



Česká metrologická společnost

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms

Kalibrační postup

KP 4.1.2/08/13

VRCHOLOVÉ A UNIVERZÁLNÍ VOLTMETRY

Praha
Prosinec 2013

Revize tohoto vzorového kalibračního postupu byla zpracována a financována ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie

Číslo úkolu: VII/2/13

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

Řešitel: Česká metrologická společnost

Zpracoval: Ing. Vladimír Vilhelm

Revize: 2013

© ÚNMZ, ČMS

Neprodejné: Metodika je volně k dispozici na stránkách ÚNMZ a ČMS. Nesmí však být dále komerčně šířena.

1 Předmět kalibrace

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci vrcholových a univerzálních voltmetrů (dále jen "voltmetrů"), které se používají ve spojení s různými zařízeními, jako jsou děliče napětí, atenuátory, vysokonapěťové sondy, pro měření vysokých a velmi vysokých napětí různých druhů. Voltmetry se připojují na nízkonapěťovou stranu použitého děliče, atenuátoru atd., často s paralelně připojeným osciloskopem nebo měřicím systémem pro sběr dat.

Vrcholové voltmetry jsou konstruovány pro měření vrcholových hodnot impulzních napětí – tj. pro měření plných atmosférických impulzů tvaru 1,2/50 μ s, spínacích impulzů tvaru 250/2500 μ s a useknutých atmosférických impulzů a dále pak pro měření vrcholových hodnot střídavých napětí a středních hodnot stejnosměrných napětí. Univerzální voltmetry pak dokáží měřit vrcholové hodnoty všech těchto průběhů napětí.

Tyto voltmetry mohou být konstruovány s různými přepínatelnými rozsahy napětí (např. 200 V, 400 V, 800 V, 1600 V) nebo s různými napěťovými vstupy (např. 400 V a 1600 V).

Kalibrace popsané v tomto kalibračním postupu se vztahují na kalibrace voltmetrů (tzv. provozní zkoušky voltmetru), které se provádějí jak na novém měřidle při jeho přijetí do organizace, tak při rekalibracích během používání měřidla.

2 Související normy a metrologické předpisy

TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[1]
ČSN EN 61083 - 1 ed. 2	Přístroje a programové vybavení pro měření při zkouškách impulzy vysokého napětí – Část 1: Požadavky na přístroje	[2]
ČSN IEC 60060 – 1	Technika zkoušek vysokým napětím. Část 1: Obecné definice a požadavky na zkoušky	[3]
ČSN EN 60060 – 2, ed. 2	Technika zkoušek vysokým napětím - Část 2: Měřicí systémy	[4]
ČSN EN 61010 - 1 ed. 2	Bezpečnostní požadavky na elektrická měřicí, řídicí a laboratorní zařízení	[5]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[6]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[7]
ČSN EN 61187	Elektrická a elektronická měřicí zařízení - Průvodní dokumentace	[8]
EA 4/02	Vyjadřování nejistot při kalibracích laboratoří laboratoří	[9]
EA 4/07	Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony. laboratoří	[10]

3 Kvalifikace pracovníků provádějící kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci voltmetrů je dána v příslušném předpisu organizace. Dále se příslušní pracovníci seznámí s tímto kalibračním postupem a souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například osvědčením o odborné způsobilosti, osobním certifikátem apod.

Pracovníci provádějící kalibraci elektrických měřidel musí být osobami znalými s vyšší kvalifikací, nejlépe podle § 6 pro samostatnou činnost ve smyslu vyhlášky ČUBP č. 50/78 Sb.

4 Názvosloví, definice

Názvosloví a definice jsou obsaženy v příslušných normách (viz čl. 2), zejména pak v ČSN EN 60060 - 1, ČSN EN 61083 - 1 ed.2, ČSN EN 60060 - 2, TNI 01 0115 a v publikacích věnovaných metrologické terminologii.

Vrcholový voltmetr – přístroj, který měří vrcholovou hodnotu zmenšeného, redukováného průběhu vysokého napětí.

Impulzní činitel přenosu – činitel, reprezentovaný tvarem příslušného impulzu, kterým se vynásobí výstupní údaj přístroje za účelem stanovení měřené hodnoty vstupní veličiny.

