



**Český institut pro akreditaci, o.p.s.**

Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Strana: 1/38

Zpracoval:

Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:

23.10.2020

## **Plán standardizace – Program rozvoje metrologie 2020**

**Číslo úkolu: VII/05/20**

**Zpráva pro závěrečnou oponenturu**

### **Principy kalibrace v oboru základních elektrických veličin**

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

**Řešitel:** Ing. Martin Valenta, ČIA

**Spoluřešitel:** Ing. Miroslav Netopil

**Vypracoval:** Ing. Martin Valenta, ČIA

**Schválil:** Ing. Milan Badal, ČIA

**Datum:** 23.10.2020

**Rozdělovník:** 1 × ÚNMZ

1 × ČIA, útvar 600

2 × oponenti

Výtisk č.: ...



**Český institut pro akreditaci, o.p.s.**

**Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3**

Strana: 2/38

Zpracoval:

Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:

23.10.2020

## 1. RESUMÉ

Úkol programu rozvoje metrologie se věnuje sjednocení názvů kalibračních principů, metod či postupů tak, aby se posílilo sjednocování příloh osvědčení o akreditaci (dále i jen POA), aby byly nejen přehlednější a jednoznačné, ale aby minimalizovaly nejistotu různého výkladu stejně nazvaného principu kalibrace a používání různých názvů pro postupy stejné.

Vzhledem k tomu, že informace o postupu kalibrace se doposud omezovala prakticky pouze na označení dokumentu, nebylo jasné, jakou metodu či princip laboratoř používá. Názory jednotlivých laboratoř i pracovníků v metrologii na míru podrobnosti se navíc významně liší, stejnou metodu lze pojmenovat velmi různě. Výsledkem úkolu, kromě vlastního přehledu principů kalibrace, které jsou v daném oboru nejběžnější, je i obecnější návod, jak vhodně stanovit a popsat principy, metody a postupy kalibrace a přitom neomezovat laboratoře v jejich aktivitách včetně příkladů pro nejběžnější kalibrační postupy.



## 2. OBSAH

1.	RESUMÉ.....	2
2.	OBSAH .....	3
4.	POŽADAVKY NA POA V ČSN EN ISO/IEC 17011.....	5
5.	ZADÁNÍ PRO ÚKOL PROGRAMU ROZVOJE METROLOGIE .....	8
6.	PŘEHLED PRINCIPŮ UVÁDĚNÝCH V DOPOSUD VYDANÝCH POA.....	9
6.1.	Metoda kalibrace a obecný vztah mezi kalibrovaným zařízením a etalonem při kalibraci ....	10
6.2.	Základní uspořádání při kalibraci elektrických veličin.....	10
6.2.1.	Porovnání versus měření .....	11
6.3.	„Naturel“ etalonu a kalibrovaného předmětu, východiska pro formulaci principu kalibrace...12	
7.	UVÁDĚNÍ PRINCIPU KALIBRACE V POA.....	14
7.1.	Úvod.....	14
7.2.	Současný stav POA a uvádění principů kalibrace.....	14
7.3.	Texty principů z již vystavených POA, řazené abecedně .....	16
7.4.	Příklady ze zahraničí .....	17
7.5.	Tvorba formulace principu kalibrace pro základní typy kalibrací (jeden etalon) .....	19
8.	Příklady stávajících POA a jejich transformace .....	21
8.1.	Příklad 1.....	21
8.2.	Příklad 2.....	22
8.3.	Příklad 3:.....	23
8.4.	Tvorba formulace principu kalibrace pro kalibrace se dvěma etalony.....	24
8.5.	Tvorba formulace principu kalibrace pro kalibrace s více etalony.....	26
8.6.	Tvorba formulace principu kalibrace pro kalibrace „v médiu“ .....	27
8.7.	Tvorba formulace principu kalibrace pro kalibrace kapacity, indukčnosti a střídavého odporu. 28	
8.8.	Tvorba formulace principu kalibrace pro kalibrace revizních přístrojů.....	28
8.8.1.	Zařazení revizních přístrojů do struktury POA:.....	29
8.8.2.	Přehled (speciálních) měřicích funkcí revizních přístrojů:.....	29
8.8.3.	Izolační odpor: .....	30
8.8.4.	Unikající proudy .....	30
8.8.5.	Náhradní (substituční unikající proud ( $I_{sub}$ ):.....	31
8.8.6.	Rozdílový unikající proud ( $I_{dif}$ ):.....	32
8.8.7.	Proud ochranným vodičem ( $I_{PE}$ ):.....	33
8.8.8.	Dotykový proud ( $I_d$ ): .....	35
8.8.9.	Impedance ochranné smyčky ( $Z_{LOOP}$ ), impedance sítě ( $Z_{LINE}$ ): .....	35
8.8.10.	Vybavovací proud proudových chráničů .....	36
8.8.11.	Vypínací čas proudových chráničů .....	36
9.	SHRNUTÍ .....	37
9.1.	Doporučené principy (metody) pro uvádění v POA.....	37
9.2.	Jak postupovat při vyplňování návrhu POA .....	37
10.	ZÁVĚR.....	38



**Český institut pro akreditaci, o.p.s.**

**Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3**

Strana: 4/38

Zpracoval:

Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:

23.10.2020

### **3. ÚVOD**

Aktualizovaná verze harmonizované normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 vyvolala potřebu odlišit laboratoře, které již byly posouzeny podle revidované normy a ty, jejichž systém ještě odpovídá požadavkům verze předchozí. Dosavadní stav přílohy osvědčení o akreditaci (dále i jen POA) byl z hlediska požadavků normy ČSN EN ISO/IEC 17011:2018 v kapitole 7 vyhovující, ale z praktického hlediska chyběla možnost uvádět informace nad rámec tabulky. To bylo také důvodem, že pro obor elektrických veličin byla forma POA odlišná. Nová verze POA se kromě vzhledové změny (formát tzv. na šířku) obsahově téměř neliší od verze předchozí, doplněn byl pouze sloupec princip kalibrace, který spolu s identifikací postupu dává úplnou informaci o činnosti laboratoře.



#### 4. POŽADAVKY NA POA V ČSN EN ISO/IEC 17011

Princip kalibrace je v přílohách osvědčení o akreditaci novým prvkem. Jeho doplnění vychází z požadavku normy ČSN EN ISO/IEC 17011:2018 v kapitole 7. Konkrétně v kapitole 7.8.1 jsou uvedeny požadavky na zveřejňované informace o akreditovaném subjektu, v kap. 7.8.3 pod písmenem c) jsou uvedeny požadavky na zveřejňovaný rozsah akreditace kalibračních laboratoří:

##### 7.8 Informace o akreditaci

7.8.1 Akreditační orgán musí akreditovanému orgánu posuzování shody poskytnout informaci o akreditaci, která musí obsahovat:

- a) identifikaci a případně též logo akreditačního orgánu,
- b) název akreditovaného orgánu posuzování shody a název právnické osoby, pokud se liší
- d) pracoviště akreditovaného orgánu posuzování shody, a je-li to možné, i činnosti posuzování shody na jednotlivých pracovištích zahrnutých v rozsahu akreditace,
- e) jedinečné akreditační označení akreditovaného orgánu posuzování shody,
- f) datum účinnosti akreditace a, kde je to možné, datum skončení platnosti nebo datum obnovení,
- g) prohlášení o shodě a odkaz na mezinárodní normu (normy) nebo jiné normativní dokumenty, včetně údaje o jejich vydání nebo revizi použité při posuzování orgánu posuzování shody.

7.8.2 Datum účinnosti akreditace musí být datem rozhodnutí o akreditaci nebo datem pozdějším.

7.8.3 Rozsah akreditace musí přinejmenším obsahovat:

...

c) Pro kalibrační laboratoře:

- kalibrační a měřicí schopnost (CMC) vyjádřená jako:
- měřený parametr nebo referenční materiál,
- **metoda nebo postup kalibrace nebo měření a typ přístroje nebo materiálu, který je kalibrován nebo měřen,**
- rozsah měření a, kde je to možné, další parametry, např. kmitočet přiloženého napětí, a
- nejistota měření.

Téměř doslovně lze stejné požadavky nalézt i v článku 4, resp. 4.1 dokumentu ILAC-P14:09/2020 Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci, kterým byla nahrazena předchozí verze z roku 2013 (ILAC-P14:01/2013).

Formálně byl tento požadavek splněn již v dříve používané verzi POA uvedením názvu dokumentu kalibrační laboratoře, který identifikuje používaný postup. Z názvu dokumentu, až na výjimky, nebylo ale možné přesněji poznat ani princip, natož metodu či postup kalibrace. To významně snižovalo možnost porovnat navzájem udávanou nejlepší nejistotu kalibračních laboratoří, které v POA uvádějí obdobný rozsah kalibrací stejné veličiny.



Jak bylo uvedeno výše, obsahově byla POA v zásadě uspokojující a vyhovovala informacím, které neuvažovaly parametry kalibrované veličiny. V případě potřeby uvést další doplňkové informace, např. parametry, omezení v předmětu kalibrace nebo omezení metody, záleželo vždy na konkrétní situaci a skupině posuzovatelů, jaké řešení bylo zvoleno. To samozřejmě nepřispívalo jednotnosti POA. Dalším negativem byla skutečnost, že u některých laboratořích nebyl dodržen vztah mezi kalibračními postupy v rozsahu akreditace a samostatnou tabulkou kalibrovaných zařízení – předmětů kalibrace. Ty jsou v aktuální verzi POA sloučeny do jediného sloupce, čímž je eliminována možnost nesprávného přiřazení předmětu kalibrace k postupu.

Protože princip kalibrace je novým prvkem v POA, není vždy zcela jasné, jak má být položka naplněna, aby byla co možná největší shoda mezi popisem u kalibračních laboratořích, které poskytují shodnou nebo téměř shodnou službu. Smyslem sjednocování názvů není snaha omezit kalibrační laboratoře v jejich činnosti ani jejich činnost unifikovat, ale dosáhnout sjednocení názvů nejběžněji používaných postupů, metod nebo principů při kalibraci do té míry, aby stejným textem v daném sloupci POA byla označena stejná nebo velmi obdobná činnost a aby čtenář mohl mít důvěru, že při porovnávání vhodnosti kalibrační laboratoře z hlediska jeho požadavků se může spolehnout na uvedené texty a porovnání není zatíženo chybou plynoucí z porovnávání významně odlišných postupů.

POA uvádí CMC laboratoře v souladu s požadavky normy ČSN EN ISO/IEC 17011. Dříve používané zjednodušené vnímání CMC jako nejistoty začínají laboratoře opouštět a postupně vnímat, že CMC je vyjádřena všemi informacemi, které jsou v POA uvedeny v jednom každém řádku. Informace z celého řádku je teprve tou správnou a úplnou informací o schopnostech laboratoře v tom konkrétním podrozsahu. A protože CMC vyjadřuje schopnost laboratoře, jakých nejistot je schopna dosáhnout, je i princip, metoda kalibrace přímo navázán na konkrétní hodnoty uvedené v daném řádku. To nevylučuje, aby laboratoř kalibrovala i jiným postupem, kterým dosahuje větších (horších) hodnot nejistoty, pokud byl řádně posouzen a laboratoř ho zařadila do své dokumentu, kterým definuje rozsah svých činností, které jsou v souladu s požadavky ČSN EN ISO/IEC 17025:2018, čl. 5.3

Pro účely této práce je uvažován obvykle vnímaný rozdíl mezi principem, metodou a postupem, na rozdíl od POA, v níž jsou tyto výrazy považovány za synonyma.

V šabloně OA je v názvu sloupce použit termín *princip*, tento sloupec má informovat především o metodě kalibrace, v odůvodněných případech je přípustné použít obecnější princip, nebo naopak velmi stručný popis postupu, který KL využívá.

Z textu tohoto úkolu vyplývá potřeba sjednotit užívání pojmů „princip kalibrace“ jako vyjádření podstaty kalibrace (z lat. principium = počátek, původ, začátek), „metoda kalibrace“ jako stručně a jasně formulovaný způsob uplatnění principu, a konečně „postup kalibrace“ („metodika kalibrace“) ve smyslu rozvedení metody kalibrace do konkrétních kroků. Postup může být a často bývá hodně podrobný, protože s ním jako s pracovním návodem pracují pracovníci na různých úrovních, přitom musí být zajištěna jednotnost dané kalibrace, což pro použití v POA znamená postup shrnout do několika slov. Z úkolu dále vyplývá, jak používat pojmy „generování“ a „měření“, jejich použití při správném vyjádření metody kalibrace spolu s jasnou identifikací předmětů kalibrace přestává mít svoje opodstatnění, naopak v některých může čtenáře POA dokonce mást.

