



Česká metrologická společnost, z. s.

Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1

tel: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.spolky-csvts.cz/cms

Kalibrační postup

KP 2.5.2/02/25

**KALIBRACE MĚŘIDEL A MĚŘICÍCH ŘETĚZCŮ
SIMULACÍ VÝSTUPNÍCH SIGNÁLŮ SNÍMAČŮ A
PŘEVODNÍKŮ**

**Kalibrační postup je validován. Doklad o validaci je archivován
Českou metrologickou společností, z.s. pod číslem kalibračního postupu.**

Praha

Říjen 2025

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

Číslo úkolu: VII/2/25

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

Řešitel: Česká metrologická společnost, z. s. (revize 2)

1 Předmět kalibrace

Tento kalibrační postup byl vypracován v souladu s dokumentem EURAMET cg-11, verze 2.0 (03/2011) „Návody na kalibraci teplotních indikátorů a simulátorů pomocí elektrické simulace a měření“ s využitím všech funkcí, které lze generovat procesními kalibrátory. Vztahuje se na kalibraci měřidel fyzikálních veličin (indikátory, měřicí trasy), jejichž snímače lze simulovat některým z následujících výstupních signálů:

- a) elektrický odpor (odporové snímače teploty, odporový výstup potenciometrů tlakoměrů apod.)
- b) nízkourovňové napětí (výstupní napětí termoelektrických článků, tenzometrických snímačů tlaku, síly, mechanického napětí apod.)
- c) unifikovaný výstupní signál (převodníky s proudovým výstupem do 24 mA, převodníky s napěťovým výstupem do max. rozsahu do 50 V)

Simulaci termoelektrických článků je možno provést se čtyřmi variantami referenčního konce:

- a) teplota referenčního konce 0 °C
- b) referenční konec při teplotě okolí (interní teplota kalibrátoru)
- c) referenční konec při teplotě okolí (teplota okolí měřena samostatně a automaticky kompenzována)
- d) referenční konec při libovolné teplotě (teplota programovatelná)

Postup se vztahuje ke kalibracím těchto typů měřidel:

- 1) Elektronických měřidel teploty a měřicích tras pracujících s odporovými snímači teploty s rozsahem simulovaného odporu typicky do 5 k Ω nebo dle rozsahu kalibrátoru. Kalibrovaná měřidla obvykle zobrazují teploty přímo v hodnotách teplotní stupnice dle zvolené normy a typu odporového teploměru.
- 2) Elektronických měřidel teploty a měřicích tras pracujících s termoelektrickými snímači teploty s rozsahem simulovaného napětí typicky do ± 100 mV. Kalibrovaná měřidla obvykle zobrazují teploty přímo v hodnotách teplotní stupnice dle zvolené normy a typu termočlánku.
- 3) Elektronických měřidel, měřicích tras snímačů fyzikálních veličin a převodníků fyzikálních veličin, které pracují se signálem v rozmezí např. (0 až 5) k Ω , (0 až 24) mA nebo (0 až 50) VDC.

Skutečné rozsahy výstupních signálů jsou dány typem použitého procesního kalibrátoru.

1.1 Princip kalibrace

Simulace termoelektrických článků

Místo snímače je na vstupní svorky měřidla (měřicí trasy) připojen procesní kalibrátor, který simuluje výstupní termonapětí termočlánku spolu s matematickým přepočtem na teplotu dle normy ČSN EN 60584-1 ed. 2.

Simulace odporových snímačů teploty

Místo snímače je na vstupní svorky měřidla (měřicí trasy) připojen procesní kalibrátor, který simuluje výstupní odpor snímače spolu s matematickým přepočtem na teplotu podle:

- normy ČSN EN IEC 60751 ed. 2 (platinové odporové snímače),
- dokumentace výrobce pro ostatní odporové snímače (např. Ni).

Simulace ostatních snímačů fyzikálních veličin

Místo snímače je na vstupní svorky měřidla (měřicí trasy) připojen procesní kalibrátor, který simuluje výstupní signál snímače bez matematického přepočtu na hodnotu fyzikální veličiny.

Dolní a horní mez měřicího rozpětí snímače odpovídají dolní a horní mezi výstupního signálu, přičemž závislost mezi hodnotami fyzikální veličiny a hodnotami výstupního signálu je nejčastěji lineární. Tato závislost musí být při simulaci známa např. z podkladů výrobce, nastavení převodníku, výrobních údajů snímače apod.

