



Česká metrologická společnost, z.s.

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms

Kalibrační postup

VKP 4.1.2/03/24

STŘÍDAVÝ ANALOGOVÝ VOLTMETR

Praha

Srpen 2024

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2024

Číslo úkolu: VII/2/24

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

Řešitel: Česká metrologická společnost, z.s.

© 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 přímopůsobících ukazovacích střídavých analogových voltmetrů s maximálním rozsahem 750V, třídou přesnosti 0,1 a horší a s frekvenčním rozsahem 30 Hz až 500 Hz.

2 Související normy a metrologické předpisy

TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L1]
ČSN EN 60051-1 ed.2	Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství – část 1: Definice a obecné požadavky společné pro všechny části	[L2]
ČSN EN IEC 60051-2	Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství – část 2: Zvláštní požadavky na ampérmetry a voltmetry	[L3]
ČSN EN IEC 60051-8	Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství – část 8: Zvláštní požadavky na příslušenství	[L4]
ČSN EN IEC 60051-9	Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství – část 9: Doporučené zkušební metody	[L5]
ČSN EN 61010-1ed.2	Bezpečnostní požadavky na elektrická měřicí, řídicí a laboratorní zařízení – část 1: Všeobecné požadavky	[L6]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří	[L7]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[L8]
EA-4/02 M:	Vyhodnocení nejistoty měření při kalibraci	[L9]
ILAC-G8:09/2019	Pokyny pro použití rozhodovacích pravidel a uvádění výroků o shodě	[L10]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s kalibračním postupem upraveným na konkrétní podmínky kalibrační laboratoře nebo obdobného pracoviště provádějícího kontroly měřidel a souvisejícími předpisy.

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

Pracovníci provádějící kalibraci měřidel elektrických veličin osobami znalými pro samostatnou činnost / osobami znalými pro řízení činnosti ve smyslu zákona č. 250/2021 Sb.

4 Názvosloví, definice

Názvosloví a definice jsou obsaženy v příslušných normách (viz čl. 2), zejména v TNI 01 0115 a v publikacích věnovaných metrologické terminologii.

Definice týkající se konstrukčních vlastností měřicích přístrojů, jejich charakteristických vlastností a charakteristických hodnot, chyb a změn údajů, přesnosti, třídy přesnosti a značek elektrických měřicích přístrojů přímopůsobících ukazovacích analogových jsou zakotveny v souboru norem ČSN EN 60051.

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

5.1 Při kalibraci lze použít některý z následujících etalonů:

5.2 Při kalibraci lze použít některý z následujících etalonů:

5.2.1 Kalibrátor střídavého napětí s napěťovým rozsahem (0 až 650) V, minimálním frekvenčním rozsahem 30 Hz až 500 Hz a dovolenou základní chybou $\pm (0,025 \% \text{ až } 0,5 \%)$,

5.1.2 Střídavý číslicový voltmetr s rozsahem (0 až 650) V, minimálním frekvenčním rozsahem 30 Hz až 500 Hz a dovolenou základní chybou $\pm (0,025 \% \text{ až } 0,5 \%)$ ve spojení s odpovídajícím nastavitelným zdrojem střídavého napětí s dostatečnou krátkodobou stabilitou.

Největší dovolená základní chyba etalonových přístrojů musí být v každém zkoušeném bodě minimálně čtyřikrát menší, než je dovolená základní chyba kalibrovaného voltmetru.

Chyba měření podmíněná charakteristikami napájecích zdrojů musí být menší, než 0,1 dovolené chyby kalibrovaného voltmetru.

Etalonový přístroj musí mít možnost nastavení (zobrazení) takového počtu číslic, aby umožňoval provádět nastavení (odečet) hodnot s rozlišitelností minimálně jedné pětiny třídy přesnosti kalibrovaného voltmetru.