5 Prostředky potřebné ke kalibraci

5.1 Vrcholové voltmetry pro měření impulzních napětí

Při kalibraci vrcholových impulzních voltmetrů a univerzálních voltmetrů je nutné použít referenční impulzní kalibrátor jako zdroj referenčních kalibračních impulzů požadovaného tvaru a velikosti impulzu. Jsou to např. kalibrátory Haefely typ RIC 422 nebo Dr. Strauss typ KAL 1000. Požadavky na referenční impulzní kalibrátory jsou uvedeny v ČSN EN 61083 - 1 ed. 2.

5.2 Vrcholové voltmetry a univerzální voltmetry pro měření vrcholové hodnoty střídavých napětí a střední hodnoty stejnosměrných napětí

Při kalibraci vrcholových voltmetrů (AC/DC) a univerzálních voltmetrů pro měření vrcholové hodnoty střídavých napětí a střední hodnoty stejnosměrných napětí lze použít některý z následujících univerzálních kalibrátorů napětí a proudu :

- kalibrátor FLUKE typ 5101B 5500A,
- kalibrátor DATRON řady 4700 4800,
- multifunkční kalibrátor MEATEST M-140.

V závislosti na dovozených základních chybách a rozsazích kalibrovaných veličin lze použít etalonových měřidel větších dovozených chyb a jiných rozsahů, než je výše uvedeno. Největší dovolená základní chyba etalonového měřidla musí být v každém prověřovaném bodě minimálně 4x, výjimečně 3x menší, než je základní dovolená chyba měřeného parametru.

5.3 Ostatní prostředky a zařízení

- digitální teploměr s rozlišením 0,1 °C,
- vlhkoměr s měřicím rozsahem (0 až 100) %RH,
- čisticí prostředky.

Měřidla a pomocná měřicí zařízení uvedená v článku 5 musí mít platnou kalibraci.

6 Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace vrcholových voltmetrů se provádí za následujících referenčních podmínek:

- teplota prostředí 23 °C ±2 °C
- změna teploty vzduchu max. 1 °C/h
- relativní vlhkost vzduchu max. 80 %RH
- napájecí napětí:
 - jmenovité napětí ±1 % (efektivní hodnota)
±2 % (vrcholová hodnota)
 - jmenovitou frekvenci ±1 %

Referenční podmínky je nutné před zahájením kalibrace, v jejím průběhu a po jejím skončení kontrolovat.

Kontrola okolní teploty se provádí digitálním teploměrem s rozlišením 0,1 °C.

Pro kontrolu vlhkosti se použije vlhkoměr pro měření relativní vlhkosti s rozsahem (0 až 100) %RH.

7 Rozsah kalibrace

Prvotní kalibraci voltmetrů provádí výrobce měřidla.

Při rekalibraci měřidla se provádějí následující zkoušky:

- Vnější prohlídka (viz článek 9.2)
- Zkouška provozuschopnosti (viz článek 9.3)
- Impulzní kalibrace (viz článek 9.4)
- Kalibrace stejnosměrným a střídavým napětím (viz článek 9.5)

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

Před zahájením vlastní kalibrace je nutné zkontrolovat, zda typ, výrobní číslo a příslušenství dodaného přístroje odpovídá údajům uvedeným na objednávce nebo dodacím listu. Současně se provede předběžná kontrola přístroje, která zahrnuje:

a) vnější prohlídku přístroje,

b) zkrácenou zkoušku provozuschopnosti přístroje, při které se zjišťuje, zda po připojení napětí k voltmetru a při jeho zvyšování nebo snižování je patrná odpovídající indikace napětí na stupnici nebo na číselném displeji při různých měřicích rozsazích (příp. na všech napěťových vstupech) a zda jsou funkční příslušné ovládací prvky přístroje.

9 Postup kalibrace

9.1 Příprava přístroje ke kalibraci

Před vlastní kalibrací je nutné provést následující úkony:

9.1.1 Kalibrovaný přístroj se umístí do prostředí s teplotou a vlhkostí vzduchu dle čl. 6. a ponechá se v něm po dobu nejméně 8 hodin. Pak se přemístí na zkušební pracoviště.

9.1.2 Kalibrovaný přístroj se připraví na zkoušení v souladu s jeho technickou dokumentací.

9.1.3 Po připojení na napájení se musí voltmetr ustalovat při referenčních podmínkách po dobu náběhu. Není-li doba náběhu stanovena v dokumentaci dodávané s přístrojem, ustaluje se minimálně po dobu 30 minut.

9.2 Vnější prohlídka

Při vnější prohlídce se zjišťuje celkový stav měřidla, nepoškozenost krytu, úplnost příslušenství a dokumentace.