2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN EN IEC 60751 ed. 2	Průmyslové platinové odporové teploměry a platinové teplotní senzory	[1]
ČSN EN 60584-1 ed. 2	Termoelektrické články – Část 1: Údaje napětí a tolerance	[2]
ČSN IEC 381-1 + Z1	Analogové signály pro systémy řízení procesů. Část 1: Stejněsměrné proudové signály	[3]
ČSN IEC 381-2	Analogové signály pro systémy řízení procesů. Část 2: Stejněsměrné napěťové signály.	[4]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[5]
EA-4/02 M:2022	Vyhodnocení nejistoty měření při kalibraci	[6]
EURAMET cg-11, verze 2.0	Guidelines on the Calibration of Temperature Indicators and Simulators by Electrical Simulation and Measurement Euramet 03/2011	[7]
Dokument ILAC-G8:09/2019	Pokyny pro použití rozhodovacích pravidel a uvádění výroků o shodě. Vyd. ČIA 03/2020. https://www.cai.cz/wp-content/uploads/2020/04/ILAC-G8-2019-1.pdf	[8]
ČSN EN ISO/IEC 17025:2018	Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří	[9]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků, kteří kalibrují měřidla je stanovena předpisem organizace, který se týká způsobilosti personálu v oblasti metrologie. Tito pracovníci se seznámí s kalibračním postupem a souvisejícími předpisy.

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

4 Názvosloví, definice

Názvosloví a definice jsou obsaženy v normách a informacích zejména v TNI 01 0115 (VIM 3), a v normách jednotlivých typů simulovaných snímačů.

Ostatní pojmy:

- simulace výstupního signálu snímače*: náhrada snímače fyzikální veličiny procesním kalibrátorem, který generuje stejný výstupní signál jako původní snímač (měřicí řetězec se chová stejně jako se snímačem, ale neměří hodnotu fyzikální veličiny; ta je emitována kalibrátorem), náhrada je provedena za účelem kalibrace indikátoru.

- *procesní kalibrátor*: zařízení určené k měření, resp. simulaci elektrických veličin, zejména výstupních signálů snímačů teploty, proudových i napěťových unifikovaných výstupních signálů, pulzních a frekvenčních výstupů apod. Často umožňují spojení s tlakovými moduly pro přímé měření tlaku, nahrazují HART komunikátory, umožňují i přímou kalibraci vlastních snímačů apod. Kromě univerzálních kalibrátorů existují i jednodušší a levnější jednoúčelové přístroje (simulace termoelektrických snímačů, odporových teploměrů, proudové smyčky atd.).
- *ukazatel teploty*: indikační zařízení, které se obvykle používá ve spojení se snímačem teploty k měření teploty. Zařízení udává v teplotních jednotkách hodnotu odvozenou z měření, vstupní parametr je závislý na teplotě, jako je elektrický odpor nebo napětí. Převod z elektrických parametrů na jednotky teploty je obvykle založen na standardních referenčních tabulkách.
- *měřicí trasa*: část měřicího řetězce, která obvykle začíná na svorkách snímače a končí indikací hodnoty měřené veličiny (panelové měřidlo, PC apod.). Součástí měřicí trasy mohou být různé typy převodníků signálů, svorkovnice, indikační přístroje a spojovací kabely.
- *měření odporu dvěma vodiči*: měření odporu, při kterém je odpor připojen k měřicímu přístroji odporu pomocí dvou vodičů. Indikace měřicího přístroje zahrnuje odpor připojovacích vodičů a kontaktní odpory.
- *měření odporu třemi vodiči*: technika měření odporu, při které je odpor připojen k měřicímu přístroji pomocí tří vodičů; přístroj má tři měřicí svorky, z nichž dvě jsou připojeny ke společnému bodu na měřeném odporu; tato technika se používá ke kompenzaci odporu vodičů.
- *měření odporu čtyřmi vodiči*: technika měření odporu, při které se k připojení odporu k měřicímu přístroji používají čtyři vodiče; přístroj je vybaven dvěma páry svorek, jeden pár (nazývaný proudové svorky) poskytuje měřicí proud, zatímco druhý pár (nazývaný napěťové svorky) měří úbytek napětí na odporu; indikace měřicího přístroje je definována připojovacími body napěťových vodičů na rezistoru; odpor vodičů a kontaktů je z měření vyloučen.
- *kompenzační kabely termoelektrických snímačů*: kompenzační kabely se vyrábějí z vodičů, jejichž složení se liší od složení odpovídajícího termočlánku, ale mají podobné termoelektrické vlastnosti.
- *prodlužovací kabely termoelektrických snímačů*: prodlužovací kabely jsou vyrobeny z vodičů se stejným jmenovitým složením jako odpovídající termočlánky.
- *CJC – referenční nebo studený spoj*: spoj termočlánku, který má známou (referenční) teplotu, se kterou se porovnává naměřená teplota (jedná se většinou o interní studený konec indikační jednotky nebo procesního kalibrátoru).