Doporučené typy:

Multifunkční kalibrátor Datron 4700, (0 až 1100) V, 10 Hz až 1 MHz, dovolená chyba od $\pm (0,018 \% \text{ z hodnoty} + 0,004 \% \text{ z rozsahu})$

Multifunkční kalibrátor Fluke 5101B, (0 až 1100) V, 50 Hz až 50 kHz, dovolená chyba od $\pm (0,05 \% \text{ z hodnoty} + 0,005 \% \text{ z rozsahu} + 50 \mu\text{V})$

Multifunkční kalibrátor Meatest M-140, (0 až 1000) V, 20 Hz až 50 kHz, dovolená chyba od $\pm (0,025 \% \text{ z hodnoty} + 0,005 \% \text{ z rozsahu})$

Multifunkční kalibrátor Meatest M-141, (0 až 700) V, 20 Hz až 1 kHz, dovolená chyba od $\pm (0,05 \% \text{ z hodnoty} + 0,005 \% \text{ z rozsahu})$

Číslicový multimetr Agilent 34401A, (0 až 1000) V, 3 Hz až 300 kHz, dovolená chyba od $\pm (0,06 \% \text{ z hodnoty} + 0,03 \% \text{ z rozsahu})$

Číslicový multimetr Agilent 34410A, (0 až 1000) V, 3 Hz až 300 kHz, dovolená chyba od $\pm (0,06 \% \text{ z hodnoty} + 0,03 \% \text{ z rozsahu})$

5.2 Ke kalibraci jsou dále potřebné následující přístroje a pomůcky:

5.2.1 Teploměr s měřicím rozsahem minimálně 20 °C až 26 °C, dílek stupnice minimálně 0,1 °C

5.2.2 Vlhkoměr s měřicím rozsahem (0 až 100) % relativní vlhkosti

5.2.3 Lupa se zvětšením min. 4x

5.2.4 Čisticí prostředky

Poznámka: Všechna použitá měřidla a pomocná měřicí zařízení musí být navázány na etalon vhodného rozsahu a přesnosti a musí mít platnou kalibraci.

6 Obecné podmínky kalibrace – referenční podmínky

Kalibrace voltmetrů se provádí za následujících referenčních podmínek:

Teplota prostředí:	23 °C ± 1 °C	pro voltmetry třídy přesnosti 0,1 až 0,3 včetně
	23 °C ± 2 °C	pro voltmetry třídy přesnosti 0,5 a horší
Vlhkost vzduchu:	40 % až 60 %	relativní vlhkosti
Zvlnění měřeného napětí:	< 1 %	pro voltmetry třídy přesnosti 0,1 až 0,3 včetně
	< 3 %	pro voltmetry třídy přesnosti 0,5 a horší

7 Rozsah kalibrace

Při kalibraci měřidla se postupuje následovně:

- provést částečnou kalibraci přístroje podle čl. 7.1 tohoto kalibračního postupu pro zjištění, zda je potřeba provést justování přístroje
 - provést justování přístroje podle dokumentace výrobce, pokud je potřeba
 - po justování provést kompletní kalibraci podle čl. 7.1
 - zaznamenávat výsledky kalibrace před i po justování přístroje, které se uvádí do kalibračních listů
- Tento kalibrační postup pojednává jen o kalibraci přístroje a nezabývá se jeho justováním.

7.1 Při kalibraci přístroje se provádějí následující zkoušky:

7.1.1 Vnější prohlídka (metodika čl. 9.2)

7.1.2 Kontrola provozuschopnosti (metodika čl. 9.3)

7.1.3 Zkouška základní chyby, hysterezní chyby a zbytkové odchylky ukazovatele od nulové značky (metodika čl. 9.4)

8. Předběžná kontrola voltmetru

Při přebírání přístroje ke kalibraci odpovědný pracovník metrologického pracoviště posoudí, zda typ, výrobní číslo a příslušenství dodaného přístroje odpovídá údajům uvedeným na objednávce nebo dodacím listu. Současně provede jeho předběžnou kontrolu, spočívající ve vnější prohlídce přístroje.

9. Postup kalibrace

9.1 Příprava přístroje ke kalibraci

Před započítím zkoušení se musí vykonat tyto 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 Je-li na přístroji dohodnutý znak (šipka) udávající jeho polohu v zemském magnetickém poli, nastaví se přístroj tak, aby byla šipka ve směru magnetického poledníku.
- 9.1.3 Kalibrovaný přístroj se připraví na zkoušení v souladu s jeho technickou dokumentací.
- 9.1.4 Před zahájením zkoušky musí být na voltmetru odpojeném od všech napájecích zdrojů pomocí stavítka mechanické nuly nastaven ukazovatel na nulovou značku nebo na příslušnou kontrolní značku následujícím postupem:

- pohybujeme stavítkem mechanické nuly ve směru potřebném k přivedení ukazovatele na nulovou značku přístroje
- v průběhu posouvání ukazovatele ve směru zvoleném podle předchozí operace nastavíme ukazovatel na nulovou značku při poklepu na pouzdro přístroje; jakmile byl zvolen směr posouvání, již se nesmí měnit, dokud není ukazovatel na nulové značce
- po nastavení ukazovatele na nulovou značku se obrátí směr pohybu stavítka mechanické nuly a pohne se jím v mezích mechanické vůle (mrtvého chodu) tak, aby nedošlo ke změně polohy ukazovatele

Během zkoušky se již nesmí ukazovatel znovu nastavovat na nulovou značku.

