



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 8.1.1/04/24

OPTICKÝ A MECHANICKÝ OTÁČKOMĚR

Praha

Srpen 2024

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

Číslo úkolu: VII/1/24

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

Řešitel: Česká metrologická společnost, z.s.

Zpracoval: Ing. Vladimír Vilhelm

© ÚNMZ, ČMS

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

1 Předmět kalibrace

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci optických a mechanických otáčkoměrů s rozlišením 0,01 min⁻¹.

2 Související normy a metrologické předpisy

TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L1]
ČSN EN 61010-1ed.2	Bezpečnostní požadavky na elektrická měřicí, řídicí a laboratorní zařízení – část 1: Všeobecné požadavky	[L2]
ČSN EN 60359	Elektrická a elektronická měřicí zařízení – Vyjadřování vlastností	[L3]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří	[L3]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[L4]
EA-4/02 M:	Vyhodnocení nejistoty měření při kalibraci	[L5]
ILAC-G8:09/2019	Pokyny pro použití rozhodovacích pravidel a uvádění výroků o shodě	[L6]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci otáčkoměrů 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 otáčkoměrů jsou 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:

- 5.1.1 Kalibrátor v režimu frekvence s výstupním obdélníkovým signálem, s frekvencí 0,1 Hz až 10 kHz, amplitudou (0 až 10) V a dovolenou základní chybou $\pm (0,01 \text{ až } 0,5) \%$.
- 5.1.2 Funkční generátor v režimu frekvence výstupním obdélníkovým signálem s frekvencí 0,1 Hz až 10 kHz, amplitudou (0 až 10) V a dovolenou základní chybou $\pm (0,01 \text{ až } 0,5) \%$.
- 5.1.3 Referenční čítač s rozsahem 1 Hz až 10 kHz a dovolenou základní chybou $\pm (0,01 \text{ až } 0,5) \%$.
- 5.1.4 Měřicí stolice pro kalibraci mechanických otáčkoměrů s rozsahem (1 až 10000) min^{-1} .

Poměr mezi specifikací kalibrovaného otáčkoměru a nejistotou kalibrace referenčního kalibrátoru (generátoru, čítače) by měl být v každém zkoušeném bodě 4:1. Je-li poměr menší, je nutno hodnoty referenčního etalonu korigovat podle skutečných hodnot z jeho kalibračního listu.

Referenční čítač má mít možnost nastavení takového počtu číslic, aby umožňoval provádět odečet hodnot s rozlišitelností minimálně o jeden řád vyšší, než má kalibrovaný otáčkoměr.