Sloupec *Identifikace kalibračního postupu*, který obsahuje přesnou identifikaci konkrétního dokumentu, zůstává zachován a nyní je doplněn informací o tom, jaký postup, metoda či princip se pod touto identifikací skrývá.



**Český institut pro akreditaci, o.p.s.**

**Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3**

Strana: 7/38

Zpracoval:  
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:  
23.10.2020

Řešený úkol svým cílem navazuje na podobně směřované úkoly z předchozích roků, které řešily sjednocování informací uváděných v POA z hlediska správného stanovování hodnot nejistot v tabulce CMC:

- PRM VII/05/17 pro obor teplota,
- PRM VII/04/18 pro obor statický objem,
- PRM VII/05/18 pro obor tlak,
- PRM VII/05/19 pro obor délka.



## 5. ZADÁNÍ PRO ÚKOL PROGRAMU ROZVOJE METROLOGIE

Hlavním cílem úkolu bylo zpracování přehledu metod kalibrace pro základní elektrické veličiny, tedy napětí, proud a odpor stejnosměrný i střídavý (v obvyklém kmitočtovém rozsahu). Zvolené veličiny jsou doplněny o kalibrace revizních přístrojů, kde kromě dříve uvedeného nastupují i metody další.

Úkol vychází z rešerše většiny dosud vydaných POA pro obor elektrických veličin. Výsledný přehled použitých názvů principů vychází z reálného použití v POA. Potvrdila se domněnka, že nemalá část kalibračních laboratoří využila bez dalších úprav původní velmi zjednodušené a zjednodušující příklady, které byly uvedeny v návodu k vyplnění návrhu POA, *Porovnání s etalonem a Přímé měření*.

Další část se věnuje základnímu rozdělení etalonů a předmětů kalibrace z hlediska jejich funkce v měřicí sestavě. Z tohoto rozdělení vyplývá, jaké jsou možné vztahy mezi etalonem a kalibrovaným zařízením, a také elementární pojmy (fundamenty) pro vyjádření podstaty kalibrace a důležitost jejich jednotného užívání. Tyto fundamenty tvoří jádro pro popis metody kalibrace.

Následující podstatnou částí je výklad doplňujících a dalších pojmů potřebných k formulaci metody kalibrace. Jádro metody kalibrace a doplňující a další pojmy tvoří její výsledný popis, tak, aby tato formulace byla jednoznačná, stručná, dostatečně výstižná a maximálně jednotná.

Při zpracovávání podkladů se také potvrdil předpoklad, že je nezbytné dodržování pravidel pro sestavení POA, uvedených v návodu. Jejich nerespektování znamená obvykle komplikace při dalším zpracování obsahu jednotlivých POA, přičemž nejsou výjimkou stavy, kdy nelze pouze na základě předložené POA rozhodnout, jaké údaje spolu souvisí a které nikoli. Součástí zprávy je příloha, v níž jsou uvedeny texty principů, které jsou vhodné a doporučené pro použití v situacích, popsanych ve sloupci Veličina / Předmět kalibrace a sloupci Etalon(y). Jejich použití ve verzi, uvedené v tabulce, je preferováno. Nicméně lze připustit, že v konkrétních případech bude nutné text modifikovat nebo vytvořit text zcela nový. V takovém případě je při jeho tvorbě nezbytné postupovat v souladu s textem této zprávy, případně nový text konzultovat před jeho použitím.



## 6. PŘEHLED PRINCIPŮ UVÁDĚNÝCH V DOPOSUD VYDANÝCH POA

První částí řešení je rešerše většiny dosud vydaných POA pro obor elektrických veličin a přehled použitých názvů principů a informace o jejich použití na základě reálného použití. Z této rešerše vyplývají největší nedostatky současného stavu, vyvolané původními, velmi zjednodušenými a zjednodušujícími příklady v návodu k vyplnění návrhu POA, těmi byly pouze *Porovnání s etalonem* a *Přímé měření*. Laboratoře, které byly mezi prvními posouzenými podle revidované normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018, již používaly novou šablonu návrhu POA a často se uchýlily k využití pouze těchto dvou příkladů, aniž by alespoň přesněji specifikovaly použitý etalon nebo způsob měření. V takových případech bude nutné, aby laboratoře ve spolupráci s odborným posuzovatelem při vydávání nového osvědčení o akreditaci svou POA upravily v souladu s upraveným návodem a výsledky tohoto úkolu, aby tak návrh splňoval základní požadavek, tj. aby uvedená metoda kalibrace poskytla potřebnou informaci.

Druhá část se v teoretickém úvodu věnuje základnímu rozdělení etalonů a předmětů kalibrace z hlediska jejich funkce v měřicí sestavě. Z nich vyplyne, jaké jsou možnosti vztahu mezi etalonem a kalibrovaným zařízením, a také elementární pojmy pro vyjádření podstaty kalibrace a důležitost jejich jednotného užívání. Tyto pojmy tvoří jádro pro popis metody kalibrace.

Na tuto základní teorii navazuje výklad doplňujících a dalších pojmů potřebných k formulaci metody kalibrace. Jádro metody kalibrace a doplňující a další pojmy tvoří výsledný popis metody kalibrace. Tato část se proto ve finále věnuje konstrukci výsledné formulace metody kalibrace tak, aby tato formulace byla jednoznačná, stručná, dostatečně výstižná a maximálně jednotná.

Celá část je doplněna o pohled na reálné provedení kalibrací a úvahy, nakolik lze poznatky z části teoretické aplikovat.

Přehledová tabulka principů kalibrace tak, jak vyplývá z již vystavených POA, slouží jako podklad pro další analýzu a je uvedena v kapitole 6. Z tabulky je zřejmé, že rozptyl informační hodnoty a podrobnosti textů se významně liší. Pro příklad okomentujeme několik formulací:

### **„generování a měření pomocí Fluke 5320A“**

Přestože je tato část určena především znalému čtenáři, zde by bylo vhodné doplnit, že se jedná o kalibrátor (... kalibrátorem Fluke 5320A)

### **„Porovnání s referenčním multimetrem (např. Keithley 2000)“**

Nejnižší udávané nejistoty jsou dosaženy etalonem konkrétního typu, zde je celá informace s použitím „např.“ do značné míry zpochybněna.

### **„přímé měření výkonu (generovaného etalonem) na měřicím (měřeném) přijímači a určení rozdílů (odchylek) od etalonu“**

V daném případě lze informaci označit za dost přesnou a podrobnou, nedrží se ale zásady stručnosti a výstižnosti.

Tyto příklady naznačují, že nejen odborně správný obsah, ale i forma jejich uvádění si zaslouží odpovídající pozornost.

## 6.1. Metoda kalibrace a obecný vztah mezi kalibrovaným zařízením a etalonem při kalibraci

POA doznala změn za dobu trvání akreditačního systému několikrát. Původně se v ní neuvádělo, zda se jedná o generování nebo měření veličiny. Toto rozčlenění bylo postupem doby zavedeno právě u elektrických veličin, kde mělo rozlišit, zda etalonem je zdroj veličiny (generování) nebo měřidlo veličiny (měření). Tento účel plní v současné POA sloupec „principy kalibrace“. Spolu se sloupcem „Kalibrovaná veličina/předmět kalibrace“ má dávat jednoznačnou informaci, co je předmětem kalibrace a co je etalonem (etalony), a navíc informaci, jak (na jakém principu) se kalibrace uskutečňuje.

Jinou, abstraktnější formou popisu etalonu může být jeho vztah k hodnotě veličiny, tedy etalon jako realizace hodnoty (koncová měřka, zdroj napětí, pevný bod teplotní stupnice) nebo etalon jako indikace hodnoty (posuvné měřítko, voltmetr, teploměr).

Shrnutí:

- a) Veličinu generujeme = etalonem je zdroj veličiny
- b) Veličinu měříme = etalonem je měřidlo veličiny

## 6.2. Základní uspořádání při kalibraci elektrických veličin

1:

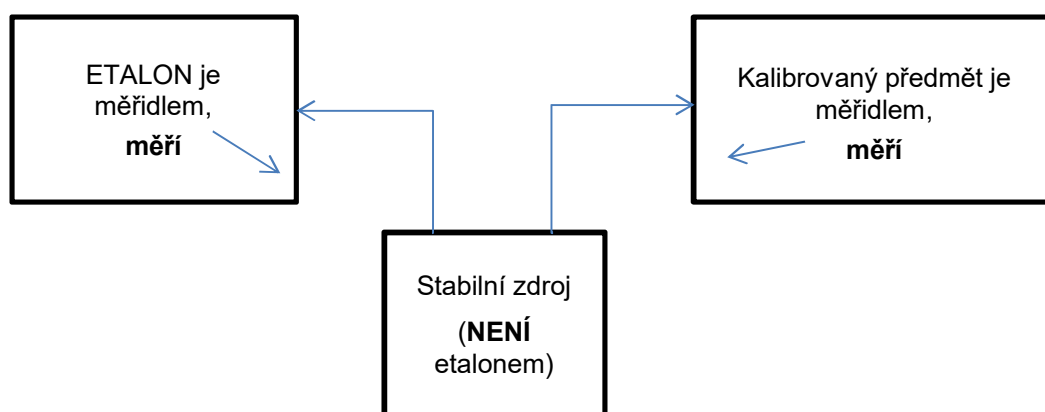


Schéma 1

2:

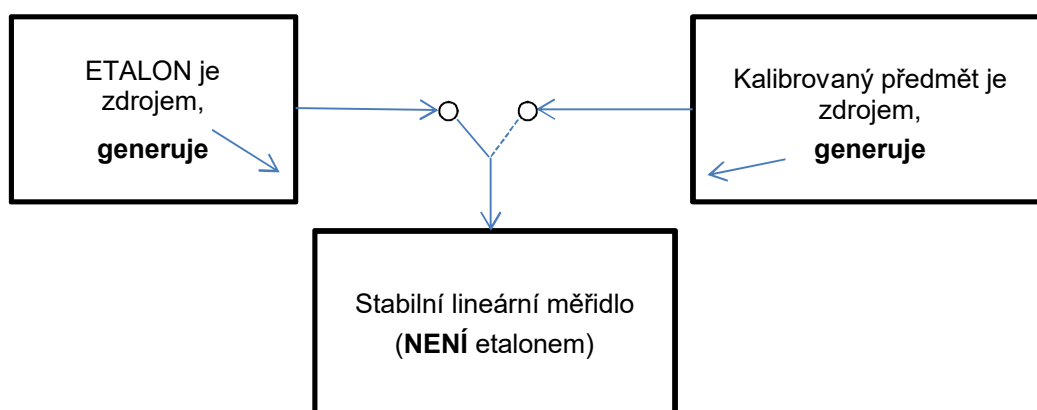


Schéma 2

3:



Schéma 3

4:



Schéma 4

### 6.2.1. Porovnání versus měření

Chceme-li dojít k tomu, jaký pojem při uvádění principu kalibrace použít, začněme takříkajíc „od Adama“ - co je kalibrace:

**Slovník VIM 3:** „kalibrace je činnost, která za specifikovaných podmínek v prvním kroku stanoví vztah mezi hodnotami veličiny s nejistotami měření poskytnutými etalony a odpovídajícími indikacemi s přidruženými nejistotami měření a ve druhém kroku použije tyto informace ke stanovení vztahu pro získání výsledku měření z indikace“.

„**Polidštěno**“: „kalibrace je porovnání hodnoty etalonu s hodnotou kalibrovaného předmětu“.

„**Polidštěno**“ a **zestručněno**: „(kalibrace je) porovnání s etalonem“

Z hlediska definice je tudíž každá kalibrace porovnáním s etalonem. Jestliže se tedy v principu kalibrace uvede „porovnání s etalonem“, nelze to nijak rozporovat. Takováto formulace však nepřináší žádnou přidanou hodnotu, nenesou novou informaci. Aby vyjádření „Principu kalibrace“ plnilo účel, musí přinášet něco nového, novou informaci, která doposud v POA nebyla.

### 6.3. „Naturel“ etalonu a kalibrovaného předmětu, východiska pro formulaci principu kalibrace

Z fyzikálně-technické podstaty (naturelu) existují pouze 2 skupiny etalonů i kalibrovaných předmětů:

- 1) Generátory veličiny (zdroje)
- 2) Senzory veličiny (měřidla)

Aby se formulace principu kalibrace co nejvíce sjednotila, je třeba vystihnout podstatu kalibrace co nejjednodušeji. V samé podstatě, podle „naturelů“ etalonu a kalibrovaného předmětu, tak existují „pouze“ 2 možné situace:

- 1) Porovnání stejných naturelů
- 2) Porovnání opačných naturelů

Každé ze situací, každé z obou podstat je účelné přiřadit jiný pojem – klíčové slovo, fundament kalibrace, aby se již na první pohled rozlišily obě situace, a bylo jasné, o které z obou porovnání se jedná.