- 9.1.5 Jsou-li výrobcem specifikovány zkušební vodiče, musejí být tyto vodiče pro zkoušky použity. Jinak musí být rozměry a umístění vodičů používaných pro zkoušení voleny tak, aby neovlivňovaly výsledky zkoušek.

9.2 Vnější prohlídka

Zjišťuje se, zda:

- a) kryt voltmetru a kryt stupnice nejsou poškozeny
- b) voltmetr je vybaven všemi součástkami a příslušenstvím potřebným ke zkoušení
- c) stupnice voltmetru je zřetelná, zrcadlová část stupnice nemá slepá místa
- d) všechny technické údaje o voltmetru uvedené na stupnici a jejím okolí jsou zřetelné a jsou v souladu s ČSN EN 60051-1 ed.2

9.3 Zkouška provozuschopnosti

Zjišťuje se, zda:

- a) přípojovací svorky jsou spolehlivě upevněné
- b) pohyb ukazovatele výchylky je plynulý při zvětšování a zmenšování napětí
- c) přepínače a kolíčky měřicích rozsahů jsou funkční a mají správnou aretaci odpovídající zvolenému měřicímu rozsahu
- d) jas a ostrost stopy světelného ukazovatele je dostatečný

9.4 Zkouška základní chyby a zbytkové odchylky ukazovatele od nulové značky

9.4.1 Základní chyba voltmetrů třídy přesnosti 0,2 a lepší se určuje na každé očíslované značce stupnice.

9.4.2 U voltmetrů třídy přesnosti 0,5 a méně přesných nebo u měřidel s rovnoměrnou stupnicí, která má více jak 10 očíslovaných značek, se může základní chyba zkoušet jen na pěti očíslovaných značkách stupnice rovnoměrně rozložených v měřicím rozsahu.

9.4.3 Vícerozsahové voltmetry se zkoušejí na všech očíslovaných značkách stupnice jen na jednom měřicím rozsahu. Na ostatních měřicích rozsazích stačí prověřit dvě značky stupnice:

- a) očíslovanou značku stupnice odpovídající maximální hodnotě měřicího rozsahu
- b) očíslovanou značku stupnice, na které byla zjištěna maximální chyba při zkoušení měřicího rozsahu na všech očíslovaných značkách

9.4.4 Voltmetry s více stupnicemi se musí zkoušet na každé stupnici podle zásad uvedených výše.

9.4.5 Voltmetry s nulou stupnice uprostřed se zkoušejí na všech očíslovaných značkách na levé i pravé části stupnice.

9.4.6 Střídavé voltmetry se zkoušejí při střídavém napětí při vztažných hodnotách frekvence. Není-li vztažná frekvence uvedena, ale je uveden vztažný rozsah frekvence obsahující frekvenci 50 Hz, pak se zkouší při frekvenci 50 Hz

Je-li uveden vztažný rozsah frekvence, který neobsahuje frekvenci 50 Hz, pak se zkouší při frekvenci vypočítané ze vztahu:

