

# ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

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

Řešitel :            Ing. Martin Matušů, CSc.

Konzultant:        Ing. Jiří Zikán

Schválil:           Ing. Milan Badal

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

výtisk

č.1

## 1. RESUMÉ

Řešena je oblast kalibrace elektrických veličin shora ohraničena kmitočtem 1 MHz, napětím 1 kV a proudem 100A (resp. 1000A u klešťových přístrojů) včetně kalibrací měřicích přístrojů pro EMC a kalibrací neelektrických veličin elektrickou simulací a vyjma kalibrací transformátorů. Cílem bylo 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).

## 2. OBSAH

1.	RESUMÉ .....	1
2.	OBSAH .....	2
3.	ÚVOD .....	4
4.	VLASTNÍ ŘEŠENÍ .....	4
4.1.	Definování činností v daném oboru. ....	4
4.2.	Unifikace postupů: .....	7
4.2.1.	Vzorový kalibrační postup:.....	7
4.2.1.1.	<b>Obsah:</b> .....	7
4.2.1.2.	<b>Označení a základní informace</b> .....	8
4.2.1.3.	<b>Rozsah postupu</b> .....	8
4.2.1.4.	<b>Názvosloví, definice</b> .....	8
4.2.1.5.	<b>Kvalifikace a oprávnění osob</b> .....	8
4.2.1.6.	<b>Související předpisy</b> .....	9
4.2.1.7.	<b>Etalony, zařízení a pomůcky</b> .....	9
4.2.1.8.	<b>Požadavky na podmínky prostředí</b> .....	9
4.2.1.9.	<b>Manipulace s kalibrovanými přístroji a příprava před měřením</b> .....	10
4.2.1.10.	<b>Funkční zkouška</b> .....	10
4.2.1.11.	<b>Postup kalibrace</b> .....	11
4.2.1.12.	<b>Justování měřidla a kalibrace po justáži</b> .....	11
4.2.1.13.	<b>Vyhodnocení kalibrace</b> .....	12
4.2.1.14.	<b>Validace metody</b> .....	13
4.2.1.15.	<b>Nejistoty měření (postup výpočtu)</b> .....	14
4.2.1.16.	<b>Příklad výpočtu nejistoty kalibrace revizního přístroje</b> .....	14
4.2.1.17.	<b>Interní kalibrace</b> .....	16
4.2.1.18.	<b>Mezikalibrační kontroly</b> .....	17
4.2.1.19.	<b>Sledování historie etalonů a predikce vývoje.</b> .....	17
4.2.1.20.	<b>Rekalibrační intervaly</b> .....	18
4.2.2.	Příklady uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci v zahraničních akreditovaných laboratořích .....	23
4.2.3.	Kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou.....	24
4.3.	Témata a otázky k doplnění průběžné zprávy „Zpracování podkladů pro průběžné sjednocování postupů akreditovaných kalibračních laboratoří v oboru elektrických veličin“ .....	27
4.3.1.	Návaznost obdélníkového průběhu.....	27
4.3.2.	Kalibrace multimetrů pro měření periodických nesinusových průběhů .....	27

4.3.3.	Střídavá kalibrace bočníků a etalonů odporu, v rozsahu pod $1 \Omega$ určených pro stejnosměrný proud .....	28
4.3.4.	Návaznost vysokého odporu pro napětí do 10 kV .....	28
4.3.5.	Kalibrace proudové cívky .....	29
4.3.6.	Členění postupů po veličinách či typech přístrojů .....	30
4.3.7.	Připomínky k odborným posuzovatelům .....	30
4.3.8.	Kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou .....	31
4.3.9.	Snižování počtu kalibračních bodů oproti metodice .....	33
4.3.10.	Rozpor mezi příkladem pro výpočet nejistoty a praxí v laboratoři .....	34
4.3.11.	Vyjádření o nejistotě: .....	35
4.3.12.	Další témata, která navrhl Doc. Ing. Jiří Horský, CSc. ....	35
4.3.13.	Nedořešené technické oblasti .....	38
4.3.14.	Další témata, která navrhl Ing. Jan Černý z Elektrotechnického zkušebního ústavu .....	38
4.4.	Sumarizace příslušné normativně-technické dokumentace (národní i mezinárodní). ....	40
4.4.1.	Normy ČSN .....	40
4.4.2.	Dokumenty MPA .....	42
4.4.3.	Dokumenty EA .....	42
4.4.4.	Dokumenty EURAMET .....	42
4.4.5.	Dokumenty BIPM .....	42
4.4.6.	Technické předpisy metrologické – TPM .....	43
4.4.7.	Metodické pokyny pro metrologii - MPM .....	43
4.4.8.	Dokumenty ILAC .....	43
4.4.9.	Kalibrační postupy České metrologické společnosti .....	43
4.4.10.	Další dokumenty: .....	44
5	ZÁVĚR .....	45
	Příloha č. 1 - Příklad výpočtu nejistoty kalibrace odporu dekády .....	46
	Příloha č. 2 - Seznam akreditovaných laboratoří v dané oblasti elektro v ČR .....	49

### **3. 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.

### **4. VLASTNÍ ŘEŠENÍ**

#### **4.1. 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 Příloha č.1). Přílohy osvědčení jednotlivých laboratoří s měřicí schopností kalibrace (dále CMC) lze najít po zadání čísla laboratoře (např. 2222) uvedeného v Příloze č.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
7. Stejnoseměrný odpor
8. Střídavý odpor
9. Impedance
10. Vodivost
11. Modul impedance
12. Kapacita
13. Ztrátový činitel 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. Flickr
20. Fázový posuv
21. Účinitel
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. Frekvence (nepatří mezi elektrické veličiny, ale kalibruje se např. u multimetrů a je parametrem např. střídavého napětí)

**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
4. Zkoušečky a detektory stejnosměrného napětí
5. Kompenzátory
6. Stejnosměrné napěťové děliče
7. Předřadné odpory
8. Zdroje napětí a proudu
9. Ampérmetry, klešťové ampérmetry
10. Proudové bočníky
11. Elektrické simulátory a měřidla termočlánků a odporových teploměrů
12. Zapisovače
13. Ohmometry
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
28. Monitory kvality sítě, účinníku
29. Měřiče 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)

## 4.2. UNIFIKACE POSTUPŮ:

Unifikace postupů je řešena ve třech kapitolách:

Vzorový kalibrační postup (s ohledem na širší 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.