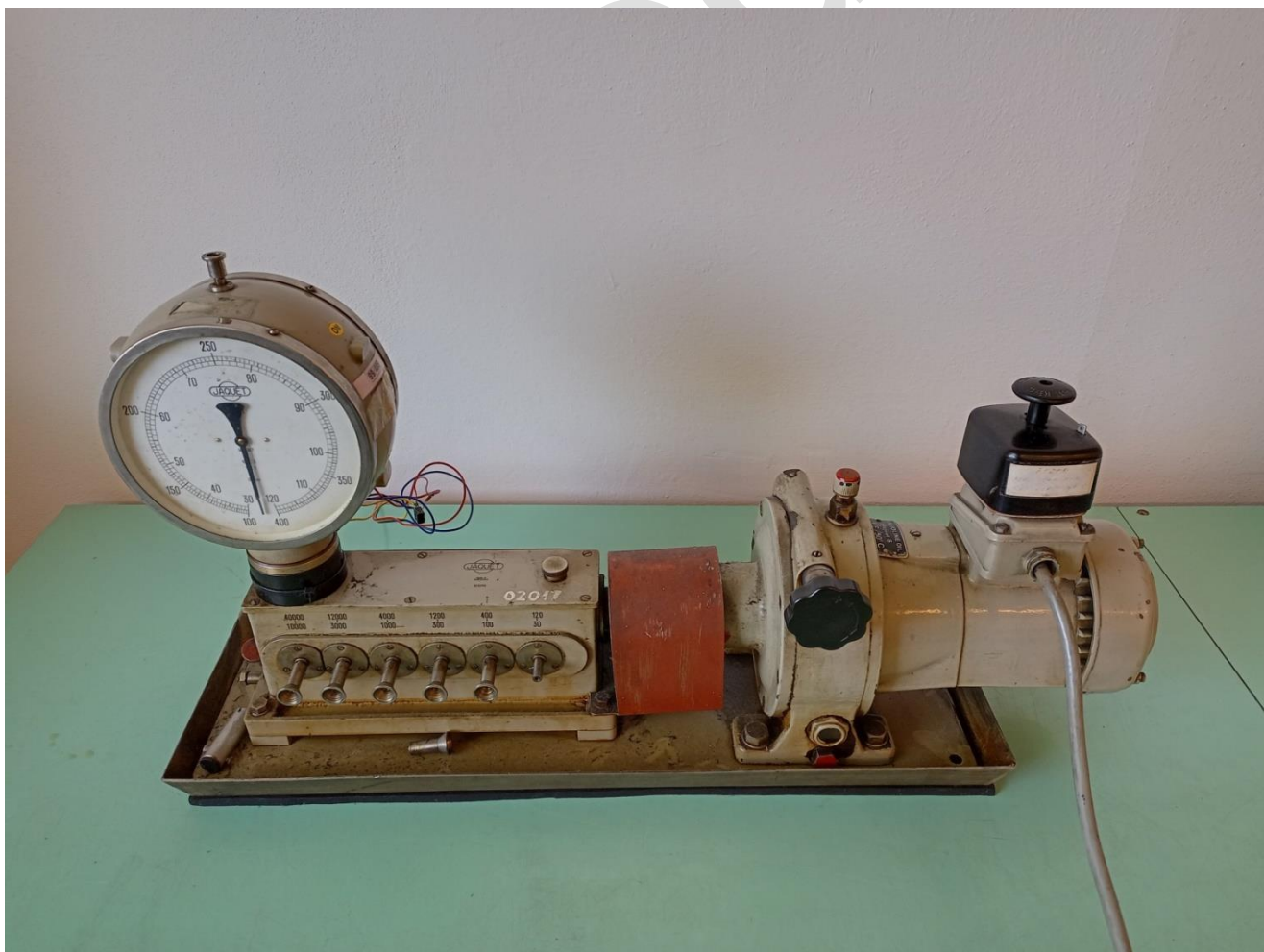
Doporučené typy:

Multifunkční kalibrátor Meatest, typ M-140, v režimu frekvence PWM, s frekvenčním rozsahem 0,01 Hz až 100 kHz, amplitudou (0,01 až 10)V, a s dovolenou základní chybou 0,005 %.

Funkční generátor KEYSIGHT, typ 33500B v režimu výstupního signálu obdélník, s frekvenčním rozsahem 0,001 HZ až 20 MHz, amplitudou (0,01 až 10)V, a s dovolenou základní chybou 0,002 %.

Frekvenční čítač KEYSIGHT, typ 53220 A, s frekvenčním rozsahem do 350 MHz a s dovolenou základní chybou od 0,0001 %.

Stolice pro kalibraci mechanických otáčkoměrů JOUANEL:



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
- 5.2.4 Čisticí prostředky

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

6 Obecné podmínky kalibrace – referenční podmínky

Kalibrace otáčkoměrů se provádí za následujících referenčních podmínek:

Teplota prostředí: 23 °C ± 1 °C pro otáčkoměry přesnosti 0,05 až 0,3 včetně
23 °C ± 2 °C pro otáčkoměry přesnosti 0,5 a horší

Vlhkost vzduchu: 40 % až 60 % relativní vlhkosti

7 Rozsah kalibrace

Při kalibraci měřidla se postupuje následovně:

- a) provést částečnou kalibraci přístroje podle článku 7.1 tohoto kalibračního postupu pro zjištění, zda je potřeba provést justování přístroje
 - b) provést justování přístroje podle dokumentace výrobce, pokud je potřeba
 - c) po justování provést kompletní kalibraci podle článku 7.1
 - d) 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 článek 9.2)
- 7.1.2 Kontrola provozuschopnosti (metodika článek 9.3)
- 7.1.3 Zkouška základní chyby.

8 Předběžná kontrola otáčkoměru

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 otáčkoměr se umístí do laboratoře s prostředím o teplotě a vlhkosti vzduchu dle čl. 6 a ponechá se v něm po dobu nejméně 8 hodin.