$$\sqrt{f_h \cdot f_d}$$

kde: f_h - horní mez vztažného rozsahu frekvence zkoušeného přístroje v Hz

f_d - dolní mez vztažného rozsahu frekvence zkoušeného přístroje v Hz

- 9.4.7 Kalibrovaný voltmetr se připojí na takovou hodnotu napětí po takovou dobu, které jsou uvedeny v jeho technické dokumentaci. Není-li čas temperace voltmetru při zatížení uveden, určuje se základní chyba ihned po jeho zapojení do obvodu.
- 9.4.8 Bezprostředně před započítáním zkoušení se nastaví nulová poloha ukazovatele podle čl. 9.1.4.
- 9.4.9 Při zkoušce základní chyby se postupuje následovně:
- dostatečně pomalým zvyšováním hodnoty napětí nastavujeme ukazovatel výchylky postupně (bez překývnutí a bez poklepu na voltmetr nebo podložku) na každou zkoušenou značku voltmetru
 - na etalonovém přístroji připojeném paralelně ke zkoušenému voltmetru odečítáme konvenčně pravou (skutečnou) hodnotu napětí
 - po dosažení maximální hodnoty měřicího rozsahu zvýšíme napětí na 120 % hodnoty odpovídající horní mezi měřicího rozsahu nebo na maximální výchylku (mechanický doraz) podle toho, co je menší
 - za obdobných podmínek začneme pomalu snižovat hodnotu napětí tak, abychom přivedli ukazovatel výchylky postupně na stejné značky stupnice jako při postupném zvyšování a skutečné hodnoty opět odečítáme z etalonového přístroje
 - poklepávat na přístroj během zkoušky za účelem dostavení ukazatele na daný dílek je zakázáno - dojde-li k překývnutí ručky nad (pod) zkoušený dílek, musí se nastavování opakovat od předcházejícího číslovaného dílku.
- 9.4.10 Základní chyba voltmetru δ_0 vyjádřená v procentech měřicího rozsahu se vypočítá ze vztahu:

$$\delta_0 = \frac{A_N - A_S}{A_M} \cdot 100 \quad (\%)$$

kde: A_N - nastavená hodnota na kalibrovaném voltmetru
 A_S - odpovídající hodnota (skutečná) etalonového přístroje
 A_M - maximální hodnota měřicího rozsahu

- 9.4.11 Mají-li se stanovit korekce, pak se základní chyba zkoušeného voltmetru určuje pro každou značku jako aritmetický průměr z chyb zjištěných při zvyšování a snižování napětí.
- 9.4.12 Zbytková odchylka ukazovatele od nulové značky se zjišťuje při plynulém zmenšování napětí od maximální hodnoty rozsahu po nulu.
- 9.4.13 Zbytková odchylka ukazovatele od nulové značky " Δl " nesmí přesahovat polovinu hodnoty vypočítané ze vztahu:

$$\Delta l = \frac{K_N \cdot l}{100}$$

kde: Δl - zbytková odchylka ukazovatele od nulové značky
 K_N - číslo označující třídu přesnosti voltmetru
 l - délka stupnice voltmetru v mm

10 Vyhodnocení kalibrace

Nastavené hodnoty napětí, jim odpovídající hodnoty etalonového přístroje a chyby zjištěné na jednotlivých značkách stupnice kalibrovaných měřicích rozsahů jsou uvedeny v kalibračním listu. Zjištěné chyby se porovnávají s dovolenými chybami. Vyhodnocení ostatních bodů je uvedeno v kapitole 9.

Pokud je na stupnici přístroje uvedena třída přesnosti jako číslo bez grafických doplňků, značí to, že dovolená chyba je vztahována na maximální hodnotu měřicího rozsahu.

Je-li na stupnici uvedena třída přesnosti jako číslo doplněné grafickým symbolem obrácená stříška, značí

to, že dovolená chyba je vztahována na délku stupnice.

Poznámka:

Symbole pro značení přístrojů a jejich příslušenství jsou uvedeny v ČSN EN 60 051-1, tab. 6.

Prohlášení o shodě s metrologickou specifikací

Prohlášení o shodě se provádí v souladu s rozhodovacím pravidlem, které je v souladu s dokumentem ILAC G08:09/2019 a, o kterém je žadatel informován.

11 Kalibrační list

Výsledky měření by měly být uváděny v souladu s normou ČSN EN ISO 17025 a jejího článku 7.8 – Uvádění výsledků. Jednou z forem je kalibrační list.

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl 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 číslo kalibrovaného voltmetru,
- e) datum přijetí voltmetru ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 4.1.2/03/24),
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který měřidlo kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede přidělenou kalibrační značku, číslo laboratoře a odkaz na osvědčení o 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). V tomto případě je vhodné kalibrační laboratoř zpracovala 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 nejčastěji s uvedením čísla kalibračního listu, datem provedení kalibrace, případně s logem laboratoře. Pokud to není výslovně uvedeno v některém interním podnikovém metrologickém předpisu nebo kupní smlouvě se zákazníkem, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na svém kalibračním štítku datum příští kalibrace, protože stanovení kalibrační lhůty měřidla je právem a povinností uživatele.