### 4.2.1. 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 4.3. 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: 4.2.1.1. Obsah. Některé kapitoly (může jít např. o kapitoly vyznačené v bodu Obsah kurzívou) 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 4.2.1.1. Obsah je podrobněji rozebrán doporučený obsah některých kapitol.

#### 4.2.1.1. 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
- *Interní kalibrace*
- *Mezikalibrační kontroly*
- *Sledování historie etalonů a predikce vývoje*
- *Rekalibrační intervaly*

#### **4.2.1.2. Označení a základní informace**

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

#### **4.2.1.3. Rozsah postupu**

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

#### **4.2.1.4. Názvosloví, definice**

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

#### **4.2.1.5. Kvalifikace a oprávnění osob**

Pracovníci provádějící samostatně kalibrace dle tohoto postupu musí mít dle ČSN EN ISO/IEC 17025 odpovídající vzdělání, výcvik, zkušenosti a/nebo 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 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.

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.

#### **4.2.1.6. Související předpisy**

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

#### **4.2.1.7. 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 rozšířeného intervalu nejistoty (souvisí též s vlastnostmi etalonů) ke specifikovanému intervalu jsou řešeny v kapitole 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.

#### **4.2.1.8. 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. Jedná se především o teplotu, vlhkost a napájecí napětí. Vliv vlhkosti nelze podceňovat pro velmi nízké hodnoty, 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 napětíového 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 olejový termostat.

Laboratoř musí monitorovat a zaznamenávat teplotu a vlhkost. 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.

#### **4.2.1.9. 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. 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. 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 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 neméně 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.

#### **4.2.1.10. 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.

#### **4.2.1.11. 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 zvláště 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 prokrutí, případné napěťové vodiče od bočníku se rovněž prokrutí 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 třeba provést do jednoho bodu, protože jinak by mohlo dojít k protékání rušivých proudů stíněním.

Volba jednotlivých kalibračních bodů by měla vycházet z principů fungování kalibrovaného měřidla a zohlednit též možnosti laboratoře. 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 dimensí – 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 10A 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.

#### **4.2.1.12. 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.

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.

#### **4.2.1.13. Vyhodnocení kalibrace**

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

Pokud specifikací rozumíme interval s horní a dolní mezí, 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 mělo být vypracováno pouze tehdy, když poměr rozšířeného intervalu nejistoty ke specifikovanému intervalu je přiměřeně malý 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 poměr specifikace k rozšířené nejistotě (používá se označení 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.

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

Pokud jsou v kalibračním listu vynechány výsledky měření 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.

#### 4.2.1.14. 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 i u výše neuvedených metod.

Validace musí být provedena v dostatečně 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 (MPA 30-03-07 speciálně požaduje mezilaboratorní porovnávání):

- 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 rekalibračními 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).
- 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.
- Mezilaboratorní porovnávání - u kalibračních laboratoří ČIA požaduje v MPA 30-03-07 „Politika ČIA pro účast v národních a mezinárodních aktivitách v oblasti zkoušení způsobilosti“ úspěšnou účast ve vhodných porovnáních nejméně v následujícím rozsahu:
  - Před získáním akreditace jedenkrát v oboru nejméně v jedné z měřených hlavních veličin, které budou předmětem posouzení, jsou-li dostupné programy zkoušení způsobilosti např. v Ročním plánu zkoušení způsobilosti nebo je-li dostupné dvoustranné porovnávací měření s ČMI nebo jiné ekvivalentní dvoustranné porovnávací měření.
  - Mezi dvěma následnými posouzeními (v průběhu platnosti Osvědčení o akreditaci) nejméně jedenkrát ročně tak, aby byly pokryty všechny hlavní veličiny, které jsou předmětem akreditace, jsou-li dostupné např. v Ročním plánu zkoušení způsobilosti nebo existuje-li dvoustranné porovnávací měření s ČMI nebo jiné dvoustranné porovnávací měření.

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. Nejistota udávaná pilotní laboratoří **by měla být** přiměřeně menší (nejlépe 4 a více krát) než nejistota udávaná laboratoří, která si validuje své CMC. **Pokud nejistota udávaná pilotní laboratoří není přiměřeně menší, míra validace samozřejmě klesá.**

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.

- 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.

#### 4.2.1.15. 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 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. Vzorový příklad i výpočet nejistot musí být provedeny v souladu s EA 4/02. Vzorové příklady pro multimetr a etalon odporu jsou obsaženy v dokumentu EA 4/02, další příklady lze nalézt v M3003, v kapitole 4.2.1.20. Příklad výpočtu nejistoty kalibrace revizního přístroje a v Příloze č. 1 Příklad výpočtu nejistoty kalibrace dekády. Důležité je, aby příklad obsahoval veličiny, které jsou pomocí nejistot charakterizovány. Musí být obsažen vztah mezi veličinami. Citlivostní koeficienty jsou pak ze vztahu určovány jako parciální derivace vztahu podle jednotlivých proměnných. U popisu nejistot musí být uvedeno, kterou veličinu charakterizují a uveden musí být též postup výpočtu dílčích nejistot. Podrobněji viz EA 4/02 a též v následujícím příkladu. 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 4.3.10.