9.3 Zkouška provozuschopnosti

Přístroj se připraví k provozu dle dokumentace výrobce a zjišťuje se zda:

- indikuje na stupnici nebo na digitálním displeji přivedené napětí při jeho zvyšování a snižování,
- jsou funkční přepínače měřicích rozsahů (jsou-li zabudovány),
- je funkční přepínač nebo jiný prostředek pro nastavení dělicího poměru v daném rozsahu,
- jsou funkční přepínače volby druhu měřeného napětí,
- jsou funkční ostatní provozní tlačítka a přepínače.

Pokud se zjistí při vnější prohlídce nebo zkoušce provozuschopnosti na přístroji závady, v kalibraci se nepokračuje a přístroj se předá k opravě nebo vyřazení.

9.4 Impulzní kalibrace

9.4.1 Všeobecně

Impulzní kalibrace je referenční metoda určená pro stanovení impulzního činitele přenosu kalibrovaných voltmetrů. Tímto činitelem je vynásoben výstupní údaj vrcholového voltmetru za účelem stanovení vrcholové hodnoty měřeného tvaru impulzu napětí.

Impulzní kalibrace musí být provedena na každém novém voltmetru a zopakována jednou do roka uživatelem. Datum a výsledek každé kalibrace (provozní zkoušky) musí být zaznamenán.

Kalibrace přístroje je také vyžadována v případě, jestliže kontroly provedené během používání přístroje ukazují, že se impulzní činitel přenosu změnil o více než 1% z jmenovité hodnoty.

Detailní postup kalibrace je uveden v ČSN EN 61083 - 1 ed. 2, článek 1.5.1.

Požadavky na referenční kalibrační impulzy, které jsou určeny pro kalibraci vrcholových voltmetrů, jsou uvedeny v ČSN EN 61083 - 1 ed. 2, tabulka 2.

Obecné požadavky na vrcholové voltmetry používané v rámci osvědčených měřicích systémů jsou uvedeny v ČSN EN 61083 - 1 ed. 2, článek 4.

9.4.2 Postup kalibrace

Kalibrovaný voltmetr je připojen k výstupu referenčního impulzního kalibrátoru. U moderních referenčních impulzních kalibrátorů je před vlastním zahájením kalibrace provedena automatická kalibrace systému kalibrátor – voltmetr, kdy je impulz na výstupu kalibrátoru zkalibrován na aktuální zátěž.

Během kalibrace se na kalibrovaném voltmetru nastaví dělicí poměr 1,0.

Vlastní postup kalibrace je následující:

- na kontrolním panelu kalibrátoru se nastaví příslušný tvar impulzu (např. plný atmosférický impulz tvaru 1,2/50 μ s), jeho vrcholová hodnota a polarita. Referenční hodnota vrcholového napětí na výstupu kalibrátoru bývá běžně korigována na základě výsledků kalibrace provedené výrobcem nebo kalibrační laboratoří na hodnoty nezátížené chybou metody použité při kalibraci. Tyto korekční činitele jsou dodávány často na CD ROM nosičích atd.,
- po vybavení impulzu je na kalibrovaném voltmetru odečtena hodnota vrcholového napětí (vrcholová hodnota na výstupu),
- postup se opakuje a na kalibrovaném voltmetru musí být postupně odečteno alespoň 10 hodnot,
- vypočte se impulzní činitel přenosu jako podíl vstupní vrcholové hodnoty (korigované vrcholové hodnoty impulzního napětí dodávaného kalibrátorem) a střední vrcholové hodnoty na výstupu (střední hodnoty vypočtené z hodnot odečtených na kalibrovaném voltmetru) dle vztahu

$$\bar{F} = \frac{U_{VST}}{\bar{U}_{VYST}}$$

kde:

U_{VST} je vrcholová hodnota na vstupu,

\bar{U}_{VYST} je střední vrcholová hodnota na výstupu.

Tato impulzní kalibrace musí být provedena pro každý rozsah, který je použit během zkoušky a to na pěti hladinách napětí rovnoměrně rozložených v daném měřicím rozsahu a v rozmezí výrobcem garantované přesnosti voltmetru. Pozornost by měla být věnována problematice přetížení zařízení malou vstupní impedancí.

Celý kalibrační postup se opakuje pro stejný tvar impulzu s opačnou polaritou.

Poté je celý postup kompletně zopakován pro ostatní požadované tvary impulzu.