12 Péče o kalibrační postup

Originál kalibračního postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popř. revize kalibračního postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele (vedoucí kalibrační laboratoře nebo metrolog organizace).

13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

Uvedený příklad je pouze orientační a subjekt si může tuto dokumentaci upravit podle interních předpisů o řízení dokumentů.

13.1 Rozdělovník

Kalibrační postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

13.2 Úprava a schválení

Kalibrační postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

14 Stanovení nejistoty měření při kalibraci (příklad)

Příklad výpočtu nejistot při kalibraci střídavého analogového voltmetru

Rozbor nejistot:

Výhylkový AC voltmetr EL20 třídy př. 0,2 je kalibrován na hodnotě 150 V přímou metodou pomocí etalonového kalibrátoru Datron 4700, jehož přesnost je $\pm (0,018 \% \text{ z hodnoty} + 0,004 \% \text{ z rozsahu})$, což při 150 V odpovídá hodnotě $\pm 0,033 \text{ V}$ ($\delta V_S = 0,014 \text{ V}$).

Teplota okolí je $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ a rel. vlhkost $55 \% \pm 10 \%$. Napájecí napětí a frekvence je v požadovaných tolerancích. Etalon je kalibrován s jednorocní periodou, nejistota jeho kalibrace z kalibračního listu je na 150 V 4,8 mV pro $k = 2$ (0,0024 V pro $k = 1$).

Po kontrole mechanické nuly je na voltmetru postupně nastavován vždy celý číslovaný dílek (nejprve zesponu a následně ze shora) a na kalibrátoru je odečítána jeho hodnota ve voltech.

Voltmetr EL20 má specifikovaný odběr proudu napěťového obvodu 15 mA, což odpovídá 8x nižšímu zatížení než je povolená max. hodnota kalibrátoru (120 mA). Vliv zatížení kalibrátoru byl prověřen paralelně připojeným etalonovým digitálním voltmetrem.

Rozlišení voltmetru EL20 při 150 dílkové stupnici je 1 V (1 dílek), s ohledem na praxi etalonážního technika, zrcátkovou stupnici voltmetru, použití lupy a způsob kalibrace, lze max. rozlišení stanovit

jako 0,1 V ($\delta V_{iXROZ} = 0,029 \text{ V}$), rozlišení etalonového kalibrátoru je dostatečné (0,1 mV) a při posuzování nejistoty ho lze zanedbat.

Průměrná skutečná hodnota z 10 měření (každé měření zesponu a ze shora) byla vypočtena jako $V_S = 150,13 \text{ V}$ se standardní nejistotou typu A

$$u_A = 0,025 \text{ V.}$$

Chyba údaje E_x na kalibrovaném voltmetru: $E_x = \text{naměřená} - \text{skutečná (referenční)}$

$$E_x = (V_{iX} + \delta V_{iXROZ}) - (V_S + \delta V_S)$$

Přehled nejistot

Veličina X_i	Odhad x_i	Standardní nejistota $u(x_i)$	Pravděpodobnostní rozdělení	Citlivostní koeficienty c_i	Příspěvek k nejistotě $u_i(y)$
V_{iX}	150,000 V	0,025 V	normální	1,0	0,025 V
V_S	150,130 V	0,0024V	normální	-1,0	-0,0024 V
δV_{iXROZ}	0,000 V	0,029 V	rovnoměrné	1,0	0,029 V
$E_x =$	- 0,130 V			$u_{vX} =$	0,039 V

Kombinovaná nejistota u :

$$u = \sqrt{0,025^2 + (-0,0024)^2 + 0,029^2 + (-0,02)^2} = 0,039 \text{ V}$$

Odhad efektivních stupňů volnosti podle Welch-Satterthwaitova vztahu $v_{\text{eff}} = 73$, z čehož vyplývá koeficient rozšíření $k = 2$.

Rozšířená nejistota U pro $k = 2$:

$$U = k \cdot u(E_x) = 2 \cdot 0,039 \text{ V} = 0,078 \text{ V} \cong 0,08 \text{ V}$$

Změřená chyba E_x údaje analogového voltmetru je na hodnotě 150 V následující:

$$E_x = (- 0,13 \pm 0,08) \text{ V}$$

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

15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 7.2. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

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).