#### 4.2.1.16. 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. Na kalibrátoru byl poté nastaven odpor zemní smyčky 0,9835 Ω 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

$$E_x = V_{ix} - V_s + \delta V_{ix} - \delta V_s \quad (1)$$

kde

$V_{ix}$  je střední hodnota vypočítaná z naměřených údajů revizního přístroje

$V_s$  je hodnota odporu nastavená na kalibrátoru

$\delta V_{ix}$  korekce na konečnou rozlišovací schopnost revizního přístroje

$\delta V_s$  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)

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

kde  $n$  je počet odměřů

Průměrná hodnota činí 0,984  $\Omega$

Standardní nejistota typu A:

standardní nejistota typu A  $u_A$  (je charakteristikou veličiny  $V_{ix}$ )

vypočteme z opakovaných měření podle vztahu:

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

kde  $n$  je počet odměřů

Standardní nejistota typu A  $u_A$  vypočtená dle vztahu(3) činí 0,000258 $\Omega$

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

$$V_{ix\ pr} = 0.5 (V_{ix\ min} + V_{ix\ max}) \quad (4)$$

Pro standardní nejistotu spojenou s rozptylem několika naměřených hodnot  $u_A$  potom platí:

$$u_A = \left| \frac{1}{\sqrt{12}} (V_{ix\ max} - V_{ix\ min}) \right| \quad (5)$$

Takto vypočtená nejistota charakterizuje identický jev jako nejistota typu A, avšak při striktním výkladu dle EA 4/02 jde o nejistotu typu B.

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.

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

Je charakteristikou veličiny  $\delta V_{ix}$ . Vypočteme jí vydělením poloviny hodnoty posledního digitu odmocninou ze tří (jde o rovnoměrné rozdělení).

V našem případě tedy:

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

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

V našem případě tedy:



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

$u_{Bnk\text{al}}$  – standardní nejistota kalibrace kalibrátoru  $u_{Bnk\text{al}}$  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 :

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

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

$$u(y) = \sqrt{c_{u(A)}^2 \cdot u_{(A)}^2 + c_{u(u_{Bnk\text{al}})}^2 \cdot u_{(Bnk\text{al})}^2 + c_{u(u_{Br})}^2 \cdot u_{(u_{Br})}^2 + c_{u(u_{Bsk\text{al}})}^2 \cdot u_{(Bsk\text{al})}^2} \quad (6)$$

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

#### Tabulka 4 - Přehled nejistot

Veličina	Odhad	Označení std. nejistoty	Velikost std. nejistoty (mΩ)	Pravděpod. rozdělení	Citlivostní koeficient $C_i$	Příspěvek k nejistotě (mΩ)
$V_{ix}$	0,984 Ω	$u_{Ak}$	0,00	normální	1	0,26
$V_s$	0,9835 Ω	$u_{Bnk\text{al}}$	0,65	normální	-1	-0,65
$\delta V_{ix}$	0 V	$u_{Br}$	0,29	rovnoměrné	1	0,29
$\delta V_s$	0 V	$u_{Bsk\text{al}}$	5,0	normální	-1	-5,0
$E_x$	0,0005 Ω					5,0

Vzhledem k tomu, že je splněna normalita (největší dílčí standardní nejistota 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 naměřená hodnota 0,984 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.

#### 4.2.1.17. 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 jsou tedy podobné jako při akreditaci k externím kalibračním 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

#### **4.2.1.18. Mezikalibrační kontroly**

ČSN EN ISO/IEC 17025 uvádí: *Jsou-li zapotřebí mezikalibrační kontroly, aby se zachovala důvěra ve stav kalibrace zařízení, musí se tyto kontroly provádět periodicky podle stanoveného postupu.*

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 rekalibrační 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 rekalibrační 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.

Laboratoř by měla mít na paměti, že při nevyhovujících výsledcích následné kalibrace je třeba provést nápravná opatření, vyhodnotit dopad na provedené kalibrace a v případě potřeby informovat zákazníky, stáhnout kalibrační listy atd.

#### **4.2.1.19. 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.

U vícehodnotových etalonů je ale historie obvykle sledována na základě čerpání specifikací před justováním.

#### **4.2.1.20. 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).

Laboratoř by měla mít na paměti, že při nevyhovujících výsledcích následné kalibrace je třeba provést nápravná opatření, vyhodnotit dopad na provedené kalibrace a v případě potřeby informovat zákazníky, stáhnout kalibrační listy atd.

Výpočet CMC a uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci.

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

Při výpočtu CMC se obvykle vychází z příkladu výpočtu nejistoty. Nejistota A a nejistoty typu B související s chováním kalibrovaného měřidla se považují, pokud je to reálné, za zanedbatelné. Při rozhodnutí, zda zanedbat nejistoty typu B související s chováním kalibrovaného měřidla je třeba vzít v úvahu vlastnosti "nejlepšího dostupného zařízení", který je k dispozici pro konkrétní kategorii kalibrace. Výpočty musí být samozřejmě provedeny pro celý rozsah CMC.

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

### Obor měřené veličiny: elektrické veličiny

**Kalibrace:**

Nominální teplota pro kalibraci: (        ±        ) °C

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

<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 při k = 2

Pro vyjádření CMC v oblasti elektrických veličin tedy musí být uvedena měřená veličina, rozsah měření, další parametr např. frekvence střídavého napětí a měřicí schopnost kalibrace. 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. Bude proto jednáno o zavedení níže uvedeného vzoru.