Dle ČSN EN 61083 - 1 ed. 2 musí být maximální odchylka δ_{VYST} výstupních vrcholových hodnot odečtených na kalibrovaném voltmetru od jejich střední hodnoty menší než 1 % této střední hodnoty:

$$\delta_{VYST} = \max \left(\frac{U_i - \bar{U}_{VYST}}{\bar{U}_{VYST}} \cdot 100 \right)$$

kde:

U_i je hodnota i-tého odečtu výstupní vrcholové hodnoty impulzního napětí,

\bar{U}_{VYST} je střední vrcholová hodnota na výstupu.

Potom

$$\delta_{VYST} < \frac{\bar{U}_{VYST}}{100}.$$

Dále se vyjádří základní chyba voltmetru δ_{IMP} jako maximální poměrná procentní chyba dle vztahu:

$$\delta_{IMP} = \max \left(\frac{U_i - U_{VST}}{\bar{U}_{VST}} \cdot 100 \right)$$

kde:

U_i je hodnota i-tého odečtu výstupní vrcholové hodnoty impulzního napětí,
 U_{VST} je vrcholová hodnota na vstupu.

Takto zjištěná chyba přístroje nesmí na žádné nastavené hodnotě napětí a na všech měřicích rozsazích převyšovat hodnotu dovolené chyby přístroje stanovené výrobcem.

9.5 Kalibrace stejnosměrným a střídavým napětím

9.5.1 Všeobecně

V rámci kalibrace stejnosměrným a střídavým napětím je zjišťována základní chyba přístroje a musí být provedena na každém novém voltmetru a zopakována jednou do roka uživatelem. Datum a výsledek každé kalibrace (provozní zkoušky) musí být zaznamenán.

Dle ČSN EN 60060 - 2 musí voltmetr splňovat požadavky třídy přesnosti 0,5.

9.5.2 Postup kalibrace

Při zkoušce základní chyby přístroje na měřicích rozsazích pro měření vrcholové hodnoty střídavých napětí lze s výhodou použít univerzální kalibrátor.

9.5.2.1 Střídavé napětí

Pro každý kalibrovaný měřicí rozsah voltmetru se předem zvolí 10 hladin napětí rovnoměrně rozložených v daném měřicím rozsahu a to v rozmezí výrobcem garantované přesnosti voltmetru.

Během kalibrace se na kalibrovaném voltmetru nastaví dělicí poměr 1,0.

Na kalibrátoru je nastavena požadovaná efektivní hodnota napětí (r.m.s.) při frekvenci 50 Hz a na paralelně připojeném kalibrovaném voltmetru se odečte měřená efektivní hodnota napětí $U_{max} / \sqrt{2}$. Takto se přezkouší všechny měřicí rozsahy kalibrovaného voltmetru a celý postup se opakuje při frekvenci 200 Hz. Základní chyba přístroje δ_{AC} se vyjádří jako poměrná procentní chyba dle vztahu:

$$\delta_{AC} = \frac{\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} - U_{ef}}{U_{ef}} \cdot 100,$$

kde:

$U_{max} / \sqrt{2}$ je efektivní hodnota napětí naměřená na kalibrovaném voltmetru,

U_{ef} efektivní hodnota napětí (r.m.s.) nastavená na kalibrátoru.

Takto zjištěná chyba přístroje nesmí na žádné nastavené hodnotě napětí a na všech

měřicích rozsazích převyšovat hodnotu dovolené chyby přístroje stanovené výrobcem.

9.5.2.2 Stejnoseměrné napětí

Pro každý kalibrovaný měřicí rozsah voltmetru se předem zvolí 10 hladin napětí rovnoměrně rozložených v daném měřicím rozsahu, a to v rozmezí výrobcem garantované přesnosti voltmetru.

Tyto hodnoty stejnosměrných napětí se nastavují v kladné i v záporné polaritě na příslušném kalibrátoru a na paralelně připojeném kalibrovaném voltmetru se odečítají odpovídající měřené hodnoty stejnosměrných napětí.

Základní chyba přístroje δ_{DC} se vyjádří jako poměrná procentní chyba dle vztahu:

$$\delta_{DC} = \frac{U_{\max} - U_s}{U_s} \cdot 100,$$

kde:

U_{\max} je střední hodnota stejnosměrného napětí naměřená na kalibrovaném voltmetru,

U_s je střední hodnota stejnosměrného napětí nastavená na kalibrátoru.

Takto zjištěná chyba přístroje nesmí na žádné nastavené hodnotě napětí v kladné i záporné polaritě na všech měřicích rozsazích převyšovat hodnotu dovolené chyby přístroje stanovenou výrobcem.