Z přirozeného vyjadřovacího významu českých slov vyplývá, že pokud hovoříme o srovnání, porovnání, máme na mysli porovnání navzájem blízkých, podobných nebo stejných věcí, vlastností, charakterů, nebo třeba pohlaví. (Např. v soutěži o „Miss“ nebo „Missáka“ porota vždy vybírá tu „nej“ mezi samými dívkami, nebo toho „nej“ mezi samými muži, porovnává tedy jedinec pouze stejného pohlaví – naturelu.) Je tedy logické použít termín **porovnání** pro situaci 1).

Situace 2) odpovídá schémátům č. 3 nebo 4, tedy když jeden z páru „etalon – kalibrovaný předmět“ **měří**, druhý **generuje**. Je tedy logické použít termín **měření** nebo **generování**.

Stačí proto ke každé z obou situací přiřadit jednoznačně a jednotně tentýž pojem – „klíčové“ slovo a dostáváme „fundament“ principu kalibrace:

Přehledně lze výše popsané znázornit v následující tabulce – Tabulka 1.

Pořadové číslo	Předmět kalibrace	Etalon	Fundament kalibrace
1	Měřidlo	Měřidlo	Porovnání
2	Zdroj	Zdroj	
3	Měřidlo	Zdroj	Měření / generování
4	Zdroj	Měřidlo	

**Tabulka 1: Elementární situace při kalibraci a přiřazení klíčových slov**

U pořadových čísel č. 1 a 2 jde vždy o porovnání (v pravém slova smyslu), porovnává se stejné se stejným.



U pořadových čísel 3 a 4 záleží, ze které strany se díváme (viz též schémata 1 až 4). U č. 3 z pohledu etalonu jde o generování, z pohledu kalibrovaného předmětu jde o měření. Naopak u č. 4 jde z pohledu etalonu o měření, z pohledu kalibrovaného předmětu o generování. Tabulka 1 pak přechází v Tabulku 2:

Pořadové číslo	Předmět kalibrace	Etalon	Pohled ze strany etalonu	Pohled ze strany kalibrovaného předmětu
1	Měřidlo	Měřidlo	Porovnání	Porovnání
2	Zdroj	Zdroj		
3	Měřidlo	Zdroj	Generování	Měření
4	Zdroj	Měřidlo	Měření	Generování

**Tabulka 2**

Situace 1 a 2 zůstávají beze změny. U situace 4 se pojem generování, čili pohledu ze strany kalibrovaného předmětu, nepoužívá. Nejsložitější zůstává situace 3. Ve starých POA se pro ni používalo „generování“ uvedené jako samostatné slovo ve sloupci „veličina“, v nové verzi POA se do tohoto sloupce uvádí kromě veličiny i kalibrovaný předmět (např. multimetry) a pojem generování (ani měření) do tohoto sloupce nepatří.



## 7. UVÁDĚNÍ PRINCIPU KALIBRACE V POA

### 7.1. Úvod

Aby princip kalibrace splnil účel a přinesl přidanou informační hodnotu, musí jeho formulace:

1. dát jednoznačnou a jasnou informaci o podstatě kalibrace,
2. být stručná,
3. být výstižná.

Z principu kalibrace a dalších informací v POA by mělo být zřejmé:

- 1) Základní informace:
  - Co se kalibruje (uvedeno v sloupci „Kalibrovaná veličina/předmět kalibrace“)
  - Co je etalonem
  - Co etalon dělá – zda generuje nebo měří.
  - Co se děje s kalibrovaným předmětem – zda je porovnáván nebo měřen, tedy podstata, kalibrace.
- 2) Užitečné je, aby z principu kalibrace byly zřejmé další informace:
  - Jakým způsobem je porovnání nebo měření prováděno (přímé měření etalonovým multimetrem, nepřímé měření etalonovým bočником a voltmetrem....)
  - Pokud je to důležité, pak také použité „medium“ při kalibraci (konstantní napětí, konstantní proud)

Poznámka: Do POA se nedoporučuje uvádět pojem „Generování“ či „Měření“ způsobem, jako tomu bylo ve starých POA, tedy jako samostatně stojící slovo. Někdy to v kombinaci s nejasně uvedeným principem kalibrace může dokonce mást. Zda se jedná o generování (veličiny etalonem) nebo měření (veličiny etalonem) bude explicitně vyjádřeno přímo v principu kalibrace nebo vyplyne z ostatních informací. V žádném případě by se pojem „generování“ či „měření“ neměl objevovat ve sloupci „Parametr“ ani ve sloupci „Kalibrovaný předmět“.

### 7.2. Současný stav POA a uvádění principů kalibrace

První z Přílohy OA, vytvořené podle nového vzoru, měly princip kalibrace popsán tím nejjednodušším způsobem, sice ne nesprávně, ale s prakticky nulovou informační hodnotou. V příkladu POA 1 je vidět v jediném případě jakési upřesnění: „generování“.



Poř. číslo <sup>1</sup>	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření <sup>2</sup>	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu <sup>3</sup>	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
	Střídavý výkon wattmetry, analyzátoři sítí, revizní přístroje	1 W	až	105 kW		cosφ 0,5 až 1, U = 30 V až 500 V I = 0,02 A až 200 A 50 Hz až 60 Hz	0,060 %	Porovnání s etalonem	MKE-W1 MKE-SRP.1	
6*	Elektrický odpor / multimetry, rezistory, ohmometry, odporové dekády, kalibrátory, revizní přístroje						0,0080 % 0,0020 % 0,0025 % 0,0025 %	Porovnání s etalonem generování	MKE-RSS1 MKE-SRP.1	
							0,0020 % 0,0025 % 0,0020 % 0,0015 % 0,0015 % 0,0020 % 0,0035 %	Porovnání s etalonem	MKE-RSS1 MKE-SRP.1	
							0,0050 % 0,0050 % 0,010 %	Porovnání s etalonem	MKE-RSS1 MKE-SRP.1	
		0,1 mΩ	až	0,2 mΩ			0,040 %	Porovnání s etalonem	MKE-RSS1	
		0,2 Ω	až	0,5 mΩ			0,0080 %		MKE-SRP.1	
		0,5 mΩ	až	0,9 mΩ			0,0060 %			
		0,9 mΩ	až	5 Ω			0,0040 %			

## POA 1

**Komentář:** Princip kalibrace nedává žádnou novou informaci – jenom opakuje (zestručněnou) definici kalibrace. Není zřejmé, jaký rozdíl je myšlen mezi „Porovnání etalonem, generování“ a následným pouhým „Porovnání s etalonem“. Lze se domnívat, že se týká kalibrace zdrojů odporu i měřidel odporu: provádí se pomocí etalonů odporu (zdrojů, tedy generátorů veličiny), se kterými jsou porovnávány kalibrované rezistory, a jindy jsou principem „porovnání s etalonem, generování“ kalibrovány ohmometry/multimetry, které přímo měří etalony odporu (zdroje veličiny).

V průběhu akreditace dalších laboratoří se uvádění principu kalibrace precizovalo, takže informační hodnota byla vyšší, ale vlastní informace není jednoznačná.

### CMC pro obor měřené veličiny: Elektrické veličiny

Poř. číslo <sup>1</sup>	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření <sup>2</sup>	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu <sup>3</sup>	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
1*	Stejnosměrné napětí / Měřidla stejnosměrného napětí	0 mV	až	20 mV			15 · 10 <sup>-6</sup> · U + 0,05 μV 5,0 · 10 <sup>-6</sup> · U 2,6 · 10 <sup>-6</sup> · U 2,1 · 10 <sup>-6</sup> · U 1,5 μV 2,9 · 10 <sup>-6</sup> · U	Porovnání s kalibrátorem nebo měření multimetrem	611-MP-C097, 611-MP-C098	1,7
		20 mV	až	200 mV						
		200 mV	až	2 V						
		2 V	až	20 V						
		10 V	až	10 V						
		20 V	až	1 100 V						

## POA 2

### Komentář:

Z předmětu kalibrace plyne, že se kalibrují měřidla. Dále z principu kalibrace plyne, že se kalibrují tak, že jsou přímo připojena ke kalibrátoru napětí jakožto etalonu a hodnota kalibrovaného měřidla se porovnává s hodnotou kalibrátoru. Ze slůvka „nebo“ plyne, že:

- alternativně se kalibruje také tak, že etalonem je multimetr, kterým se měří zdroj (stabilního) napětí, na který je také současně připojeno kalibrované měřidlo,



- anebo je myšlena, byť v předmětu kalibrace nejsou uvedeny, kalibrace zdrojů napětí přímým měřením multimetrem. V dalším pokračování téže přílohy se totiž v předmětu kalibrace „zdroje stejnosměrného napětí“ nevyskytují.

### 7.3. Texty principů z již vystavených POA, řazené abecedně

- Digitálním vzorkováním signálu
- Generování - Přímé porovnání s etalonem
- Generování a měření pomocí Fluke 5320A
- Generování kalibrátorem
- Generování pomocí etalonů indukčnosti
- Generování pomocí etalonů kapacity
- Generování v rovině připojovacího BNC konektoru etalonu při zatěžovací impedanci 50 Ω
- Měření analyzátozem modulace
- Měření digitálním vzorkovacím wattmetrem
- Měření intenzity magnetického pole etalonové antény
- Měření multimetrem
- Měření na kalibrátoru fáze a impedančního děliče
- Měření pomocí etalonového wattmetru nebo selektivního měřiče
- Měření pomocí kalibrátoru osciloskopů
- Měření pomocí osciloskopu
- Měření pomocí termoelektrického senzoru
- Měření přenosu dvou identických antén
- Měření přizpůsobovacího obvodu
- Měření s klešťovým ampérmetrem
- Měření sadou etalonových odporů
- Metoda tří antén
- Nepřímé měření
- Nepřímé měření etalonovým kalibrátorem a etalonovým multimetrem
- Pomocí digitálního vzorkování signálu
- Porovnání nebo měření pomocí impedančního děliče
- Porovnání s etalonem
- Porovnání s etalonem generování
- Porovnání s etalonem měření
- Porovnání s etalonem měření - Měření v rovině N konektoru etalonu při zatěžovací impedanci 50Ω
- Porovnání s etalonem nebo s kalibrátorem revizních přístrojů
- Porovnání s etalonem pomocí impedančního mostu
- Porovnání s etalonem pomocí impedančního mostu
- Porovnání s etalonovou dekádou
- Porovnání s etalonovou odporovou dekádou
- Porovnání s etalonovým multimetrem
- Porovnání s etalonovým odporem
- Porovnání s etalonovým odporem nebo přímé měření multimetrem
- porovnání s kalibrátorem
- porovnání s kalibrátorem / etalonovými odpory
- Porovnání s kalibrátorem elektrickou cestou
- Porovnání s kalibrátorem nebo měření multimetrem
- Porovnání s kalibrátorem nebo s odporovou dekádou nebo měření multimetrem
- Porovnání s měřícím transformátorem
- Porovnání s měřícím transformátorem proudu

- Porovnání s multimetrem
- Porovnání s napěťovou referencí pomocí odporového děliče
- Porovnání s referenčním multimetrem (např. Keithley 2000)
- Porovnání s vn děličem
- Přímé porovnání s etalonem
- Přímé generování ekvivalentního jednosměrného napětí pro TC – bez kompenzace studeného konce
- Přímé generování ekvivalentního odporu pro RTD
- Přímé generování nebo porovnání s etalonem
- Přímé generování pomocí proudové cívky
- Přímé měření ekvivalentního jednosměrného napětí pro TC – bez kompenzace studeného konce
- Přímé měření ekvivalentního odporu pro RTD
- Přímé měření etalonového kalibrátoru
- Přímé měření etalonového kalibrátoru
- Přímé měření etalonovým multimetrem
- Přímé měření kalibrátoru napětí, přímé měření voltmetrem
- Přímé měření kalibrátoru odporu, přímé měření ohmmetrem
- Přímé měření kalibrátoru proudu, přímé měření ampérmetrem
- Přímé měření kilovoltmetrem
- Přímé měření klešťovým ampérmetrem
- Přímé měření multimetrem
- Přímé měření pomocí HV adaptéru nebo VN sondy
- Přímé měření výkonu (generovaného etalonem) na měřicím (měřeném) přijímači a určení rozdílů (odchylek) od etalonu
- Přímé porovnání s etalonem
- Simulace kalibrátorem
- Simulace pH napětím
- Simulace proudovou cívkou
- Simulace vodivosti odporem
- Substituční metoda

#### 7.4. Příklady ze zahraničí

Na Slovensku je struktura POA obdobná jako nová POA u nás. Z principu kalibrace v POA 3 je zřejmé, že měřidla napětí se kalibrují tak, že jsou přímo připojena na etalonový kalibrátor, nebo jsou připojena ke stabilnímu zdroji napětí, který je měřen etalonovým multimetrem. Není zde žádná nejednoznačnost principu.



# Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Strana: 18/38

Zpracoval:  
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:  
23.10.2020

Priloha k rozhodnutiu č. 066/8631/2020/2 a k Osvedčeniu o akreditácii č. K-004 zo dňa 25.09.2020.

Priloha je neoddeliteľnou súčasťou  
uvedeného osvedčenia

Položka	Druh meradla, meracieho prostriedku	Merací rozsah		Rozšírená neistota $U$ ( $k=2$ )	Zavedené metódy		Ostatné špecifikácie
					Druh/Princip	Označenie	
1	Meradlá jednosmerného napätia	1,9 V	až 2,2 V	$5,9 \cdot 10^{-6}$ V	Priame meranie s kalibrátorom, priame porovnanie s multimetrom	PP4.11.1-001 PP4.11.1-002 PP4.11.1-004 PP4.11.1-006	Kalibrácia v stálom laboratóriu a na mieste u zákazníka
		2,2 V	až 2,4 V	$6,2 \cdot 10^{-6}$ V			
		2,4 V	až 2,6 V	$7,0 \cdot 10^{-6}$ V			
		2,6 V	až 2,8 V	$7,3 \cdot 10^{-6}$ V			
		2,8 V	až 3 V	$1,1 \cdot 10^{-5}$ V			
		3 V	až 4 V	$1,2 \cdot 10^{-5}$ V			
		4 V	až 5 V	$1,3 \cdot 10^{-5}$ V			
		5 V	až 6 V	$1,6 \cdot 10^{-5}$ V			
		6 V	až 7 V	$1,7 \cdot 10^{-5}$ V			
		7 V	až 8 V	$2,2 \cdot 10^{-5}$ V			
		8 V	až 9 V	$2,3 \cdot 10^{-5}$ V			
		9 V	až 10 V	$2,4 \cdot 10^{-5}$ V			
		10 V	až 12 V	$2,9 \cdot 10^{-5}$ V			
		12 V	až 15 V	$3,5 \cdot 10^{-5}$ V			
		15 V	až 19 V	$4,4 \cdot 10^{-5}$ V			
		19 V	až 30 V	$9,5 \cdot 10^{-5}$ V			
		30 V	až 40 V	$1,2 \cdot 10^{-4}$ V			
		40 V	až 50 V	$1,4 \cdot 10^{-4}$ V			
		50 V	až 60 V	$2,6 \cdot 10^{-4}$ V			
		60 V	až 70 V	$2,7 \cdot 10^{-4}$ V			
		70 V	až 80 V	$2,9 \cdot 10^{-4}$ V			
		80 V	až 90 V	$3,1 \cdot 10^{-4}$ V			
		90 V	až 100 V	$3,2 \cdot 10^{-4}$ V			
		100 V	až 120 V	$3,6 \cdot 10^{-4}$ V			
		120 V	až 140 V	$4,0 \cdot 10^{-4}$ V			
		140 V	až 160 V	$5,5 \cdot 10^{-4}$ V			
		160 V	až 180 V	$5,8 \cdot 10^{-4}$ V			
		180 V	až 190 V	$6,0 \cdot 10^{-4}$ V			
190 V	až 200 V	$6,2 \cdot 10^{-4}$ V					
200 V	až 220 V	$1,1 \cdot 10^{-3}$ V					
220 V	až 240 V	$1,2 \cdot 10^{-3}$ V					
240 V	až 260 V	$1,2 \cdot 10^{-3}$ V					

## POA 3

Ještě do větší podrobnosti jde ve svých POA francouzský Národní akreditační orgán COFRAC, kde POA uvádí zvlášť princip kalibrace, zvlášť použitý etalon.

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / Courant continu / Résistance électrique							
Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Résistance	Résistance électrique	Courant continu	1 $\Omega$ à 10 k $\Omega$	$3 \cdot 10^{-5}$ R	Méthode potentiométrique	Résistances étalons FLUKE 742A Multimètre HP3458A	Procédure DGA EP 315012 S-CAT
Ohmmètre			■ 1 $\Omega$	40 $\mu\Omega$	Mesure directe	Résistance étalon	Instruction technique DGA EP IT013 MCE
			■ 10 $\Omega$	100 $\mu\Omega$			
			■ 100 $\Omega$	1,5 m $\Omega$			
			■ 1 k $\Omega$	10 m $\Omega$			
	■ 10 k $\Omega$	100 m $\Omega$					

■ : Valeurs ponctuelles

R est la valeur de résistance électrique exprimée en unité légale. Les incertitudes élargies sont égales à deux fois les incertitudes-types estimées.

## POA 4

**Výklad:** Kalibrují se zdroje a měřidla stejnosměrného odporu („Objet“ + „Caractéristique mesurée ou recherchée“ + „Domaine d'application“). Zdroje se kalibrují porovnáním s (etalonovým) odporem pomocí multimetru („Méthode potentiométrique“), uvedeny i konkrétní typy etalonů. Ohmmetry se kalibrují přímým měřením etalonových odporů („Mesure directe“ + „Résistance étalon“).

## 7.5. Tvorba formulace principu kalibrace pro základní typy kalibračních (jeden etalon)

Cílem je, aby v POA uváděné principy kalibrace byly porovnatelné. Proto je žádoucí, aby stejné metody kalibrace byly popsány stejnou formulací ve sloupci „Princip kalibrace“. Toho lze dosáhnout rozložením formulace principu kalibrace na elementární kroky:

1. **Přiřadit fundament – název kalibrace** (pomůckou může být tabulka Tab. 2 a také zásada, že porovnávat lze stejné se stejným. A naopak nelze srovnávat „hrušky s jablky“).

Pořadové číslo	Předmět kalibrace	Etalon	Pohled ze strany etalonu	Pohled ze strany kalibrovaného předmětu
1	Měřidlo	Měřidlo	Porovnání	Porovnání
2	Zdroj	Zdroj		
3	Měřidlo	Zdroj	Generování	Měření
4	Zdroj	Měřidlo	Měření	

Tabulka 2 – kopie

2. **Přiřadit k názvu principu etalon** (obecně – etalonový multimetr, etalon odporu..., případně i typově – Fluke 5220A, Agilent 3458A.....).  
V tabulce Tabulka 3 tak formulace principu kalibrace tak již nabývá základní obrysy.

Předmět kalibrace	Etalon	Název ze strany etalonu (co etalon dělá)	Název ze strany kalibrovaného předmětu (co dělá)	Etalon (druh)
Měřidlo	Měřidlo	Porovnání	Porovnání	Multimetr
Zdroj	Zdroj			Kalibrátor
Měřidlo	Zdroj	Generování		Kalibrátor
			Měření	Kalibrátor
Zdroj	Měřidlo	Měření		Multimetr

Tabulka 3

### 3. Doplnit k názvu přívlastek (pokud je to účelné).

Použití přívlastku „přímé“ má samozřejmě své opodstatnění. Ale jak jej správně použít:

O „přímé“ se jedná tehdy, jestliže etalon přímo připojen ke kalibrovanému předmětu „dvěma dráty“ a hodnota kalibrovaného předmětu přímo odpovídá hodnotě etalonu. Příklad: na kalibrátoru je nastaveno stejnosměrné napětí o hodnotě 1 V a u kalibrovaného předmětu očekáváme hodnotu rovněž 1 V stejnosměrného napětí. Přímé může být jak porovnání tak měření.

Když kalibrovaný předmět dává (generuje nebo měří) jinou veličinu než etalon, jde o „nepřímé“. Typickým příkladem je měření proudu pomocí bočnicku: kalibrovaný předmět generuje proud, etalon měří napětí. O nepřímé jde ovšem i v případě, kde veličina je stejná. Například kalibrace klešťového ampérmetru pomocí kalibrátoru a proudové cívky: kalibrovaný předmět neměří skutečný, přímý proud, ale proud simulovaný proudovou cívkou, kterou prochází násobně menší proud.

„Přímé“ a „nepřímé“ nejsou pochopitelně jediné možné přívlastky. Dalšími mohou být například „poměrové“ nebo „substituční“ (porovnání substitucí) – jak bude ukázáno dále na konkrétních kalibracích.

### 4. Dokončit formulaci

Čeština díky své bohatosti a ohebnosti poskytuje vynikající možnosti, jak pomocí pádových předložek a koncovek jednoznačně, přesně a stručně vyjádřit co, čím a jak se kalibruje, jak přehledně ukazuje tabulka 4.

	Předmět kalibrace	Etalon	Přívlastek	Název ze strany etalonu (co etalon dělá)	Název ze strany kalibrovaného předmětu (co dělá)	Etalon (jak je použit)
1	Měřidlo	Měřidlo	(přímé)	porovnání		s etalonový multimetrem
2	Zdroj	Zdroj		porovnání		s etalonovým kalibrátorem
3a	Měřidlo	Zdroj	přímé	generování		etalonovým kalibrátorem
3b			přímé		měření	etalonového kalibrátoru
4	Zdroj	Měřidlo	přímé	měření		etalonovým multimetrem

**Tabulka 4**

Formulace podle tabulky Tabulka 4 umožňují vyjádřit princip kalibrace pro velkou část nejběžnějších kalibrací elektrických veličin. V případech 1 a 2 je formulace zcela jednoznačná a není sporu o tom, že se jedná o porovnání. U případu 3 jsou četné názory, že i sem patří název porovnání. V souladu s nimi se také v řadě POA objevuje „porovnání



s kalibrátorem“ a „porovnání s multimetrem“. V týchž POA pak bývá pro případ 4 užitá formulace „(přímé) měření multimetrem“. Ztrácí se tak ale rozdíl mezi situacemi, kdy se porovnávají „hrušky s hruškami“ a kdy „hrušky s jablky“. Pak vyvstává logická otázka, proč, když právě jeden z členů „předmět kalibrace“ / „etalon“ je měřidlem (stejně jako u případu 4), nepoužít i stejný název principu.

Ve smyslu definice to ovšem porovnání je. Jde však o to rozlišit právě případy, kdy každá z porovnávaných stran má opačnou fyzikální funkci (viz výše „naturel“). Zcela přesnou formulací by mohlo pak být: „Porovnání s kalibrátorem přímým změřením jeho hodnoty“. Což je však poněkud krkolomné a každopádně nikoliv stručné (byť jednoznačné). Přesto ale u případu 3, jak plyne již z tabulek 3 a 4, existují dvě možnosti vyjádření, podle toho, ze které strany (etalonu nebo kalibrovaného předmětu) se princip kalibrace nazve. Možnost 3a zachovává jednotnost pohledu – ze strany etalonu – a zároveň zachovává zvyklost ze starých POA rozlišovat „generování“ a „měření“ pomocí stejných pojmů, aniž by přitom utrpěla jednoznačnost formulace. Současně vylučuje použití těchto pojmů na jiném místě v POA, než ve sloupci „Princip kalibrace“.

V zájmu jednotnosti pohledu (ze strany etalonu/kalibrovaného předmětu) upřednostňujeme možnost 3a – „(přímé) generování etalonovým kalibrátorem“. Na druhou stranu je třeba uvažovat v širším kontextu dalších veličin. Například analogickou kalibrací k případu 3, kdy etalonem je zdroj (realizace hodnoty) a kalibrovaným předmětem měřidlo, je kalibrace teploměru v trojném bodě vody. V tomto případě by analogický název principu „(přímé) generování teploty trojným bodem vody“ zněl poněkud zvláště. Používá se proto názvu: „přímé měření teploty trojného bodu vody“. Stejně tak je rozumné použít tuto možnost, která odpovídá řádku 3b tabulky Tabulka 4, k formulaci principu „přímé měření...“ Pakliže se použije správného pádu („etalonového kalibrátoru“, alternativně „na etalonovém kalibrátoru“), nemělo by být o jednoznačnosti principu kalibrace rovněž pochyb. Tato formulace je i hojně používanou a bezesporu srozumitelnou formulací principu kalibrace

## 8. Příklady stávajících POA a jejich transformace

V duchu popsaných zásad je nyní možno transformovat principy kalibrace v dosavadních POA do podoby s vysokou mírou jednotnosti, jak ukáží následující příklady:

Poznámka: V transformovaných POA jsou pro tento výklad vynechány nedůležité poslední dva sloupce.