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

9.1.3 Jsou-li výrobcem specifikovány kontaktní unášeče (mechanické otáčkoměry), musejí být tyto unášeče pro zkoušky použity. Jinak musí být rozměry unášečů používaných pro zkoušení voleny tak, aby neovlivňovaly výsledky zkoušek.

9.2 Vnější prohlídka

Zjišťuje se, zda:

- kryt otáčkoměru, displej, optické ústrojí u optických otáčkoměrů a unášeč a mechanické ústrojí u mechanických otáčkoměrů nejsou poškozeny,
- otáčkoměr je vybaven všemi součástkami a příslušenstvím potřebným ke zkoušení,
- nápisy a technické údaje na otáčkoměru jsou zřetelné a jsou v souladu s technickou dokumentací.

9.3 Zkouška provozuschopnosti

Zjišťuje se, zda:

- síťové napětí, na které bude otáčkoměr připojen, odpovídá napájecímu napětí otáčkoměru, je-li napájen z baterií, provede se kontrola jejich stavu,
- lze správně a úplně zobrazit všechna čísla a pomocné indikační prvky displeje v závislosti na nastaveném rozsahu a měřené hodnotě otáček,
- přepínače měřicích rozsahů jsou funkční, mají správnou aretaci odpovídající zvolenému měřicímu rozsahu a zobrazené údaje na displeji odpovídají tomuto nastavení,
- správně proběhne test otáčkoměru po jeho zapnutí, je-li jím vybaven.

9.4 Temperace otáčkoměru

Po teplotní stabilizaci dle bodu 9.1.1 se otáčkoměr, je-li napájený ze sítě, připojí k síťovému napětí, zapne se a nechá se po dobu stanovenou výrobcem temperovat. Není-li výrobcem stanovena doba temperace, ponechá se otáčkoměr v tomto stavu po dobu 30 minut. U otáčkoměru napájeného z baterií se temperace neprovádí.

9.5 Zkouška základní chyby

Základní chyba otáčkoměru se zjišťuje prověřením linearitu na základním rozsahu. Není-li stanoven základní rozsah a zákazník nspecifikoval tyto hodnoty, provádí se zkouška na rozsahu 1000 min^{-1} až 10000 min^{-1} pro optické otáčkoměry nebo v rozsahu 100 min^{-1} až 1000 min^{-1} pro mechanické otáčkoměry.

Optické otáčkoměry:

Na výstupní BNC konektor generátoru nebo kalibrátoru se připojí LED dioda ve správné polaritě, případně spínací obvod s tranzistorem. Amplituda výstupního signálu se nastaví na hodnotu maximálně 3 V. LED dioda, která bliká s frekvencí nastavenou na generátoru nebo kalibrátoru, se nastaví proti optickému ústrojí otáčkoměru. Etalonová hodnota otáček se vypočítá ze vztahu:

$$n = f \cdot 60$$

kde:

n – otáčky v jednotkách min^{-1}

f – frekvence v jednotkách Hz

Mechanické otáčkoměry:

Mechanický unášeč otáčkoměru se přiloží k vhodnému typu unášeče stolice pro kalibraci mechanických otáčkoměrů.

9.6 Zkouška přesnosti

Zkouška přesnosti otáčkoměru se provádí ve třech bodech (cca 10 %, 50 % a 90 %) na každém rozsahu otáčkoměru.

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Postup vyhodnocení

Vyhodnocení kalibrace se v kalibračních laboratořích provádí ručně nebo pomocí výpočetní techniky.

Naměřené hodnoty na zkoušeném otáčkoměru a jim odpovídající skutečné hodnoty z referenčního přístroje, chyby zjištěné na těchto hodnotách a povolené chyby dané technickou dokumentací otáčkoměru jsou uvedeny v kalibračním listu spolu s vypočítanými nejistotami. Vyhodnocení spočívá v porovnání zjištěných chyb zvýšených o rozšířenou nejistotu měření "U" s dovolenými chybami uvedenými ve specifikaci otáčkoměru.

Chyba otáčkoměru δ_0 vyjádřená v procentech z naměřené hodnoty se pro každou zkoušenou hodnotu vypočítá ze vztahu:

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

kde:

A_N - naměřená hodnota na kalibrovaném otáčkoměru

A_S - skutečná hodnota

Na žádné zkoušené hodnotě nesmí zjištěná chyba převyšovat hodnotu specifikované chyby kalibrovaného otáčkoměru.