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Postup vyhodnocení

Nastavené hodnoty napětí na etalonovém přístroji (kalibrátoru), v případě impulzní kalibrace hodnoty po eliminaci chyby metody a odpovídající hodnoty napětí naměřené na kalibrovaném voltmetru na jednotlivých měřicích rozsazích pro jednotlivé druhy napětí jsou uvedeny v protokolu o kalibraci nebo v jeho příloze. Zjištěné odchylky se porovnávají s dovolenými odchylkami uvedenými v ČSN EN 61083 - 1 ed. 2, článek 4 a s dovolenými chybami specifikovaných výrobcem.

Vyhodnocení impulzní zkoušky a zkoušek základní chyby pro jednotlivé druhy napětí je uvedeno v čl. 9.4 a 9.5 tohoto kalibračního postupu.

10.2 Rozhodnutí o výsledku kalibrace

Na základě vyhodnocení zkoušených bodů uvedených v článku 7 rozhodne k tomu oprávněný pracovník kalibrační laboratoře, zda kalibrovaný přístroj vyhovuje nebo nevyhovuje všem požadavkům na něj kladeným. Výsledek rozhodnutí je uveden v kalibračním listu.

10.3 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrovaný voltmetr nevyhověl na některém měřicím rozsahu pro daný tvar impulsu impulzní kalibraci (viz podmínka 9.4.2), nesmí být tento přístroj použit v rámci osvědčeného měřicího systému (viz ČSN EN 60060 - 2).

V případě, že kalibrovaný voltmetr nevyhověl na některém měřicím rozsahu nebo u některého druhu napětí při zkoušce základní chyby požadavkům na něj kladeným,

může jej k tomu oprávněný pracovník kalibrační laboratoře přeřadit do nižší třídy přesnosti nebo může být stanovena nová třída přesnosti pro jednotlivé druhy měřeného napětí. Musí být nicméně respektovány požadavky uvedené v ČSN EN 61083 - 1 ed. 2 a ČSN EN 60060 - 2.

Změna třídy přesnosti musí být na zařízení viditelně označena, obvykle štítkem na přední části krytu přístroje a na kalibračním listu musí být učiněn patřičný záznam. Nejsou-li splněny výše uvedené podmínky nebo nevyhověl-li kalibrovaný přístroj požadavkům uvedených v ČSN EN 61083 - 1 ed. 2 a ČSN EN 60060 - 2, předá k tomu oprávněný pracovník kalibrační laboratoře objednateli kalibrace návrh na opravu nebo na vyřazení přístroje.

11 Kalibrační list

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list musí obsahovat tyto údaje:

- a) název a adresu kalibrační laboratoře,
- b) pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- c) jméno a adresu zadavatele, popř. zákazníka,
- d) název, typ, výrobce a identifikační označení voltmetru,
- e) datum přijetí voltmetru ke kalibraci, datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 4.1.2/08/13),
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření,
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který voltmetr kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede přidělenou kalibrační značku a odkaz na akreditaci. Součástí kalibračního listu je též prohlášení, že uvedené výsledky se týkají pouze kalibrovaného předmětu a kalibrační list nesmí být bez předběžného písemného souhlasu kalibrační laboratoře publikován jinak než celý.

Pokud provádí kalibrační, resp. metrologická laboratoř kalibraci pro vlastní organizaci, může být kalibrační list zjednodušen, případně vůbec nevystavován (výsledky kalibrace mohou být uvedeny např. v kalibrační kartě měřidla nebo na vhodném nosiči, popř. v elektronické paměti. I v tomto případě však musí kalibrační laboratoř zpracovat záznam o měření (s uvedenými měřenými hodnotami) a archivovat jej.

11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji po dobu nejméně pěti let nebo po dobu stanovenou zadavatelem zároveň se záznamem o kalibraci. Doporučuje se archivovat záznamy a kalibrační listy chronologicky. Výsledky kalibrace se mohou v souladu

s případnými podnikovými metrologickými dokumenty zanášet do kalibrační karty měřidla nebo ukládat do vhodné elektronické paměti.

11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedení kalibrace může kalibrační laboratoř označit kalibrované měřidlo kalibrační značkou, popř. kalibračním štítkem. Pokud to není výslovně uvedeno v některém podnikovém metrologickém předpisu, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na kalibrační štítek datum příští kalibrace.