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

<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%.

Vyjádření CMC nesmí být dvojznačné. Dvojznačnost často vzniká při překrývání rozsahů. Jednotka měřicí schopnosti kalibrace musí být buď stejná nebo násobkem měřené veličiny nebo v relativním vyjádření k měřené veličině (například procenta,  $\mu\text{V}/\text{V}$ , v zahraničních přílohách se používá též ppm), případně kombinací obojího. 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, což je ovšem s výše uvedeným vzorem ČIA nekompatibilní. Bude proto jednáno o zavedení možnosti využívat i formu matice nebo grafu. 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 je ve většině případů zhoršení deklarovaných CMC oproti skutečnosti.

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).

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

*Výpočet CMC a uvádění CMC v příloze Osvědčení o akreditaci by mělo být dořešeno v příštím roce po zavedení ILAC P14.*

## Tabulka 5 - Příklady vyjádření CMC v příloze OA

Pořadové číslo 1)	Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace [ $\pm$ ] 2)	Identifikace metody
1	stejnoseměrné napětí měření (0 až 20) mV		15 $\mu\text{V}/\text{V}$ + 0,050 $\mu\text{V}$	Kalibrace kalibrátorů Číslo metodiky .....

Pořadové číslo 1)	Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace [ ± ] 2)	Identifikace metody
2	střídavý proud – generování (0 to 220) $\mu$ A	$\geq 10 < 20$ Hz $\geq 20 < 40$ Hz $\geq 40$ Hz < 1 kHz $\geq 1 < 5$ kHz $\geq 5 < 10$ kHz	0.016 % + 0.063 $\mu$ A 89 $\mu$ A/A + 0.062 $\mu$ A 60 $\mu$ A/A + 0.062 $\mu$ A 0.018 % + 0.062 $\mu$ A 0.10 % + 0.09 $\mu$ A	Kalibrace multimetrů Číslo metodiky .....
3	Odpor měření pevné body 1 m $\Omega$ 10 m $\Omega$ 100 m $\Omega$ 1 $\Omega$ 10 $\Omega$ 100 $\Omega$		280 n $\Omega$ 1.0 $\mu\Omega$ 1.7 $\mu\Omega$ 3.0 $\mu\Omega$ 28 $\mu\Omega$ 200 $\mu\Omega$	Kalibrace etalonů odporu Číslo metodiky .....
4	Kapacita – generování (0.19 až 0.3999) nF (0.4 až 1.0999) nF (1.1 až 3.2999) nF	10 Hz až 10 kHz 10 Hz až 10 kHz 10 Hz až 3 kHz	0.38 % + 10 pF 0.38 % + 10 pF 0.38 % + 10 pF	Kalibrace multimetrů Číslo metodiky .....
5	Měření fáze Napětí /proud 0 až 359.0°	50 Hz	170 m°	Kalibrace fázového posunu. Číslo metodiky .....
6	Střídavý výkon měření 0,5 W až 30 kW při: napětí (10 až 300) V proud (0,05 až 100) A $\cos \phi$ (0,5 až 1)	45 až 65 Hz	0,05 %	Kalibrace výkonu. Číslo metodiky .....
7	generování flikru napětí 1 V až 280 V (0,5 až 5) Pst	50 Hz	0,003·Pst	Kalibrace flikru. Číslo metodiky .....
8	Ztrátový činitel měření kapacity: D = (0,000 001 až 0,001) pro C= (1 až 1000) pF	1 kHz	0,000 003	Kalibrace ztrátového činitele. Číslo metodiky .....
9	Generování frekvence 10 Hz až 1 MHz		0,01 % + 0,01 Hz	Kalibrace multimetrů Číslo metodiky .....

Pořadové číslo 1)	Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace [ ± ] 2)	Identifikace metody
10	Měření nelineárního zkreslení pro napětí 0,1 V až 300 V 0 % až 0.05 %	20 Hz to 20 kHz	0.0070 % absolutně 14 % ze čtení	Kalibrace zkreslení. Číslo metodiky
11	0.05 % až 10 % Amplituda harmonických produktů pro napětí(140.001 - 280.000 V) generování	30 - 3000 Hz	0,28V	Kalibrace amplitudy harmonických produktů Číslo metodiky.....

#### 4.2.2. 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)



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

Kalibrace teplotních simulátorů a měřidel elektrickou cestou zahrnuje:

- Kalibrace simulátorů odporu. Kalibrace simulátorů odporových teploměru 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 termonapětí 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 přepočet 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 napěťově prováděna přímo simulátorem či měřidlem tak, aby výsledné napětí odpovídalo napětí generovanému termočlánkem pro teplotní rozdíl 0 °C – nastavená (naměřená) teplota. Termočládkové 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 výhodu v tom, že na termočládku či propojovacím 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 zvlášť 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 zvlášť pro měření a zvlášť 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 6 – 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 6 - Příklad vyjádření CMC v příloze OA**

Pořadové číslo	Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	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. 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. 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	

### 4.3. TÉMATA A OTÁZKY K DOPLNĚNÍ PRŮBĚŽNÉ ZPRÁVY „ZPRACOVÁNÍ PODKLADŮ PRO PRŮBĚŽNÉ SJEDNOCOVÁNÍ POSTUPŮ AKREDITOVANÝCH KALIBRAČNÍCH LABORATOŘÍ V OBORU ELEKTRICKÝCH VELIČIN“.