5 Prostředky potřebné pro kalibraci

5.1 Metoda kalibrace

Simulaci signálů snímačů měřicích tras, resp. indikátorů zahrnujeme mezi metody přímého porovnání údajů kalibrovaného měřidla s údají etalonu. Používá se nejen ke kalibracím, ale také při hledání vadné části měřicího řetězce v okamžiku, kdy je zjištěna jeho významná odchylka od specifikace. Kalibrací kontrolujeme funkci převodu elektrického signálu na ekvivalentní údaj v jednotkách fyzikální veličiny (např. °C).

5.2 Etalonová zařízení

Jako etalony jsou používány multifunkční kalibrátory různých typů a výrobců (AOIP, Beamex, Isotech atd.) v jednoúčelovém nebo univerzálním provedení. Příslušenství musí obsahovat připojovací vodiče s vhodným uchycením konců (klipsy, očka, volné konce apod.). Základním materiálem vodičů je měď (ideálně s pozlaceným připojením), souprava musí obsahovat připojovací kompenzační nebo prodlužovací vedení všech typů simulovaných termoelektrických článků. Pro simulaci odporových teploměrů je možné použít etalonovou odporovou dekádu s dělením $0,01 \Omega$.

5.3 Ostatní zařízení

Mezi ostatní měřidla a pomocné prostředky patří:

- Digitální záznamový teploměr příp. sdružený teploměr – vlhkoměr,
- Čisticí prostředky, základní typy termočládkových konektorů,
- Pomocný snímač teploty (Pt 100) pro měření teploty CJC (je-li použito),
- Souprava náradí,
- Ruční multimetr (pomocné měřidlo).

Pozn.: Všechna použitá měřidla a měřicí prostředky musí být navázány na vhodný etalon a mít platnou dobu kalibrace.

6 Obecné podmínky kalibrace

Referenční teplota leží obvykle v rozmezí $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, pracovní teplota vyplývá ze specifikace procesního kalibrátoru. Při překročení referenčního rozmezí teplot (externí výkony) je třeba uvažovat jako jeden ze zdrojů nejistoty teplotní závislost kalibrátoru. Není-li uvedena ve specifikaci, uvažujeme max. hodnotu 10 % deklarované přesnosti / $^\circ\text{C}$. Vlhkost obvykle vyhovuje v rozmezí $(50 \pm 30) \% RH$ nekondenzující, není-li výrobcem stanoveno jinak. Změny teploty okolního vzduchu během měření nesmí překročit $\pm 1 ^\circ\text{C}$, při simulaci termočládků je mezní hodnotou změna $\pm 0,5 ^\circ\text{C}$ během měření (ovlivnění CJC). V souladu s požadavky zákazníka má postup kalibrace dovolit vyhodnocení hystereze, linearity a opakovatelnosti kalibrovaného přístroje.

6.1. Obecné požadavky

1. Rozšířená nejistota etalonu ($k = 2$), použitého pro měření musí být menší nebo nejvýše rovna 1/3 největší očekávané dovolené chyby zkoušeného měřidla.
2. Vibrace a rázy je nutno během měření zcela vyloučit.
3. Vnější elektrická a magnetická pole nesmí způsobit chybu větší než 5 % z největší dovolené chyby měřidla.
4. Procesní kalibrátory pracují obvykle s nezávislými zdroji, jejich stav a nabití musí být během měření sledováno.
5. Teplotu kalibrátoru v prostoru simulace je třeba stabilizovat podle pokynů výrobce. Není-li tento údaj dostupný, uvažujeme dobu temperace min. 30 minut.