Pozor! Pro porovnání zjištěné chyby je nutno specifikovanou chybu uváděnou u číslicových otáčkoměrů většinou jako chybu z rozsahu + chybu z hodnoty + další aditivní chybu převést na chybu z hodnoty.

10.2 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrovaný otáčkoměr nevyhověl na některém měřicím rozsahu a je možnost provést jeho justaci (změnu kalibračních konstant), provede se dostavení parametrů podle postupu výrobce a kalibrace se po té opakuje. Kalibrační list pak v tomto případě musí obsahovat jak hodnoty před dostavením, tak po něm.

Je-li zjištěná chyba větší než specifikovaná a nelze-li otáčkoměr dojustovat nebo nevyhověl-li otáčkoměr jiným požadavkům, je odstraněn z otáčkoměru kalibrační štítek a kalibrační laboratoř předává zákazníkovi návrh na opravu, případně na vyřazení otáčkoměru.

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 otáčkoměru,
- e) datum přijetí otáčkoměru 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 8.1.1/04/24),
- 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, aby 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)

Zdroje a výpočet nejistoty typu A:

Průměrná hodnota:
$$\bar{V} = \frac{\sum V_i}{n}$$

Směrodatná odchylka:
$$s_V = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (V_i - \bar{V})^2}$$

Odhad rozptylu:
$$s_x^2 = \frac{1}{n} s_V^2$$

Nejistota typu A:
$$u_A = \sqrt{s_x^2}$$

Zdroje a výpočet nejistoty typu B:

U_{B1} – specifikace přesnosti etalonového měřidla; rovnoměrné rozdělení

U_{B2} – nejistota kalibrace etalonu pro $k = 1$

U_{B3} – nejistota způsobená konečnou rozlišovací schopností kalibrovaného přístroje; rovnoměrné rozdělení

$$u_{B3} = \frac{1}{2} \cdot \frac{MHR}{|b| \cdot dig}$$

Kde: MHR - maximální hodnota rozsahu kalibrovaného přístroje,

b - hodnota kontrolního bodu,

dig - počet digitů kalibrovaného přístroje.

Ostatní zdroje nejistot jsou při dodržení podmínek zanedbatelné.

Nejistota typu B:
$$u_B = \sqrt{\left(\frac{u_{B1}}{\sqrt{3}}\right)^2 + u_{B2}^2 + \left(\frac{u_{B3}}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

Kombinovaná nejistota:
$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

Rozšířená nejistota:
$$U_{k=2} = 2u$$

Kalibrace otáčkoměru s rozlišením 1 min^{-1} na hodnotě 9000 min^{-1} ; porovnání s etalonovým kalibrátorem.

$$u_A = \sqrt{s_x^2} = \text{zanedbatelná, údaj kalibrátoru se nemění}$$

$u_{B1} = 0,0050 \%$ - zjištěno z technické dokumentace kalibrátoru

$u_{B2} = 0,0012 \%$ - zjištěno z kalibračního listu etalonu (pro $k=1$)

$u_{B3} = 0,0055 \%$ – při rozlišení kalibrovaného otáčkoměru.

$$u_B = \sqrt{\left(\frac{u_{B1}}{\sqrt{3}}\right)^2 + u_{B2}^2 + \left(\frac{u_{B3}}{\sqrt{3}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,0050}{\sqrt{3}}\right)^2 + 0,0012^2 + \left(\frac{0,0055}{\sqrt{3}}\right)^2} = 0,0045 \%$$

$$U_{k=2} = 2u_B = 2 \cdot 0,0045 = 0,0090 \%$$

Přehled nejistot:

Zdroj nejistot	Odhad	Pravděpodobnost rozdělení	Standardní nejistota	Citlivostní koeficient	Příspěvek k nejistotě
u_A	zanedbatelná				
u_{B1}	0,0050 %	rovnoměrné	0,0029 %	1	0,0029 %
u_{B2}	0,0012 %	normální	0,0012 %	1	0,0012 %
u_{B3}	0,0055 %	rovnoměrné	0,0032 %	1	0,0032 %
U					0,0090 %

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).

Neprodáváme