Fax: 466 613 634<br/> Email: vplovajko@ipplc.cz<br/> Web:<br/> Kontakt: Ing.Vladimír Plovajko</p> |
| 7.  | <p><b>2245 - ČEZ, a. s.</b><br/> IČO: 45274649<br/> Adresa: Jaderná elektrárna Dukovany, Dukovany 269 675 50<br/> Telefon: 561 105 393, 602 234 169<br/> Fax: 568 866 360<br/> Email: jindrich.sabata@cez.cz<br/> Web: www.cez.cz/akl<br/> Kontakt: Ing.Jindřich Šabata</p>                                            |
| 8.  | <p><b>2248 - ArcelorMittal Ostrava a.s.</b><br/> IČO: 45193258<br/> Metrologie<br/> Adresa: Vratimovská 689, Ostrava - Kunčice 707 02<br/> Telefon: 595 685 219<br/> Fax: 595 683 948<br/> Email: Ivan.Slezak@arcelormittal.com<br/> Web: www.novahut.cz<br/> Kontakt: Ing.Martin Slezák</p>                           |
| 9.  | <p><b>2249 - MEROS, spol. s r .o.</b><br/> IČO: 42866014<br/> Akreditovaná kalibrační laboratoř MEROS<br/> Adresa: 1. máje 823, Rožnov pod Radhoštěm 756 61<br/> Telefon: 571 843 345<br/> Fax: 571 843 328<br/> Email: meros@meros.cz<br/> Web: www.meros.cz<br/> Kontakt: Ing.Karel Hyánek</p>                       |
| 10. | <p><b>2254 - ENERGIZE GROUP s.r.o.</b><br/> IČO: 25231146<br/> STŘEDISKO KALIBRAČNÍ SLUŽBY<br/> Adresa: Tylova 57, Plzeň 316 00<br/> Telefon: 378 133 124<br/> Fax: 378 132 118<br/> Email: energize_group@volny.cz<br/> Web: www.volny.cz/energize_group<br/> Kontakt: Ing.Vladimír Vilhelm</p>                       |
| 11. | <p><b>2255 - E.ON Servisní, s.r.o.</b><br/> IČO: 25186213<br/> Servis měření NN - kalibrační laboratoř<br/> Adresa: Cejl 42-44, Brno 602 00<br/> Telefon: 545 142 108<br/> Fax: 545 142 568<br/> Email: stefan.cincar@eon.cz<br/> Web: www.eon.cz<br/> Kontakt: Ing.Štefan Činčár</p>                                  |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12. | <p><b>2258 - ECOSOND s.r.o.</b><br/> IČO: 45807698<br/> Laboratoř kalibrace termočlánků a kyslíkových sond<br/> Adresa: K Vodárně 531, Čerčany 257 22<br/> Telefon: 317 777 772-5<br/> Fax: 317 777 772-5<br/> Email: ecosond@ecosond.cz<br/> Web: www.ecosond.cz<br/> Kontakt: Ing.Jan Potměšil</p>                                         |
| 13. | <p><b>2261 - Synthesia, a.s.</b><br/> IČO: 60108916<br/> Metrologické kontrolní pracoviště teploty, tlaku a elektrických veličin<br/> Adresa: budova M 84, Pardubice - Semtín 532 17<br/> Telefon: 466 824 809<br/> Fax: 466 822 981<br/> Email: vhandlovic@synthesia.cz<br/> Web: www.synthesia.eu<br/> Kontakt: Ing.Vladimír Handlovič</p> |
| 14. | <p><b>2269 - DEKRA Automobil a.s.</b><br/> IČO: 49240188<br/> Kalibrační laboratoř<br/> Adresa: Türkova 1001, Praha 4 149 00<br/> Telefon: 267 288 238<br/> Fax: 267 288 250<br/> Email: michal.jarusek@usmd.cz<br/> Web:<br/> Kontakt: Michal Jarůšek</p>                                                                                   |
| 15. | <p><b>2273 - HES, s.r.o.</b><br/> IČO: 46974954<br/> kalibrační laboratoř<br/> Adresa: U dráhy 14, Ostopovice 664 49<br/> Telefon: 547 426 411<br/> Fax: 547 426 417<br/> Email: hes@iol.cz<br/> Web: www.hes-sro.cz<br/> Kontakt: Zdeněk Hubáček</p>                                                                                        |
| 16. | <p><b>2280 - Strojírenský zkušební ústav, s.p.</b><br/> IČO: 00001490<br/> Odštěpný závod 2 SZÚ s.p., kalibrační laboratoř<br/> Adresa pracoviště 2: Hudcova 56 b, 621 00 Brno<br/> Telefon: 541 120 330, 724 532 132<br/> Fax:<br/> Email: holomek@szutest.cz<br/> Web: www.szutest.cz<br/> Kontakt: Milan Holomek</p>                      |
| 17. | <p><b>2285 - VÍTKOVICE TESTING CENTER s. r. o.</b><br/> IČO: 25870556<br/> Kontrolní metrologické středisko<br/> Adresa: Ruská 2887/101, Ostrava - Vítkovice 706 02<br/> Telefon: 595 952 419<br/> Fax: 595 956 664<br/> Email: milan.cerny@vitkovice.cz<br/> Web: www.labatest.cz<br/> Kontakt: Ing.Milan Černý</p>                         |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 18. | <p><b>2294 - Elektrotechnický zkušební ústav, s.p.</b><br/> IČO: 00001481<br/> Kalibrační laboratoř<br/> Adresa: Pod Lisem 129, Praha 8 171 02<br/> Telefon: 266 104 333<br/> Fax: 284 680 070<br/> Email: prerichova@ezu.cz<br/> Web: www.ezu.cz<br/> Kontakt: Ing.František Nekola</p>                                                                   |