12 Péče o kalibrační postup

Originál kalibračního postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou přidělena příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu). Změny, popř. revize kalibračního postupu je oprávněn provádět jeho zpracovatel, změny schvaluje vedoucí zpracovatele (zpravidla vedoucí kalibrační laboratoře nebo metrolog organizace).

13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

13.1 Rozdělovník

Kalibrační postup		převzal		
výtisk číslo	obdrží útvar	jméno	podpis	datum

13.2 Úprava, schválení

Kalibrační postup	jméno	podpis	datum
upravil			
úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	popis změny	zpracoval	schválil	datum

14 Stanovení nejistoty měření (příklad výpočtu)

Výpočet nejistoty kalibrace je uveden pro případ kalibrace atmosférickým impulzem napětí kladné polaroty.

Ke každému výsledku kalibrace je nutné zpracovat její celkovou rozšířenou nejistotu U jako součin celkové standardní nejistoty u a koeficientu rozšíření k dle vztahu $U = k \cdot u$. Celková standardní nejistota u je obecně složena ze standardní nejistoty typu A (u_A) a standardní nejistoty typu B (u_B), a je dána vztahem

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}.$$

Nejistota typu A:

Standardní nejistotu u_A určíme statistickým vyhodnocením souboru opakovaných měření. Dle kalibračního postupu je na kalibrovaném voltmetru odečteno deset vrcholových hodnot impulzu daného tvaru a polaroty. Pro každou naměřenou hodnotu je vypočten impulzní činitel přenosu $F_i = \frac{U_{VST}}{U_i}$. Z těchto hodnot je vypočtena střední hodnota impulzního činitele přenosu \bar{F} a směrodatná odchylka $s(\bar{F})$.

$$s(\bar{F}) = 0,27 \%$$

Ze směrodatné odchylky $s(\bar{F})$ je vypočtena nejistota typu A

$$u_A = \frac{s(\bar{F})}{\sqrt{n}} = \frac{0,27\%}{\sqrt{10}} = 0,086\% \quad \text{pro } n = 10$$

Nejistota typu B:

Uvažované zdroje nejistoty:

Nejistota kalibrace etalonu: (dle kalibračního listu)	$U_E = 1,0 \%$ (rozdělení normální, koef. 2).
maximální chyba (kalibrace etalonu):	$a_1 = 0,2 \%$ (rozdělení rovnoměrné, koef. $\sqrt{3}$),
rolišitelnost voltmetru:	$a_2 = 0,1 \%$ (rozdělení rovnoměrné, koef. $\sqrt{3}$).

Výpočet nejistoty:

$$u_B = \sqrt{\left(\frac{U_E}{2}\right)^2 + \frac{a_1^2}{3} + \frac{a_2^2}{3}} = \sqrt{\left(\frac{1,0}{2}\right)^2 + \frac{0,2^2}{3} + \frac{0,1^2}{3}} = 0,52 \%$$

Kombinovaná standardní nejistota:

$$u(y) = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{0,086^2 + 0,52^2} = 0,52 \%$$

Rozšířená nejistota:

pro $k = 2$

$$U = k \cdot u(y) = 2 \cdot 0,52 = 1,04 \% \approx 1,1 \%$$

Přehled nejistot:

Veličina	Odhad	Pravděpodob. rozdělení	Standardní nejistota	Citlivostní koeficient	Příspěvek k nejistotě
u_A	0,086 %	normální	0,086 %	1	0,086 %
u_E	0,5 %	Normální	0,5 %	1	0,5 %
a_1	0,2 %	rovnoměrné	0,12 %	1	0,12 %
a_2	0,1 %	rovnoměrné	0,058 %	1	0,058 %
\bar{F}	0,27 %				0,52 %

Rozšířená nejistota kalibrace atmosférickým impulzem napětí kladné polarity je $U = 1,1 \%$.

Hodnota vypočtené celkové rozšířené nejistoty U musí být v rozmezí specifikovaném v ČSN EN 61083-1 ed. 2, článek 4.

15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 5.4. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

Změny proti předchozímu vydání

Tento kalibrační postup byl upraven s přihlédnutím k novým metrologickým předpisům a normám a podle připomínek uživatelů. Dále byl doplněn o příklad stanovení nejistoty měření při kalibraci a validaci použité metody.

Upozornění

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky. V případě, že střediskem provádějícím kalibraci je akreditovaná kalibrační laboratoř, měl by být kalibrační postup navíc upraven podle příslušných předpisů (zejména MPA a EA).