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

#### 4.3.1. 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 takovou návaznost uznat?

Názor Ing. Netopila: *Pro kalibraci osciloskopů obdélníkovým průběhem musí mít kalibrační signál definovanou (=navázanu) 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.*

Názor konzultanta: *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.*

#### 4.3.2. 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, míněny 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.*

Názor konzultanta: *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.*

#### **4.3.3. 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.*

Názor konzultanta: *Lze souhlasit s výše uvedenými názory.*

#### **4.3.4. 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 měřícím napětím až 10 kV.

Lze takovouto návaznost etalonů vysokého odporu, či vysokoohmové dekády uznat, s přihlédnutím 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 nutně) označit přístroj štítkem s omezeným rozsahem kalibrace. Akceptovatelná kalibrovaná hodnota by však měla být alespoň v 50 % rozsahu.*

Názor konzultanta: *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.*

#### 4.3.5. 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 blízka 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.*

Názor konzultanta: *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.*

#### **4.3.6. 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 analoový. ohmmetr.*

*Názor konzultanta: Laboratoře by měly mít svobodnou volbu, zda používat členění podle přístrojových či veličinových metodik.*

#### **4.3.7. 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.*

*Názor konzultanta: 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 odchylkám. Předložená zpráva pro oblast elektrických veličin má za cíl napomoci k harmonizaci přístupu při posuzování.*

#### 4.3.8. 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 měřícího 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 měřícího 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 vznikal 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. Termočlávkové vedení zde slouží ke generování napětí odpovídající různé teplotě kompenzovaných konektorů u referenčního etalonu a kalibrovaného měřidla. Mám zato, že termočlávková propojovací vedení musí být kalibrovaná. Jaký je Váš názor?

Názor Ing. Netopila: *Uvedenou připomínku jsem psal již dříve Ing. Vojtíškov 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 měřícím rozsahu se dostáváme do dolní čtvrtiny (třetiny)*



rozsahu, kde je nejhorsí 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.“

Názor konzultanta: 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.

Názor konzultanta: 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.

Názor konzultanta: 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.

#### 4.3.9. Snižování počtu kalibračních bodů oproti metodice

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

„Určení kalibrační 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.*

Názor konzultanta: *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 nepovažují např. kalibraci střídavého napětí pouze při 50Hz, pokud to zákazník požaduje a pokud přístroj má více frekvenčních pásem. To je pouze omezený rozsah kalibrace.*

#### 4.3.10. 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 zaznamenánu 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.*

Názor konzultanta: *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.

#### 4.3.11. 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 pravděpodobné rozdělení.*

Názor konzultanta: *Viz výše uvedené vyjádření.*

#### 4.3.12. 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 stejné 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, otázku 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 mříž 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, zvláště v případě supermultimetrů – viz poznámka k bodu 6. Pokud nejsou kalibrovány základní funkce U, I, R? Pokud chybí kalibrace některých rozsahů funkcí U, I, R.? Atd.*

Názor konzultanta: *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)?*

Názor konzultanta: *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 nedodržením pravidel pro eliminaci vzájemné induktivní vazby i při měření proudu. Naopak střední hodnoty Metra 1Ω až 1 kΩ 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 recalibrace proběhla proti zlepšeným specifikacím.

#### **4.3.13. 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 diskuzi 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.*

#### **4.3.14. Další témata, která navrhl Ing. Jan Černý z Elektrotechnického zkušebního ústavu**

##### ***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.



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

### 4.4.1. 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 účinníku a synchronoskopu
11. ČSN IEC 51-6 (356203).-Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 6: Speciální požadavky pro ohmometry (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

#### 4.4.2 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
2. MPA 10-01-05 změna 01/07 Změnový list 01/07 k MPA 10-01-05 - platný od: 31.12.2007
3. MPA 10-01-05 změna 01/11 Změnový list 01/11 k MPA 10-01-05 - platný od: 01.03.2011
4. MPA 30-02-08 Návaznost měřidel a výsledků měření - platný od: 01.05.2008
5. MPA 30-03-07 Politika ČIA pro účast v národních a mezinárodních aktivitách v oblasti zkoušení způsobilosti - platný od: 15.04.2007
6. MPA 30-03-07 změna 01/09 Změnový list 01/09 k MPA 30-03-07 - platný od: 01.07.2009

#### 4.4.3 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
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

#### 4.4.4 Dokumenty EURAMET

1. EURAMET/cg-7/Version 1.0 (06/11) (EA-10/07) - Kalibrace osciloskopů (Calibration of Oscilloscopes)
2. EURAMET cg-8Version 2.0 (03/2011) - Kalibrace termočlánků (Calibration of Thermocouples, )
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)
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)
5. EURAMET cg-15 Version 2.0 (03/2011) Pokyny pro kalibraci digitálních multimetrů (Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters)

#### 4.4.5 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/utls/common/documents/jcgm/JCGM\\_100\\_2008\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utls/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/utls/common/documents/jcgm/JCGM\\_104\\_2009\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utls/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. International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008  
([http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_200\\_2008.pdf](http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_200_2008.pdf))

#### **4.4.6 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

#### **4.4.7 Metodické pokyny pro metrologii - MPM**

MPM 4 – 85 - K metrologickému zajištění diagnostických přístrojů v oblasti provozu, periodických kontrol, údržby a oprav silničních vozidel včetně příloh 1 až 8. 1985

Příloha č. 7 - Metodika pro kalibraci měřicích přístrojů v autoopravárenství k měření napětí, proudu a odporu

#### **4.4.8 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
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
3. ILAC-P14:12/2010 ILAC Policy for Uncertainty in Calibration

([http://www.ilac.org/documents/ILAC\\_P14\\_12\\_2010.pdf](http://www.ilac.org/documents/ILAC_P14_12_2010.pdf))

#### **4.4.9 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 ohmmetry
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