### 8.1. Příklad 1.

a) Současný stav:

3*	Střídavé napětí	0 mV až 200 mV	měření	10 Hz až 40 Hz 40 Hz až 10 kHz 10 kHz až 30 kHz 30 kHz až 100 kHz	0,061 % + 19 μV 0,026 % + 16 μV 0,058 % + 17 μV 0,13 % + 66 μV	Přímé porovnání s etalonem	KP-PB-112	5, 2
----	-----------------	----------------	--------	--	---	----------------------------	-----------	------



Komentář:

- „měření“ nepatří do parametrů, parametrem je zde pouze frekvence. Obecně je parametrem to, co má vliv na nejistotu měření a lze to vyjádřit číselnou hodnotou.
- není jasné, zda kalibrovaným předmětem jsou měřidla či zdroje (patrně zdroje)
- jde o porovnání nebo měření?

b)Transformovaný stav:

3*	Střídavé napětí/zdroje střídavého napětí	0 mV až 200 mV	10 Hz až 40 Hz 40 Hz až 10 kHz 10 kHz až 30 kHz 30 kHz až 100 kHz	0,061% + 19 μV 0,026 % +16 μV 0,058 % + 17 μV 0,13 % + 66 μV	Přímé měření etalonovým multimetrem
----	--	----------------	--	---	-------------------------------------

POA 5a

8.2. Příklad 2.

Poř. číslo <sup>1</sup>	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah		Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření <sup>2</sup>	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu <sup>3</sup>	Pracoviště
		min	max					
6*	Stojnsměrné napětí / měřidla stojnsměrného napětí	0 mV	220 mV		0,00075 % + 0,4 μV 0,00048 % + 0,7 μV 0,00044 % 0,00037 % 0,00065 % 0,00081 %	Generování kalibrátorem nebo měřením	LIII-001	

POA 6

Komentář:

- zatímco „Generování kalibrátorem“ je naprosto jasné, co se myslí „nebo měřením“ není zřejmé. Pravděpodobně jde o alternativní princip „porovnávací měření multimetrem“, který je jen neobratně formulován.

b)Transformovaný stav:

6*	Stojnsměrné napětí/měřidla stojnsměrného napětí	0 mV až 220 mV 220 mV až 2,2 V 2,2 V až 11 V 11 V až 22 V		0,00075% + 0,4 μV 0,00048 % +0,7 μV 0,00044 % 0,00037 %	Generování etalonovým kalibrátorem nebo porovnání s etalonovým multimetrem
----	---	--	--	--	--

POA 6a

### 8.3. Příklad 3:

Současný stav: POA ve starém tvaru:

**Kalibrace:**

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

Pořadové číslo <sup>1)</sup>	Měřená veličina a rozsah měření	Frekvence	Měřicí schopnost kalibrace $[\pm] ^2)$	Identifikace kalibračního postupu		
1	<b>Stejnosměrné napětí</b> Měření			TP1, TP21		
	0 mV až 20 mV		0,50 $\mu\text{V}$			
	20 mV až 50 mV		0,0011 %			
	50 mV až 100 mV		0,00068 %			
	100 mV až 200 mV		0,00057 %			
	200 mV až 500 mV		0,00052 %			
	500 mV až 1 V		0,00038 %			
	1 V až 2 V		0,00034 %			
	2 V až 5 V		0,00051 %			
	5 V až 10 V		0,00038 %			
	10 V až 20 V		0,00034 %			
	20 V až 50 V		0,00064 %			
	50 V až 100 V		0,00051 %			
	100 V až 200 V		0,00047 %			
	200 V až 500 V		0,00070 %			
	500 V až 1000 V		0,00055 %			
		<b>Stejnosměrné napětí</b> Generování				TP1, TP21
		10 $\mu\text{V}$ až 20 mV			0,9 $\mu\text{V}$	
		20 mV až 50 mV			0,0039 %	
		50 mV až 100 mV			0,0021 %	
		100 mV až 200 mV			0,0015 %	
	200 mV až 500 mV		0,0013 %			
	500 mV až 1 V		0,0009 %			
	1 V až 2 V		0,00078 %			
	2 V až 5 V		0,00073 %			
	5 V až 10 V		0,00057 %			
	10 V až 20 V		0,00052 %			
	20 V až 50 V		0,0011 %			
	50 V až 100 V		0,0009 %			
	100 V až 200 V		0,0008 %			
	200 V až 500 V		0,0013 %			
	500 V až 1000 V		0,0011 %			

### POA 7

Komentář: Stále ještě existuje určitý počet POA v původním tvaru. Transformace do nového je v tomto příkladu jednoduchá: původnímu „měření“ odpovídá princip přímé měření a kalibrovaným předmětem jsou zdroje napětí. Původnímu „generování“ odpovídá (přímé)



generování, alternativně – při pohledu ze strany kalibrovaného předmětu - lze použít „přímé měření etalonového kalibrátoru“ ze strany kalibrovaným předmětem jsou měřidla napětí.

Transformovaný stav:

1	Stejnoseměrné napětí/zdroje, kalibrátory.....	10 $\mu$ V až 20 mV 20 mV až 50 mV 50 mV až 100 mV atd.		0,9 $\mu$ V 0,0039 % 0,0021 % atd.	Přímé měření etalonovým multimetrem
---	---	--	--	---	-------------------------------------

	Stejnoseměrné napětí/multimetry, voltmetry.....	0 mV až 20 mV 20 mV až 50 mV 50 mV až 100 mV atd.		0,50 $\mu$ V 0,11 % 0,00068 % atd.	(Přímé) generování etalonovým kalibrátorem
--	---	--	--	---	--

POA 7a

#### 8.4. Tvorba formulace principu kalibrace pro kalibrace se dvěma etalony

Na následujícím příkladu POA (POA 8) vidíme v minulosti hodně, dnes již málo používaný princip kalibrace měřidel napětí.

2	Stejnoseměrné napětí / Měřidla stejnosměrného napětí	0 V až 2 V 2 V až 20 V 20 V až 1 100 V 0 V až 2 V 2 V až 20 V 10 V až 10 V 20 V až 1 100 V		$1,5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,05 \mu\text{V}$ $0,8 \cdot 10^{-6} \cdot U$ $1,6 \cdot 10^{-6} \cdot U$ $2,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,10 \mu\text{V}$ $1,6 \cdot 10^{-6} \cdot U$ 1,5 $\mu$ V $2,0 \cdot 10^{-6} \cdot U$	Porovnání s napětovou referencí pomocí odporového děliče	611-MP-C005	7
---	---	--	--	---	--	-------------	---

POA 8

Jsou použity dva etalony, na jejichž hodnotě závisí výsledek kalibrace:

- napětová reference
- odporový dělič

Protože kalibrovaným předmětem je měřidlo a etalonem zdroj (napětová reference), jedná se v souladu s tabulkou Tab. 2, řádek 3 o generování/měření etalonového napětí (vytvářeného – generovaného – napětíovou referencí a odporovým děličem). Je však pravda, že vyjádření principu kalibrace není v tomto případě úplně jednoduché.

Začněme proto jednodušším a také běžnějším případem: kalibrace proudu pomocí proudového bočníku. Nejčastějším je kalibrace zdroje velkého proudu etalonovým měřidlem (voltmetrem s bočníkem).

Obecné schéma 4 z kap. 3 se přetransformuje na následující zpřesněné:

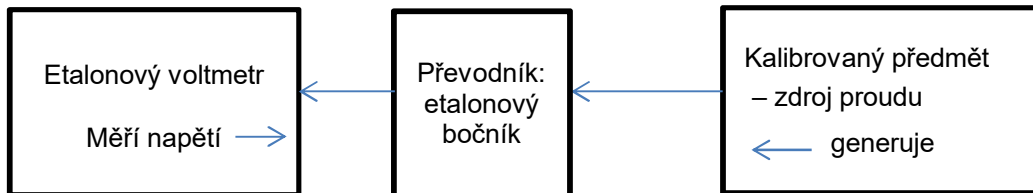


Schéma 5

Etalonový voltmetr nezobrazuje přímo hodnotu proudu, ale hodnotu napětí, odpovídající proudu protékajícímu bočníkem. Neměří přímou veličinu kalibrovaného předmětu, jde proto o měření nepřímé.

Situací v obráceném gardu je kalibrace klešťového ampérmetru proudu v řádech stovek ampér. Kalibrace přímým proudem je náročná na technické vybavení, proto se používá zdroje etalonového proudu a proudové cívky, která je převodníkem proudu na magnetické pole, odpovídající násobnému proudu. Ze schémat v kap. 3 tomu odpovídá Schéma 3, transformované na následující Schéma 6.

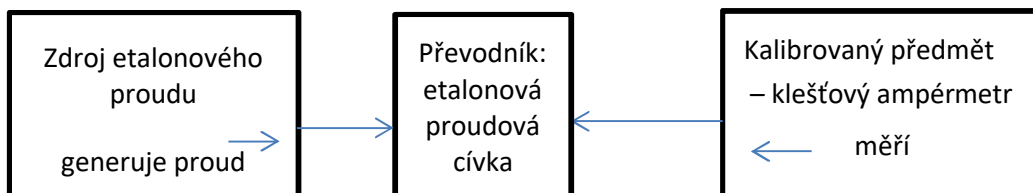


Schéma 6

Tabulka Tab. 2 by pak měla v řádcích 3 a 4 následující podobu:

Schéma	Předmět kalibrace	Etalon	Přívlastek	Název ze strany etalonu (co etalon dělá)	Název ze strany kalibrovaného předmětu (co dělá)	Etalon(y) + jak jsou použity
5	Zdroj	Měřidlo	nepřímé	měření		pomocí etalonového bočníku s multimetrem
6	Měřidlo	Zdroj	nepřímé	generování		pomocí etalonového kalibrátoru s proudovou cívkou

Tabulka 5

Pro schéma 6 se „nepřímé generování“ v praxi nahrazuje termín „simulace“.

Vraťme se k příkladu z POA 8 v úvodu tohoto odstavce. Podle pravidel pro tvorbu principu kalibrace by zde nemělo být použito pojmu „porovnání“ – etalon (zdroj) a kalibrovaný předmět (měřidlo) nejsou stejného naturelu. Principem podle výše popsaných pravidel by zde bylo: „Generování etalonového napětí pomocí napěťové reference s odporovým děličem“.

### 8.5. Tvorba formulace principu kalibrace pro kalibrace s více etalony

V elektrických veličinách nejsou neobvyklé ani kalibrace za pomoci více etalonů. Například kalibraci stejnosměrného wattmetru, pokud není k dispozici kalibrátor výkonu, lze provést v zapojení podle schématu 7.

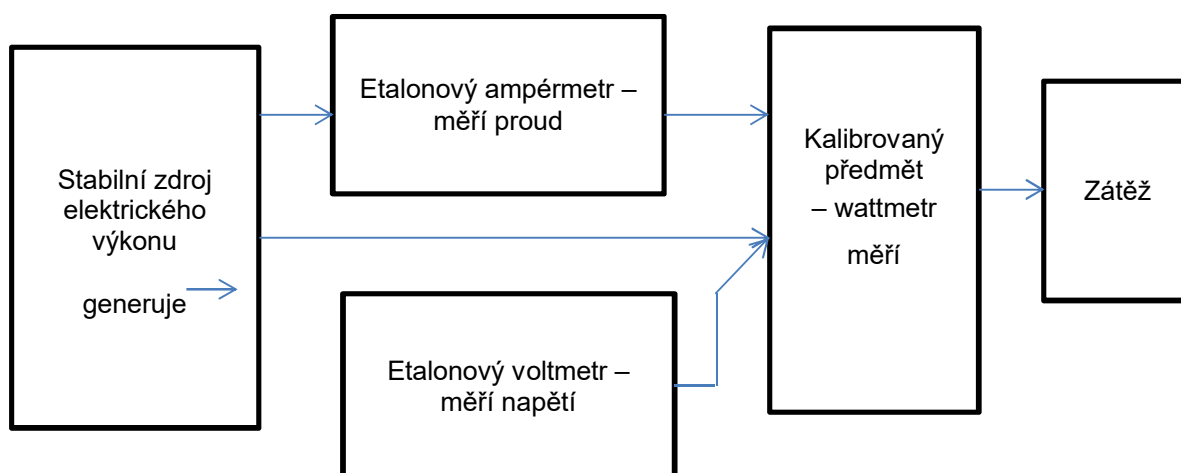


Schéma 7

Etalony i kalibrovaný předmět jsou měřidla, jedná se proto o porovnání. Etalony neindikují přímo hodnotu měřenou kalibrovaným wattmetrem, proto jde o porovnání nepřímé. Formulace principu kalibrace tedy může být následující: „Nepřímé porovnání s etalonovým voltmetrem a s etalonovým ampérmetrem“. Porovnává se hodnota kalibrovaného wattmetru s hodnotou výkonu vypočítanou z etalonové hodnoty napětí a etalonové hodnoty proudu.