| 19. | <p><b>2302 - FORTE a.s.</b><br/> IČO: 25322303<br/> Metrologická laboratoř<br/> Adresa: Mostkovice 529 798 02<br/> Telefon: 582 332 727<br/> Fax: 582 332 727<br/> Email: metrologie@fortecas.cz<br/> Web:<br/> Kontakt: Ing.Ladislav Augustin</p>                                                                                                         |
| 20. | <p><b>2305 - TERMOSONDY Kladno, spol. s r.o.</b><br/> IČO: 46358447<br/> kalibrační laboratoř<br/> Adresa: Dělnická 81, Kladno 272 01<br/> Telefon: 312 818 097, 312 818 094<br/> Fax: 312 686 745<br/> Email: termos@termosondy.cz<br/> Web: www.termosondy.cz<br/> Kontakt: Ing.František Hnízdil</p>                                                    |
| 21. | <p><b>2309 - ŽDB GROUP a.s.</b><br/> IČO: 26877091<br/> Kalibrační laboratoř OMS<br/> Adresa: závod Služby, Bezručova 300, Bohumín 735 93<br/> Telefon: 596 082 249<br/> Fax: 596 082 841<br/> Email: ppribyla@zdb.cz<br/> Web: www.zdb.cz<br/> Kontakt: Ing.Petr Přibyla</p>                                                                              |
| 22. | <p><b>2311 – Mikrokom, s.r.o.</b><br/> IČO: 45276676<br/> Kalibrační laboratoř<br/> Adresa: Pod Vinicí 622, Praha 4 143 00<br/> Telefon: 241 760 100<br/> Fax: 241 764 822<br/> Email: <a href="mailto:laborator@mikrokom.cz">laborator@mikrokom.cz</a><br/> Web: <a href="http://www.mikrokom.cz">www.mikrokom.cz</a><br/> Kontakt: Ing. Martin Hájek</p> |
| 23. | <p><b>2313 - E.ON Servisní, s.r.o.</b><br/> IČO: 25186213<br/> Kalibrační laboratoř<br/> Adresa: ČSA 2114, Tábor 390 03<br/> Telefon: 381 785 401<br/> Fax: 381 235 125<br/> Email: petr.svechota@eon.cz<br/> Web: www.eon.cz<br/> Kontakt: Petr Svěchota</p>                                                                                              |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 24. | <p><b>2332 - Blue Panther s.r.o.</b><br/> IČO: 45272441<br/> Blue Panther Metrology<br/> Adresa: Mezi Vodami 29, Praha 4 143 00<br/> Telefon: 241 762 724-5<br/> Fax: 241 773 251<br/> Email: kalibrace@blue-panther.cz<br/> Web: www.blue-panther.cz<br/> Kontakt: Tomáš Kapal</p>                                                                                                         |
| 25. | <p><b>2343 – TESTIMA, spol. s r.o.</b><br/> IČO: 40613186<br/> Kalibrační laboratoř<br/> Adresa: Křovinovo nám. 8, Praha 9 – Horní Počernice 193 00<br/> Telefon: 281 922 523<br/> Fax: 281 921 531<br/> Email: <a href="mailto:bousek@testima.cz">bousek@testima.cz</a><br/> Web: <a href="http://www.testima.cz">www.testima.cz</a><br/> Kontakt: Tomáš Sadílek</p>                       |
| 26. | <p><b>2355 - PTS Josef Solnař, s.r.o.</b><br/> IČO: 26872951<br/> Kalibrační laboratoř PTS Josef Solnař, s.r.o.<br/> Adresa: U Hrubků 170, Ostrava - Nová Ves 709 00<br/> Telefon: 596 744 163<br/> Fax: 596 744 163<br/> Email: info@pts.cz<br/> Web: www.ptsndt.com<br/> Kontakt: Jaroslav Hanusek</p>                                                                                    |
| 27. | <p><b>2356 - SEC electronic s.r.o.</b><br/> IČO: 28774213<br/> Kalibrační laboratoř<br/> Adresa: Dražkovice 155, Pardubice 533 33<br/> Telefon: 466 301 331<br/> Fax: 466 301 332<br/> Email: <a href="mailto:remsa.vl@secel.cz">remsa.vl@secel.cz</a>; <a href="mailto:merici.pristroje@secel.cz">merici.pristroje@secel.cz</a><br/> Web: www.secel.cz<br/> Kontakt: Ing.Rudolf Holeka</p> |
| 28. | <p><b>2369 - GSMobile Calibration, s.r.o.</b><br/> Kalibrační laboratoř<br/> IČO: 27158381<br/> Adresa: Veselská 699, Praha 9 - Letňany 199 00<br/> Telefon: 242440501<br/> Email: <a href="mailto:martin.smola@gsmobile.com">martin.smola@gsmobile.com</a><br/> Web: <a href="http://www.gsmobile.com">www.gsmobile.com</a><br/> Kontakt: Ing.Martin Smola</p>                             |
| 29. | <p><b>2371 - Olympus Czech Group, s.r.o., člen koncernu</b><br/> Kalibrační laboratoř<br/> IČO: 27068641<br/> Adresa: Evropská 176/16, Praha 6 160 00<br/> Telefon: 221 985 227<br/> Email: nemeckova@olympus.cz<br/> Web: www.olympus.cz<br/> Kontakt: Ing.Alena Němečková</p>                                                                                                             |