#### **4.4.10 Další dokumenty:**

1. Calibration: Philosophy in Practice, Second Edition (Fluke Corporation)
2. 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))
3. Agilent Impedance Measurement Handbook  
(<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5950-3000.pdf>)
4. Uživatelské a servisní manuály výrobců etalonů a kalibrovaných měřidel.
5. UKAS, *The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement* (M3003), 2007.  
(<http://www.ukas.com/library/Technical-Information/Pubs-Technical-Articles/Pubs-List/M3003.pdf>)
6. 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))
7. 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))
8. 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)
9. 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)

## 5 ZÁVĚR

Řešení úkolu vytvořilo základní obecné technické podklady pro harmonizaci, které následně laboratoře a odborní posuzovatelé těchto laboratoří budou aplikovat. Vzhledem k šíři problematiky (lze identifikovat přibližně 30 veličin) navrhuje pokračovat v úkolu se zaměřením zejména na vysoké frekvence, napětí nad 1 kV, proud nad 100A, prvky, 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 řešení úkolu bylo předložit uživateli podklady pro jednotný přístup laboratoří i posuzovatelů a tím připravit technické podklady pro harmonizaci, které následně kalibrační laboratoře, ČMI i ČIA budou aplikovat.

## Příloha č. 1 - Příklad výpočtu nejistoty kalibrace odporu dekády

Odpor 10 kΩ nastavený na dekádě METRA XLLK (dále dekáda) byl porovnán s multimetrem Wavetek 1281 (dále multimetr). Dekáda byla připojena k multimetru čtyřvodičově vhodnými vodiči. Multimetr byl nastaven v režimu True-Ohms (s vyloučením termonapětí), rozlišením 7,5 místa a se zapnutým analogovým filtrem. Multimetr byl vynulován na dekádě s nastaveným nulovým odporem na rozsahu 10 kΩ. 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 :**

$$R_{\text{dek}} = r_C * (R_{\text{pr mult}} + \Delta R_{\text{kal mult}} + \Delta R_{\text{sp mult}} + \Delta R_{\text{přech}} + \Delta R_{\text{nodp}}) - \Delta R_{\text{dek tep}} \quad (1)$$

Kde :

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

$$R_{\text{pr mult}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n R_{\text{mult } j} \quad (2)$$

Nejistota  $u_{AR_{\text{pr mul}}}$  je typu A a určíme ji podle vztahu

$$u_{AR_{\text{pr mul}}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n (R_{\text{pr mult}} - R_{\text{mult } j})^2} \quad (3)$$

kde  $n$  je počet odměrů

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

$\Delta R_{\text{kal mult}}$  ...je chyba uvedená v kalibračním certifikátu referenčního multimetru. Ta činí +0,006 Ω s nejistotou 0,08 Ω pro  $k = 2$ . Standardní nejistotu kalibrace multimetru  $u_{B \text{ kalrefmult}}$  je charakteristikou

veličiny  $\Delta R_{\text{kal mult}}$ . Vypočteme ji vydělením nejistoty uvedené v kalibračním listu jejím rozšířením  $k=2$  (jde o normální rozdělení). Tedy  $u_{B \text{ kal mult}} = 0,04 \Omega$

$\Delta R_{\text{sp mult}}$  .....je chyba způsobená časovou nestálostí, rozlišovací schopností atd. referenčního multimetru. Nejistota  $u_{B \text{ sp mult}}$  je charakteristikou veličiny  $\Delta R_{\text{sp mult}}$ . Tuto nejistotu lze odhadnout pro příslušný recalibrační 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 třemi).

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

$\Delta R_{\text{nodp}}$ .....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  $u_{B \text{ Rpřech}}$  zanedbat .

$\Delta R_{\text{přech}}$ .....je chyba způsobená neúplným vyloučením přechodového odporu.

Vzhledem k hodnotě odporu a čtyřsvorkovému připojení lze  $u_{B \text{ Rnodp}}$  rovněž zanedbat .

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

Naměřené hodnoty :

Nast.dekáda (k $\Omega$ )	Údaj 1281(k $\Omega$ )
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 ( $\Omega$ )	10000,007
Sm.odch v.prům ( $\Omega$ )	0,0033

odhad  $u_{A \text{ Rpr.mul}}$  tedy činí  $0,0033 \Omega$  .

*Poznámka: u uvedeného multimetru lze navolit též přímo zobrazení průměru z definovaného počtu měření a příslušné směrodatné odchytky.*



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

$$u(y) = \sqrt{c_{u(uARp\ mult)}^2 \cdot u_{(ARp\ mult)}^2 + c_{u(uBrc)}^2 \cdot u_{(Brc)}^2 + c_{u(uBkal\ mult)}^2 \cdot u_{(uBkal\ mult)}^2 + \dots} \quad (4)$$

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 ( $\Omega$ )
$R_{pr\ mult}$	10000,007 $\Omega$	$u_{A\ Rpr\ mult}$	0,0033 $\Omega$	normální	$r_C () = 1$	0,0033
$r_C$	1	$u_{Brc}$	0	normální	$A (\Omega) = 10000 \Omega$	0,000
$\Delta R_{kal\ mult}$	0,006 $\Omega$	$u_{B\ kal\ mult}$	0,040 $\Omega$	normální	$r_C () = 1$	0,040
$\Delta R_{sp\ mult}$	0 $\Omega$	$u_{B\ sp\ mult}$	0,048 $\Omega$	normální	$r_C () = 1$	0,048
$\Delta R_{přech}$	0 ( $\Omega$ )	$u_{B\ Rpřech}$	0 $\Omega$	normální	$r_C () = 1$	0,000
$\Delta R_{nodp}$	0 ( $\Omega$ )	$u_{B\ Rnodp}$	0 $\Omega$	normální	$r_C () = 1$	0,000
$\Delta R_{dek\ tep}$	0 ( $\Omega$ )	$u_{B\ Rdek\ tep}$	0,050 $\Omega$	normální	1	0,050
$R_{idek}$	10000,001 $\Omega$					0,080