Namísto ampérmetru, měřícího proud přímo, může být pro velké proudy použit bočník s připojeným voltmetrem. Pak samozřejmě jde zároveň o nepřímé měření proudu. Formulace, která se nabízí – „Nepřímé porovnání – porovnání s etalonovým multimetrem/voltmetrem a etalonovým proudem, nepřímo měřeném pomocí etalonového bočníku s multimetrem/voltmetrem“ – je sice jednoznačná, ale nespĺňuje požadavek stručnosti. Zestručnění je trochu náročnější, nicméně lze jej formulovat takto: „Nepřímé porovnání s etalony: napětí s multimetrem/voltmetrem, proud pomocí bočníku s multimetrem/voltmetrem“.

Obdobná situace, avšak v obráceném gardu, nastává při kalibraci klešťových wattmetrů: etalonový výkon sice generujeme, ale nikoliv přímo, nýbrž za pomoci proudové cívky – viz schéma 8.

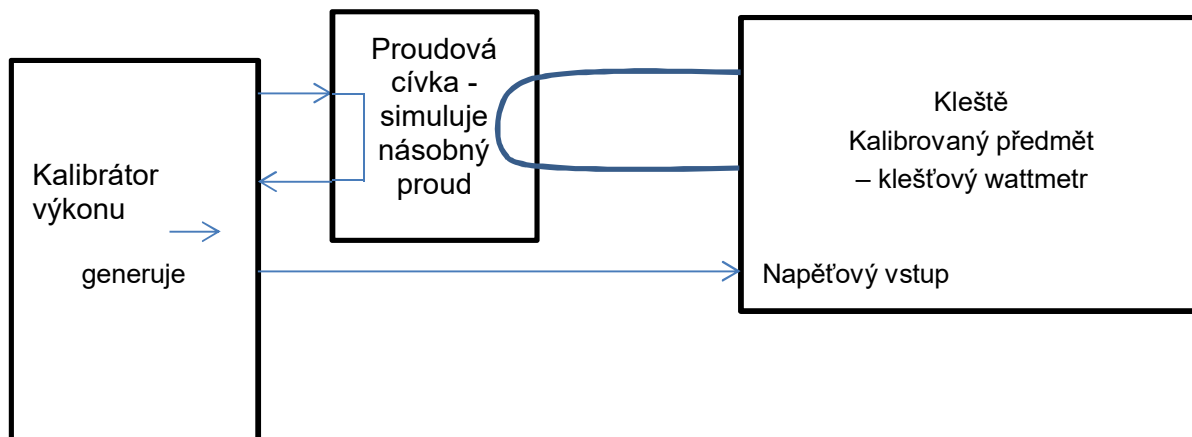


Schéma 8

Přesný popis (pohledem ze strany kalibrovaného předmětu): „Měření výkonu etalonového kalibrátoru: napětí přímo, proud nepřímo – kleštěmi na proudové buzené etalonovým proudem“, je příliš komplikovaný, dlouhý a prakticky nepoužitelný. Zestručnění dosáhneme obrácením pohledu – podle varianty 3a) v tabulce 2 (Tab. 2 – kopie“: „Generování etalonovým kalibrátorem výkonu s proudovou cívkou“.

### 8.6. Tvorba formulace principu kalibrace „v médiu“

V oboru teplota je zřejmé, že kalibrace musí probíhat v nějakém teplotním médiu, podobně v oboru tlak, kde je i běžné a důležité uvádět ke kalibrovanému rozsahu do POA také použité médium. Jakkoliv se to nezdá, obdobou jsou i některé kalibrace v oboru elektrických veličin: např. kalibrace odporu porovnáním s etalonovým odporem se může dít při konstantním proudu nebo konstantním napětí. Schematicky jde o situaci podle následujícího schématu 9.

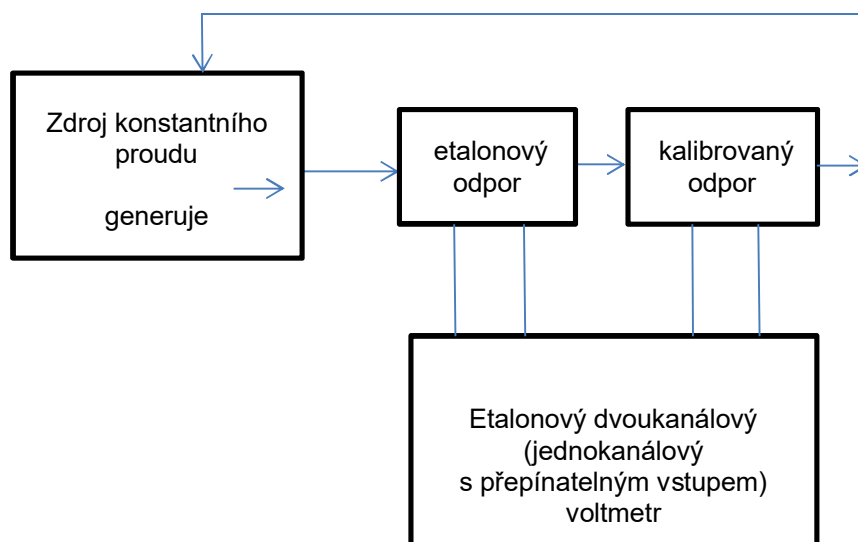


Schéma 9



Proud či napětí je zde přesně oním médiem a je vhodné tuto skutečnost podchytit rovněž v principu kalibrace. Princip je samozřejmě jasný, ale jak jej formulovat do POA? Jde o: „Přímé porovnání s etalonovým odporem nepřímým měřením – měřením poměru úbytků napětí pomocí dvoukanálového etalonového voltmetru při konstantním měřicím proudu“.

Je pochopitelné, že takováto sáhodlouhá formulace není v POA možná. Je nutné se držet zásad 2 a 3 z úvodu kap. 3, tj. stručnosti a přitom výstižnosti, zároveň se držet pravidla: stejné se stejným = porovnání. Znění se nabízí následující: „Poměrové porovnání při konstantním měřicím proudu“. Podobně při použití měřicího napětí: „Poměrové porovnání při konstantním měřicím napětí“.

V tomto příkladu se naplno ukazuje výhoda toho, když se použije termín „porovnání“ jednotně pro případ porovnání pouze měřidla s měřidlem anebo zdroje se zdrojem. Z předmětu kalibrace je zde jednoznačně patrné, že kalibrovaným předmětem je odpor – „zdroj“ odporu. Z termínu „porovnání“ je pak jednoznačné, že etalonem je zdroj – odporový etalon. Proto nemusí, v zájmu stručnosti formulace, být již uvedeno „.....porovnání s etalonem odporu při.....“.

### **8.7. Tvorba formulace principu kalibrace pro kalibrace kapacity, indukčnosti a nf impedance.**

Pro kalibraci měřidel těchto veličin se nejčastěji používá přímého měření (při kalibraci prvků, zdrojů) a přímého generování (při kalibraci měřidel). Měřidla i etalony mohou mít několik způsobů připojení, které jsou známy a používány při měření: dvousvorkové, třísvorkové, čtyřsvorkové, čtyřpárové, pětisvorkové. Je důležité, při kterém zapojení laboratoř dosahuje nejnižší udávané nejistoty měření, uváděné v POA. To by mělo být součástí popisu principu kalibrace. Pokud není uveden typ připojení, zákazník může být překvapen, že jeho (např.) třísvorkovou kapacitní dekádu není laboratoř schopna zkalibrovat s nejnižšími udávanými nejistotami, protože ty platí pro připojení čtyřpárové. Ovšem jinak je formulace principu víceméně jasná: „přímé generování etalonem kapacity (indukčnosti, impedance), (dvou, tři) čtyřsvorkové zapojení“.

Při kalibraci zdrojů kapacity/indukčnosti se používá rovněž přímé měření etalonovým mostem (analyzátořem). Ale kromě toho, je často používána substituční metoda, při které se kalibrovaný prvek nahradí etalonem o stejné (přibližné) hodnotě jako má kalibrovaný předmět. Podle základního rozdělení se jedná o princip porovnání, protože se porovnává zdroj veličiny se zdrojem veličiny (stejně se stejným). O přímém porovnání zde nelze hovořit, protože hodnotu etalonu s hodnotou kalibrovaného prvku nemůžeme měřit současně a porovnat přímo, ale postupně. Ovšem spojení „postupné porovnání“ se nepožívá, je zaužíván pojem „substituce“. Princip kalibrace může tedy být, při respektování toho, že je potřeba uvést typ připojení, formulován jako: „porovnání substitucí s etalonem kapacity při čtyřsvorkovém připojení“ nebo „substituční porovnání s etalonem kapacity při čtyřsvorkovém připojení“.

### **8.8. Tvorba formulace principu kalibrace pro kalibrace revizních přístrojů.**

Revizní přístroje jsou speciální skupinou měřidel a mají celou řadu měřicích funkcí. Konstrukčně jsou revizní přístroje řešeny jako jednoúčelové (monofunkční), nebo jako multifunkční. Multifunkční revizní přístroje sdružují funkce nejčastěji podle účelu:

- a) pro revize elektrických spotřebičů (PAT testery)
- b) pro revize elektrických sítí (RCD testery)
- c) kombinované – mají funkce i pro revizi spotřebičů, i pro revizi sítí



### 8.8.1. Zařazení revizních přístrojů do struktury POA:

Než se budeme zabývat principy kalibrace uplatněnými při kalibraci revizních přístrojů, je potřeba se věnovat zařazení revizních měřidel do struktury POA. Je možný dvojitý přístup:

- 1) revizní přístroje se zařadí pod každou z veličin, kterou umí měřit a laboratoř ji má akreditovánu
- 2) revizní přístroje se zařadí jako samostatná část POA, v rámci které jsou uvedeny jednotlivé funkce a jejich rozsahy.

Každý z přístupů má svoje opodstatnění a svoje výhody i nevýhody. Vzhledem k tomu, že revizní přístroje jsou skutečně speciální skupinou měřicích přístrojů, doporučujeme použít způsob 2). Především funkce jako unikající proudy, impedance ochranné smyčky a impedance sítě, vypínací časy a vybavovací proudy chráničů používají konstrukčně odlišný způsob měření a vyžadují také jiný způsob kalibrace oproti klasickým miliampérmetrům, ohmmetrům či měřidlům času. Od toho se také odvíjí jiné, větší, nejistoty měření při kalibraci, než kterých lze dosáhnout u „klasiky“, která se kalibruje většinou přímým porovnáním s etalonovým multimetrem nebo přímým měřením etalonového kalibrátoru. Naopak ve funkci měření síťového napětí, proudu odebíraného spotřebičem, přechodových odporů, odporu ochranného vodiče jsou revizní přístroje „normálními“ voltmetry, ampérmetry, ohmmetry. Proto se tato část bude zabývat vyjádřením principů kalibrace pouze pro kalibraci speciálních funkcí revizních přístrojů.

### 8.8.2. Přehled (speciálních) měřicích funkcí revizních přístrojů:

PAT testery:

- izolační odpor,
- unikající proudy:

RCD testery:

- izolační odpor,
- impedance ochranné smyčky, impedance sítě,
- vybavovací proud proudových chráničů,
- vypínací čas proudových chráničů.

Mezi speciální funkce, hodné z hlediska vyjádření principu kalibrace pozornosti, je zde zařazena i „obyčejná“ funkce měření izolačních odporů. Kalibrace revizních přístrojů můžeme z hlediska použitých etalonů rozdělit na kalibrace:

- a) pomocí kalibrátoru revizních přístrojů
- b) bez kalibrátoru revizních přístrojů

Kalibrátor revizních přístrojů funguje pro některé funkce jako etalonový zdroj veličiny, pro jiné jako etalonové měřidlo, proto se bude v případě jeho použití jednat princip „přímé měření etalonem/generování pomocí etalonu“. V souladu s tabulkou Tab. 4 lze pro případ kalibrátor = zdroj vyjádřit princip jako „přímé měření“ (ze strany kalibrovaného předmětu) i „přímé generování“ (ze strany etalonu). Hodně zde záleží na technickém a vyjadřovacím citu autora formulace. Jakkoliv se v odstavci 7.5 doporučuje pro případ etalon = zdroj, kalibrovaný předmět = měřidlo upřednostnit termín „generování“, v případě kalibrace revizních přístrojů



může být vhodnější a citlivější použít pro tuto konfiguraci termín „měření“, tedy pohled ze strany kalibrovaného předmětu, a vyjádřit co dělá kalibrovaný revizní přístroj. Důvodem je také to, jak bude ukázáno dále, že u kalibrace některých funkcí revizního přístroje se kalibrátor jeví být zdrojem, skutečným zdrojem veličiny však být nemusí.

V následujícím textu jsou pod písmenem a) popsány a formulovány principy kalibrace při použití kalibrátoru revizních přístrojů a pod písmenem b) principy kalibrace bez použití kalibrátoru revizních přístrojů. Každopádně je třeba zachovat při vyjadřování principu kalibrace jednotný pohled, tzn. pokud bude ze strany etalonu, tak u všech principů pro kalibraci revizních přístrojů necht' je ze strany etalonu. Speciální kalibrátory pro kalibraci revizních přístrojů zjednodušují samozřejmě jak samotnou kalibraci, tak i vyjádření principu kalibrace.

### 8.8.3. Izolační odpor:

Kalibrace revizních přístrojů pro funkci měření izolačního odporu se liší od běžných ohmmetrů rozsahem měřicího napětí, které bývá až 2 500 V nebo dokonce až 5 000 V.

- a) kalibrátor má vestavěnu dekádu odporů s hodnotami, podle typu a konfigurace, až do 10 TΩ a mají možnost použít měřicí napětí, opět podle typu a konfigurace, až 5 000 V. Revizní přístroj se připojí přímo, pomocí k přístroji dodaných měřicích vodičů, k výstupním svorkám kalibrátoru a přímo měří hodnotu odporu nastavenou na kalibrátoru.

Princip: přímé měření odporu etalonového kalibrátoru.

- b) Jako etalon je použita sada odporových etalonů, nebo etalonová odporová dekáda. (Vždy je důležité zkontrolovat maximálním dovolené napětí etalonu vs. měřicí napětí kalibrovaného přístroje. Napětím nad 1 000 V lze měřit jen speciálně k tomu určené odpory/dekády).

Princip: přímé měření etalonových odporů/etalonové odporové dekády.

Měřicí napětí, při kterém je dosaženo nejmenší nejistoty měření, by mělo být v obou případech uvedeno ve sloupci „Parametr“.

### 8.8.4. Unikající proudy

Podle definice v normě ČSN 331600 ed.2 je unikající proud složen z:

- konstrukčního unikajícího proudu coby proudu unikajícího do neživých částí a do země v důsledku parazitních vazeb, EMC filtrů apod.
- možného poruchového proudu v důsledku vadné izolace

Unikající proud se měří jako:

- náhradní (substituční) unikající proud
- rozdílový (diferenciální) unikající proud
- proud ochranným vodičem
- dotykový proud

Při kalibraci revizních přístrojů pro měření unikajících proudů je důležité vědět, jak revizní přístroj měří ten který unikající proud. Nejčastěji používaný kalibrátor revizních přístrojů, typ 5320A, používá pro kalibraci unikajících proudů revizních přístrojů tzv. pasivní mód (z hlediska „naturelů“ je měřidlem proudu), typy 5320A/VLC mají možnost použít také aktivní mód kalibrátoru (ve kterém kalibrátor generuje proud). Z toho pak vyplývá také zapojení při kalibraci a vyjádření principu kalibrace.

### 8.8.5. Náhradní (substituční) unikající proud ( $I_{\text{sub}}$ ):

V této funkci pro měření unikajících proudů revizní přístroj používá vnitřního střídavého zdroje o malém napětí, který je současně připojen na zdířky L i N zásuvky ke připojení spotřebiče. V okruhu mezi PE1 kolíkem zásuvky revizního přístroje a vnitřním zdrojem je zapojen miliampérmetr a odpor  $2 \text{ k}\Omega$  (u medicínských revizních přístrojů  $1 \text{ k}\Omega$ ), který v souladu s normou simuluje odpor lidského těla – viz schéma 10. Revizní přístroj nezobrazuje na displeji skutečný proud, měřený miliampérmetrem, ale proud přepočítaný na nominální napětí  $230 \text{ V}$  elektrické sítě.

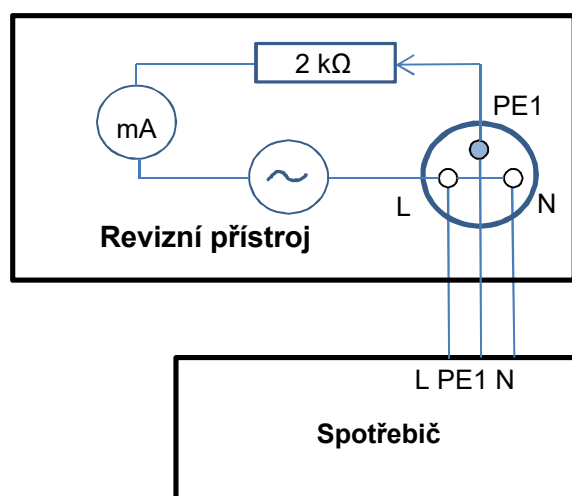


Schéma 10

- a) Při kalibraci pomocí kalibrátoru revizních přístrojů plní funkci spotřebiče kalibrátor, který je zároveň etalonem. Nedokonalou izolaci a parazitní impedance simuluje kalibrátor vnitřní odporovou dekádou, pomocí které nastavuje požadovanou hodnotu unikajícího proudu. Hodnota v mA, kterou indikuje kalibrátor, není měřena, ale nastavována obsluhou. Kalibrátor si z nominálního napětí, zadaného pomocí ovládacího menu, (rovněž z menu nastaveného) unikajícího proudu a odporu  $2 \text{ k}\Omega$  (vnitřní odpor revizního přístroje), vypočítá a nastaví hodnotu odporu své vnitřní dekády.

Z hlediska vnitřní konstrukce kalibrátoru jde tedy o nepřímé měření. Pro vyjádření principu kalibrace je však důležitá funkce kalibrátoru jako „black box“, konstrukci kalibrátoru ani nemusíme znát. Pak z tohoto hlediska je kalibrátor etalonovým měřidlem, které přímo indikuje hodnotu protékajícího proudu. (Není etalonovým zdrojem, protože zdrojem – pomocným, nikoli etalonovým – je zdroj malého napětí uvnitř revizního přístroje.)

Podle tabulky Tabulka 4 tak jde vlastně o řádek 1, porovnání kalibrovaného a etalonového měřidla. Vyjádření principu tedy bude: „Přímé porovnání s kalibrátorem revizních přístrojů.“

- b) Při kalibraci bez kalibrátoru revizních přístrojů se namísto něj zapojí odporová dekáda. Pro požadovaný unikající proud  $I_{\text{sub}}$  (mA) se její odpor  $R_{\text{dek}}$  (k $\Omega$ ) vypočítá jako:

$$R_{\text{dek}} = 230 / I_{\text{sub}} - 2,$$

Příčemž 2 (k $\Omega$ ) je vnitřní odpor revizního přístroje.

Je jasné, že jde o nepřímou metodu kalibrace, kde kalibrovaný předmět je měřidlem. Není však úplně jednoznačné, jak z hlediska naturelů klasifikovat etalon – odporovou dekádu. V součinnosti se zdrojem napětí v revizním přístroji generuje (etalonový) proud, ale přímým generátorem proudu není. Na druhou stranu není ani měřidlem. Ale přece jen, právě díky ní jsme schopni etalonovou hodnotu proudu vypočítat, v tom smyslu je snímačem, senzorem, tedy nepřímým měřidlem. Pak se podle tabulky Tabulka 4 jedná o řádek 1 (měřidlo – měřidlo) a jako nejvhodnější se jeví formulace: „Nepřímé porovnání s hodnotou proudu, určenou z odporu etalonové dekády“.

Při kalibraci následujících režimů měření unikajícího proudu revizním přístrojem lze použít etalon buď ve funkci měřidla anebo ve funkci zdroje. U kalibrátoru 5320A tomu odpovídá buď pasivní mód, anebo (je-li jím vybaven) aktivní mód.

### 8.8.6. Rozdílový unikající proud ( $I_{dif}$ ):

Revizní přístroje využívají při měření rozdílového unikajícího proudu jednoduché logiky: Pokud proud  $I_1$  který teče do spotřebiče fázovým vodičem L je větší než proud  $I_2$ , který se vrací nulovým vodičem N, musí docházet k jeho úniku. Rozdíl těchto proudů

$$I_1 - I_2 = I_{dif}$$

se v revizním přístroji měří rozdílovým transformátorem a představuje (rozdílový) unikající proud. Spotřebič je při tomto měření připojen do síťové zásuvky měřícího přístroje (podle schématu Schéma 11 a napájen síťovým napětím.

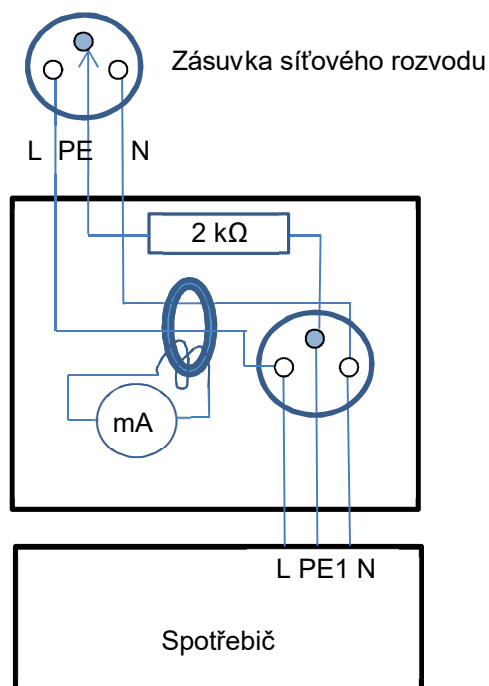


Schéma 11

Při kalibraci s použitím kalibrátoru je spotřebič nahrazen kalibrátorem. Typ 5320A pracuje v pasivním módu, kdy využívá vnitřní odporové dekády k simulaci svodu mezi vodiči L (N) a PE. V sérii s ní je v kalibrátoru zapojen miliampérmetr, který měří protékající proud. Etalon je tedy měřidlem a jde proto o „přímé porovnání s kalibrátorem revizních přístrojů“.

- a) Při kalibraci bez použití kalibrátoru revizních přístrojů je zapojení naprosto stejné, jen oba dva komponenty – odporová dekáda a etalonový miliampérmetr – jsou samostatnými jednotkami. Princip bude mít pouze mírně odlišnou formulaci: „porovnání s etalonovým multimetrem (milimpérmetrem)“.

### 8.8.7. Proud ochranným vodičem ( $I_{PE}$ ):

Ochranným vodičem spotřebičů třídy I protéká v ideálním stavu nulový proud. V důsledku svodů však u reálného spotřebiče v zapnutém stavu uniká část proudu z fázových vodičů, a protože přístupné kovové části spotřebiče třídy I jsou připojeny na ochranný vodič PE, odtéká tímto vodičem do země. Revizní přístroj při měření proudu  $I_{PE}$  má na síťové zásuvce pro připojení revidovaného spotřebiče plné síťové napětí a měří proud mezi kolíkem této zásuvky a svým PE vodičem – viz Schéma 12.

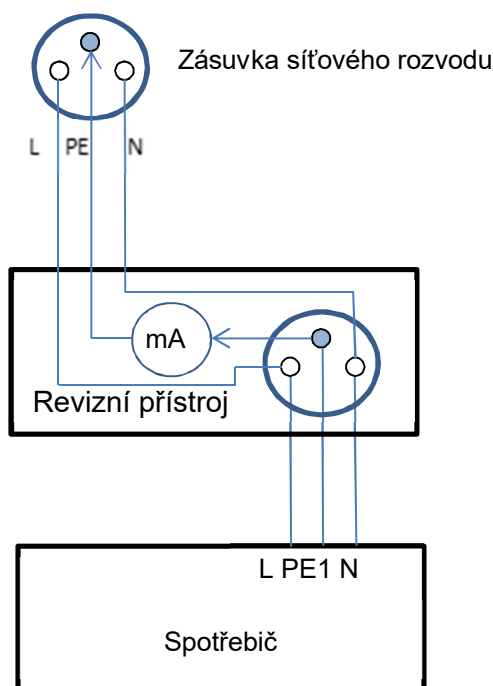


Schéma 12

- a) Při kalibraci pomocí kalibrátoru revizních přístrojů plní funkci spotřebiče kalibrátor. Použijeme-li u typu 5320A opět pasivní mód, je zapojení podobné jako v předchozím případě – u rozdílového unikajícího proudu. Stejná bude tudíž i formulace principu měření: „Přímé porovnání s kalibrátorem revizních přístrojů“. Pokud má kalibrátor i tzv. aktivní mód, lze v případě kalibrace proudu  $I_{PE}$  využít alternativně tohoto módu. Proudový výstup kalibrátor však je nutno připojit do okruhu mezi kolík zásuvky revizního přístroje (PE1) a zdířku PE jeho síťové šňůry. To je snadno uskutečnitelné,



pokud má revizní přístroj vyveden vodič PE mimo kolík síťové zásuvky. Avšak pozor, revizní přístroj může sice mít samostatnou zdířku označenou jako „PE“, ale přitom bude propojena s kolíkem zásuvky na revizním přístroji (ne s PE vodičem, tedy kolíkem síťové zásuvky). Kalibrátor pak funguje jako zdroj přímého etalonového proudu, proto princip bude „Přímé generování etalonového proudu kalibrátorem revizních přístrojů“

- b) Při kalibraci bez použití kalibrátoru je zapojení stejné jako v případě rozdílového proudu a stejná bude i formulace principu.