Vzhledem k tomu, že je splněna normalita (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 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.*

## Příloha č. 2 - Seznam akreditovaných laboratoří v dané oblasti elektro v ČR

1.	<b>2202 - Český metrologický institut</b> IČO: 00177016 Český metrologický institut Telefon: 545 222 727 Fax: 545 222 183 Email: info@cmi.cz Web: www.cmi.cz
2.	<b>2222 - Institut pro testování a certifikaci, a.s.</b> IČO: 47910381 Kalibrační laboratoř Adresa: Sokolovská 573, Uherské Hradiště 686 01 Telefon: 572 522 108 Fax: 572 522 191 Email: mnetopil@itczlin.cz Web: www.itczlin.cz Kontakt: Ing.Miroslav Netopil
3.	<b>2223 - Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.</b> IČO: 00015679 Odštěpný závod ZÚLP - kalibrační laboratoř Adresa: Čechova 59, České Budějovice 370 65 Telefon: 386 709 189 Fax: 386 357 863 Email: pesekmilan@tzus.cz Web: www.tzus.cz Kontakt: Milan Pešek
4.	<b>2229 - OKMP s.r.o.</b> IČO: 61327603 Kalibrační laboratoř Adresa: Litvínov - Záluží 1 436 70 Telefon: 476 162 471, 476 011 137 Fax: 476 708 895 Email: hotar@okmp.cz Web: Kontakt: Karel Hotař

5.	<p><b>2234 - Krušnohorské strojírny Komořany a.s.</b>  IČO: 25544187  Kalibrační laboratoř  Adresa: Dřínovská 3, Most - Komořany 434 01  Telefon: 478 637 667, 478 637 801  Fax: 478 637 801  Email: ksk-as@ksk-as.cz  Web: www.ksk-as.cz  Kontakt: Jiří Bozetický</p>
6.	<p><b>2241 - D 5, akciová společnost, Třinec</b>  IČO: 47674539  Kalibrační laboratoř Elektrotechnických dílen  Adresa: Průmyslová 1026, Třinec - Staré Město 739 65  Telefon: 558 534 853  Fax: 558 535 695  Email: jstonawski@trz.cz  Web:  Kontakt: Ing.Josef Stonawski</p>
7.	<p><b>2243 - MEOP - Metrologie s.r.o.</b>  IČO: 60915846  Kalibrační laboratoř elektrických veličin  Adresa: Arnošta z Pardubic 2762, Zelené Předměstí,, Pardubice 530 02  Telefon: 466 613 634  Fax: 466 613 634  Email: vplovajko@ipplc.cz  Web:  Kontakt: Ing.Vladimír Plovajko</p>
8.	<p><b>2245 - ČEZ, a. s.</b>  IČO: 45274649  Adresa: Jaderná elektrárna Dukovany, Dukovany 269 675 50  Telefon: 561 105 393, 602 234 169  Fax: 568 866 360  Email: jindrich.sabata@cez.cz  Web: www.cez.cz/akl  Kontakt: Ing.Jindřich Šabata</p>

9.	<p><b>2248 - ArcelorMittal Ostrava a.s.</b>  IČO: 45193258  Metrologie  Adresa: Vratimovská 689, Ostrava - Kunčice 707 02  Telefon: 595 685 219  Fax: 595 683 948  Email: Ivan.Slezak@arcelormittal.com  Web: www.novahut.cz  Kontakt: Ing.Martin Slezák</p>
10.	<p><b>2249 - MEROS, spol. s r .o.</b>  IČO: 42866014  Akreditovaná kalibrační laboratoř MEROS  Adresa: 1. máje 823, Rožnov pod Radhoštěm 756 61  Telefon: 571 843 345  Fax: 571 843 328  Email: meros@meros.cz  Web: www.meros.cz  Kontakt: Ing.Karel Hyánek</p>
11.	<p><b>2254 - ENERGIZE GROUP s.r.o.</b>  IČO: 25231146  STŘEDISKO KALIBRAČNÍ SLUŽBY  Adresa: Tylova 57, Plzeň 316 00  Telefon: 378 133 124  Fax: 378 132 118  Email: energize_group@volny.cz  Web: www.volny.cz/energize_group  Kontakt: Ing.Vladimír Vilhelm</p>
12.	<p><b>2255 - E.ON Servisní, s.r.o.</b>  IČO: 25186213  Servis měření NN - kalibrační laboratoř  Adresa: Cejl 42-44, Brno 602 00  Telefon: 545 142 108  Fax: 545 142 568  Email: stefan.cincar@eon.cz  Web: www.eon.cz  Kontakt: Ing.Štefan Činčár</p>

13.	<p><b>2258 - ECOSOND s.r.o.</b>  IČO: 45807698  Laboratoř kalibrace termočlánků a kyslíkových sond  Adresa: K Vodárně 531, Čerčany 257 22  Telefon: 317 777 772-5  Fax: 317 777 772-5  Email: ecosond@ecosond.cz  Web: www.ecosond.cz  Kontakt: Ing.Jan Potměšil</p>
14.	<p><b>2261 - Synthesia, a.s.</b>  IČO: 60108916  Metrologické kontrolní pracoviště teploty, tlaku a elektrických veličin  Adresa: budova M 84, Pardubice - Semtín 532 17  Telefon: 466 824 809  Fax: 466 822 981  Email: vhandlovic@synthesia.cz  Web: www.synthesia.eu  Kontakt: Ing.Vladimír Handlovič</p>
15.	<p><b>2269 - DEKRA Automobil a.s.</b>  IČO: 49240188  Kalibrační laboratoř  Adresa: Türkova 1001, Praha 4 149 00  Telefon: 267 288 238  Fax: 267 288 250  Email: michal.jarusek@usmd.cz  Web:  Kontakt: Michal Jarůšek</p>
16.	<p><b>2273 - HES, s.r.o.</b>  IČO: 46974954  kalibrační laboratoř  Adresa: U dráhy 14, Ostopovice 664 49  Telefon: 547 426 411  Fax: 547 426 417  Email: hes@iol.cz  Web: www.hes-sro.cz  Kontakt: Zdeněk Hubáček</p>