### 8.8.8. Dotkový proud ( $I_d$ ):

Spotřebiče třídy II nebo i některé části krytu spotřebičů třídy I nejsou připojeny na ochranný vodič a unikající proud se tak dostává na kryt spotřebiče. Při dotyku vodivých částí krytu pak teče přes tělo obsluhující osoby do země. Revizní přístroj je při měření dotykového proudu zapojen v místě dotýkajícího se člověka a pracuje jako prostý miliampérmetr, ovšem se zařazeným odporem  $2\text{ k}\Omega$ , který simuluje odpor lidského těla – Schéma 13. Pro dotyk s revidovaným spotřebičem je použita dotyková sonda.

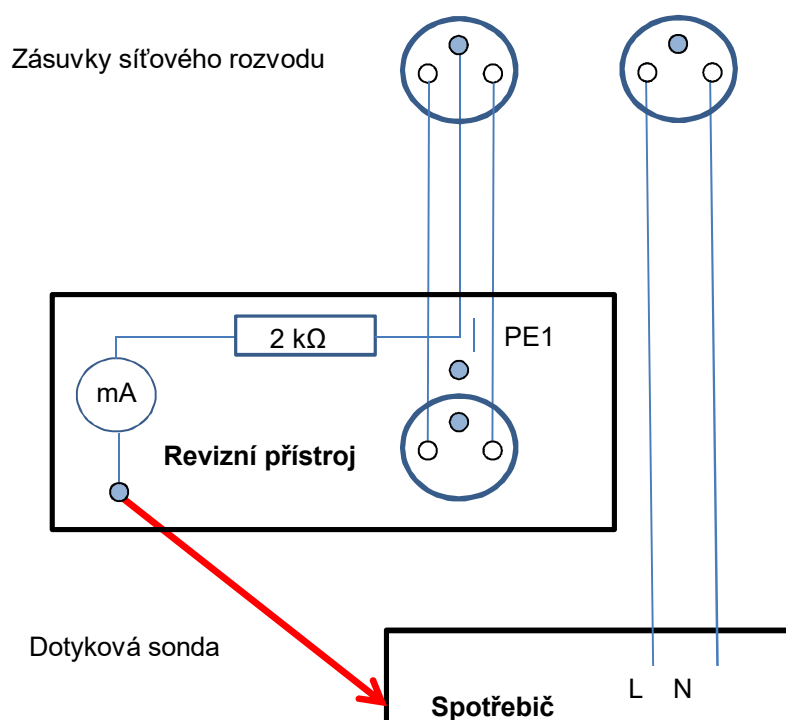


Schéma 13

Kalibrace se provádí proudovým kalibrátorem zapojeným mezi dotykovou sondu a zdíšku PE revizního přístroje, na kterou je vyveden vodič PE. Popis principu je v obou případech, tzn. při použití kalibrátoru revizních přístrojů v aktivním módu i při použití obecného kalibrátoru proudu jednoduchý: “Přímé generování dotykového proudu kalibrátorem proudu / revizních přístrojů”.

### 8.8.9. Impedance ochranné smyčky ( $Z_{\text{LOOP}}$ ), impedance sítě ( $Z_{\text{LINE}}$ ):

Impedanci ochranné smyčky a impedanci sítě měří přístroje pro revize elektrických sítí (RCD testery). Od ostatních měřidel impedance (odporu) se liší tím, že zdrojem měřicího signálu je přímo elektrická síť a že měření samotné trvá jen zlomek sekundy. Kalibrace je v zásadě jednoduchá – do obvodu ochranného vodiče (PE) nebo nulového vodiče (N) se zapojí etalon impedance.

- Kalibrátor revizních přístrojů tuto funkci (vlození etalonové impedance zvolené hodnoty) provede za nás, navíc některé modely umožňují i kompenzaci impedance síťové zásuvky, takže impedanci lze kalibrovat od hodnot blízkých nule. Z pohledu etalonu se jedná o princip „přímé generování impedance kalibrátorem revizních



přístrojů“. Z pohledu kalibrovaného předmětu jde o princip „přímé měření impedance etalonového kalibrátoru (revizních přístrojů)“.

- b) Pokud není k dispozici kalibrátor, zapojí se do okruhu L – kalibrovaný přístroj – PE (N) etalonová odporová dekáda. Její hodnota dává v součtu s „nulovou“ impedancí etalonovou hodnotu měřené impedance. Název principu je obdobný jako v případě použití kalibrátoru: „generování impedance pomocí etalonové odporové dekády“ / „přímé měření etalonové odporové dekády“.

#### 8.8.10. Vybavovací proud proudových chráničů

Proudové chrániče musí vypnout v rozmezí 0,5 až 1,0 násobku nominálního proudu  $I_n$ . Vybavovací proud chrániče měří revizní přístroj tak, že do okruhu PE vodiče generuje proud od 0,3 do 1,5 násobku  $I_n$  a vyhodnotí velikost proudu v okamžiku vybavení chrániče. Kalibrovaný přístroj je tedy měřidlem, ale současně obsahuje zdroj měřené veličiny. Etalonem proto musí být měřidlo a zároveň ke kalibraci musí být k dispozici také chránič, který se vypne, jakmile proud dosáhne hodnoty  $I_n$  nastavené na kalibrovaném revizním přístroji.

- a) Kalibrátor revizních přístrojů spojuje obě funkce: vzorkovacím ampérmetrem monitoruje velikost proudu a elektronickým odpojovačem simuluje činnost chrániče. Ten odpojí svorky kalibrátoru, ke kterým je připojen kalibrovaný revizní přístroj, jakmile je dosaženo nominálního nastaveného proudu.

Principem je tedy „porovnání s hodnotu proudu měřenou kalibrátorem revizních přístrojů“. Nastavený vypínací čas musí být v POA uveden ve sloupci parametry.

- b) Při kalibraci bez kalibrátoru je nutno snímat hodnotu proudu a okamžik rozpojení obvodu pomocí bočníku v okruhu ochranného vodiče PE a osciloskopu. Princip bude: „porovnání s hodnotou nepřímo měřenou etalonovým bočníkem s osciloskopem“.

#### 8.8.11. Vypínací čas proudových chráničů

Jedná se o čas, takže vlastně už nepatří do oboru elektrických veličin, ale do oboru frekvence, čas. V mnoha POA se však uvádí v bloku pro revizní přístroje, tedy v oboru elektrických veličin (a tento způsob, jakkoliv představuje jistou anomálii, doporučujeme), proto alespoň stručná zmínka:

Revizní přístroj měří čas od posledního průchodu síťového napětí nulou před dosažením nominální nastavené hodnoty proudu po okamžik odpojení sítě proudových chráničem.

- a) Při kalibraci pomocí kalibrátoru revizních přístrojů zajišťuje monitorování proudu i měření času kalibrátor. Formulace principu je podobná jako u kalibrace vybavovacího proudu: „porovnání s časem měřeným kalibrátorem revizních přístrojů“.
- b) Při kalibraci bez kalibrátoru je nutné zajistit zpožděné rozpojení obvodu a toto zpoždění měřit. To je možné realizovat časovým relé, přičemž čas zpoždění se měří osciloskopem. Princip tedy je: „porovnání s časem měřeným etalonovým osciloskopem“.



## 9. SHRNU TÍ

Při kalibraci, podle definice, porovnáváme hodnotu kalibrovaného předmětu s hodnotou etalonu. Etalony i kalibrované předměty jsou při procesu kalibrace v zásadě jen dvojího druhu: buďto jsou zdroji veličiny anebo měřidly veličiny. Kalibrujeme tedy buď:

- 1) „stejně stejným“,

nebo

- 2) „opačné opačným“.

I když kalibrace je vždy porovnáním, je účelné v názvech principu kalibrace případy 1) a 2) navzájem odlišit různými pojmy: „porovnání“ pro případ 1) a „měření/generování“ pro případ 2). Tyto dva pojmy představují „klíčové slovo“, „fundament“ principu kalibrace. Toto klíčové slovo by se mělo ve formulaci principu kalibrace, až na výjimky opravdu velmi speciálních kalibrací, objevit vždy. Tento fundament se doplní o etalon(y), kterým(i) se kalibruje a přidá se případně přívlak. Konstrukci principu kalibrace metodou skládání podle tabulky Tabulka 4 je možné uplatnit pro velkou část kalibrací v oboru elektrických veličin.

### 9.1. Doporučené principy (metody) pro uvádění v POA

V příloze Zprávy uvádíme výslednou tabulku, která obsahuje přehled principů, vhodných k popisu situace v kalibrační laboratoři. V tabulce jsou principy kalibrace popsány podle kombinace veličiny a předmětu kalibrace a etalonu laboratoře, což jsou primární hlediska pro správně uvedený popis v POA. Preferovaný popis vychází z pohledu etalonu, kterým laboratoř disponuje. V některých případech je uveden i alternativní možnost, vycházející z pohledu opačného, tedy od předmětu kalibrace. Tento popis je přípustný pouze výjimečně, protože sice může být výhodnější, ale potlačuje logiku práce v laboratoři, kdy etalon je ve správě laboratoře, na rozdíl od kalibrovaného měřidla. Dále jsou místy uvedeny i texty, které jsou pro popis principu kalibrace nevhodné a autoři je k použití rozhodně nedoporučují.

Vlastní tabulka se může v budoucnu rozvíjet tak, jak se budou objevovat další kalibrační postupy, a i z hlediska využití v praxi jsme zvolili formu samostatné přílohy této zprávy.

### 9.2. Jak postupovat při vyplňování návrhu POA

Vyplnění návrhu POA není složité, pokud budou dodržena pravidla, uvedená v návodu k jeho vyplnění. V případě zcela nového návrhu je nejlepším postupem postupné vyplňování jednotlivých řádků, počínaje pořadovým číslem a předmětem kalibrace (případně veličinou a předmětem kalibrace) až po identifikaci postupu a případné číslo pracoviště. V případě, že se rozsah dělí na více podrozsahů, stačí na dalších řádkách vyplnit pouze ty sloupce, kde se změna projevuje, například právě rozsah nebo parametr a odpovídající nejistota. Každý další kalibrační postup začíná na dalším řádku.

Ve sloupci „Veličina / Předmět kalibrace“ je důležité dodržet pořadí, tj. uvádět napřed veličinu a za lomítkem předmět. Výjimkou jsou případy, kdy je veličina shodná s veličinou popisující obor měření, uvedenou nad tabulkou, v takovém případě se ve sloupci neuvádí veličina, ale pouze předmět kalibrace.

Při přípravě návrhu POA je nutné respektovat ještě skutečnost, že kalibrovaná veličina, uvedená v záhlaví tabulky, je až na výjimky speciálních měřících systémů určující pro jednotky v rozsahu kalibrace i příslušné nejistoty, ty musí být ve vzájemném souladu.



**Český institut pro akreditaci, o.p.s.**

**Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3**

Strana: 38/38

Zpracoval:  
Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:  
23.10.2020

## **10. ZÁVĚR**

Sestavení přehledu nejdůležitějších metod kalibrace na základě existujících POA doplněné o teoretický pohled na postupy kalibrace, jejich metody a principy poskytne vhodný základ pro stanovení vhodných formulací metod kalibrace tak, aby v oborech zvolených veličin byly vhodně pokryty ty běžně používané. Práce bude sloužit jako základní informační pomůcka pro kalibrační laboratoře při vyplňování návrhu POA a pro vedoucí a odborné posuzovatele při posuzování, aby bylo dosaženo přehlednosti, jednotnosti a porovnatelnosti informací v přílohách osvědčení různých kalibračních laboratoří, které se pohybují ve stejném oboru veličin. Výsledky budou zformulovány také do článku pro časopis Metrologie a využity budou i pro školení odborných posuzovatelů ČIA, kteří se touto cestou budou mít možnost seznámit se s výsledky řešení tohoto úkolu, aby při posuzování aplikovali jednotně požadavek na uvádění metody, principu kalibrace. Zároveň ji bude možné použít jako základ pro následné úkoly PRM, zaměřené na principy kalibrace v dalších oborech (vysokofrekvenční a speciální elektrické veličiny, frekvence a čas, fyzikální veličiny, .....