17.	<p><b>2280 - Strojírenský zkušební ústav, s.p.</b>  IČO: 00001490  Odštěpný závod 2 SZÚ s.p., kalibrační laboratoř  Adresa pracoviště 2: Hudcova 56 b, 621 00 Brno  Telefon: 541 120 330, 724 532 132  Fax:  Email: holomek@szutest.cz  Web: www.szutest.cz  Kontakt: Milan Holomek</p>
18.	<p><b>2285 - VÍTKOVICE TESTING CENTER s. r. o.</b>  IČO: 25870556  Kontrolní metrologické středisko  Adresa: Ruská 2887/101, Ostrava - Vítkovice 706 02  Telefon: 595 952 419  Fax: 595 956 664  Email: milan.cerny@vitkovice.cz  Web: www.labatest.cz  Kontakt: Ing.Milan Černý</p>
19.	<p><b>2294 - Elektrotechnický zkušební ústav, s.p.</b>  IČO: 00001481  Kalibrační laboratoř  Adresa: Pod Lisem 129, Praha 8 171 02  Telefon: 266 104 333  Fax: 284 680 070  Email: prerichova@ezu.cz  Web: www.ezu.cz  Kontakt: Ing.František Nekola</p>
20.	<p><b>2302 - FORTE a.s.</b>  IČO: 25322303  Metrologická laboratoř  Adresa: Mostkovice 529 798 02  Telefon: 582 332 727  Fax: 582 332 727  Email: metrologie@forteas.cz  Web:  Kontakt: Ing.Ladislav Augustin</p>

21.	<p><b>2305 - TERMOSONDY Kladno, spol. s r.o.</b>  IČO: 46358447  kalibrační laboratoř  Adresa: Dělnická 81, Kladno 272 01  Telefon: 312 818 097, 312 818 094  Fax: 312 686 745  Email: termos@termosondy.cz  Web: www.termosondy.cz  Kontakt: Ing.František Hnízdil</p>
22.	<p><b>2309 - ŽDB GROUP a.s.</b>  IČO: 26877091  Kalibrační laboratoř OMS  Adresa: závod Služby, Bezručova 300, Bohumín 735 93  Telefon: 596 082 249  Fax: 596 082 841  Email: ppribyla@zdb.cz  Web: www.zdb.cz  Kontakt: Ing.Petr Přibyla</p>
23.	<p><b>2313 - E.ON Servisní, s.r.o.</b>  IČO: 25186213  Kalibrační laboratoř  Adresa: ČSA 2114, Tábor 390 03  Telefon: 381 785 401  Fax: 381 235 125  Email: petr.svechota@eon.cz  Web: www.eon.cz  Kontakt: Petr Svěchota</p>
24.	<p><b>2332 - Blue Panther s.r.o.</b>  IČO: 45272441  Blue Panther Metrology  Adresa: Mezi Vodami 29, Praha 4 143 00  Telefon: 241 762 724-5  Fax: 241 773 251  Email: kalibrace@blue-panther.cz  Web: www.blue-panther.cz  Kontakt: Tomáš Kapal</p>

25.	<p><b>2346 - oaza-energo, a.s.</b>  IČO: 61672424  Kalibrační laboratoř  Adresa: Karlov 197, Kutná Hora 284 01  Telefon: 327 506 203  Fax: 327 506 160  Email: <a href="mailto:info@oaza-energo.cz">info@oaza-energo.cz</a>; <a href="mailto:proislp@oaza-energo.cz">proislp@oaza-energo.cz</a>  Web: <a href="http://www.oaza-energo.cz">www.oaza-energo.cz</a>  Kontakt: Pavel Proisl</p>
26.	<p><b>2347 - Excal s.r.o.</b>  IČO: 44313837  Kalibračné laboratórium  Adresa: Pekárska 11, Trnava 917 01  Telefon:  Fax:  Email: <a href="mailto:michael.hjemgard@excal.se">michael.hjemgard@excal.se</a>  Web: <a href="http://www.excal.sk">www.excal.sk</a>  Kontakt: Jozef Macho</p>
27.	<p><b>2355 - PTS Josef Solnař, s.r.o.</b>  IČO: 26872951  Kalibrační laboratoř PTS Josef Solnař, s.r.o.  Adresa: U Hrubků 170, Ostrava - Nová Ves 709 00  Telefon: 596 744 163  Fax: 596 744 163  Email: <a href="mailto:info@pts.cz">info@pts.cz</a>  Web: <a href="http://www.ptsndt.com">www.ptsndt.com</a>  Kontakt: Jaroslav Hanusek</p>
28.	<p><b>2356 - SEC electronic s.r.o.</b>  IČO: 28774213  Kalibrační laboratoř  Adresa: Dražkovice 155, Pardubice 533 33  Telefon: 466 301 331  Fax: 466 301 332  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>  Web: <a href="http://www.secel.cz">www.secel.cz</a>  Kontakt: Ing.Rudolf Holeka</p>