7 Rozsah kalibrace

Rozsah kalibrace řeší článek 1 tohoto kalibračního postupu.

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

Převzetí a předávání měřidla jsou řešeny v pracovním postupu nebo v příručce kvality. Předávací protokoly se obvykle vyplňují na místě kalibrace, aby byly popsány aktuální a reálné podmínky (počet měření, identifikace zákazníka, kontaktní osoba, zapůjčení podkladů atd.).

Příprava před měřením

Před měřením musí být teplotní indikátor, resp. měřicí řetězec:

- Zkontrolován, zda není zjevně mechanicky poškozen (vedení, ochranné armatury, svorkovnice, vlastní měřidlo; nevhodné rozbočení signálu při měření pomocí ovládacích PC, stínění nízkoúrovňových signálů atd.), zda je napájecí kabel nebo el. napájecí zdroj součástí soupravy měřidla (u nezávislých zdrojů kontrola stavu baterií), kontrola stavu displeje po zapnutí bez snímače obvykle není možná; vhodná je dostupnost příslušné technické dokumentace.
- Umístěn v laboratoři za podmínek uvedených v kap. 6, minimálně 4 hodiny před začátkem kalibrace a po připojení napájecího napětí po dobu potřebnou pro ustálení pracovního režimu teplotního kalibrátoru udanou výrobcem. Také procesní kalibrátor musí být temperován na teplotu okolí (při měření termoelektrických snímačů podmiňuje dostatečná teplota přesnost měření). Temperační doba kalibrátoru závisí na rozdílu teplot a pohybuje se v rozmezí 30 minut (laboratoř) až 2 hodiny (externí výkony).
- Před zahájením simulace odporových snímačů teploty musíme zjistit jejich způsob zapojení (2 W, 3 W nebo 4 W). Při zapojení 2 W musíme znát odpor přívodních vodičů, který se odečítá od naměřené hodnoty, nebo musíme použít takový průřez vodičů, jehož odpor bude zanedbatelný vzhledem k požadované přesnosti měření. Při simulaci zapojení 3 W musíme použít vodiče identického odporu (stejný průřez, délka a materiál).
- Před simulací termoelektrických článků musíme zjistit způsob realizace studeného konce přístroje (řetězce) a podle toho provést nastavení CJC na kalibrátoru. Kontrola správného nastavení je možná simulací hodnoty 0 °C.
- Existuje několik způsobů, jak dosáhnout přesné teploty referenčního spoje. Jedním ze způsobů je umístit referenční spoj termočlánek do prostředí s velmi stabilní a dobře definovanou teplotou. Například směs ledu s vodou, připravená v souladu s technikou aproximace teplotní stupnice ITS-90, poskytne stabilní teplotu 0 °C s typickou nejistotou <10 mK. Alternativně lze také použít velký dobře izolovaný měděný blok při okolní teplotě za předpokladu, že teplota bloku se měří pomocí externího standardního teploměru. Alternativou k fyzikálně realizované referenční teplotě je použití speciální kalibrační pícky určené pouze k realizaci teploty 0 °C. Takové zařízení musí být před použitím kalibrováno.
- Pro připojení indikátoru nebo simulátoru k externímu referenčnímu studenému spoji (úplný termočlánek) se používají termočlánekové vodiče nebo prodlužovací kabely (je třeba se vyhnout použití kompenzačního vedení). Kabely nebo vodiče musí být kalibrovány ve vhodném teplotním rozsahu v blízkosti běžné laboratorní teploty a korekce těchto prvků jsou pak zohledněny v procesu měření nebo při odhadu nejistoty. Volba termočlánekových vodičů nebo prodlužovacích kabelů závisí na typu uvažovaného termočláneku. Jednou z metod kalibrace termočlánekových vodičů (nebo prodlužovacího kabelu) je výroba termočláneku z těchto vodičů a jeho kalibrace pomocí běžných akreditovaných postupů. Během následné kalibrace teplotního indikátoru a simulátoru budou termočlánekové vodiče použity v omezeném teplotním rozsahu (od 0 °C do teploty svorek, max. do 50 °C). V důsledku

toho by měla být kalibrace termočlánekových vodičů provedena v tomto teplotním rozsahu.

- Před simulací ostatních snímačů fyzikálních veličin musíme znát závislost mezi vstupní a výstupní veličinou [např. rozpětí vlhkosti (10 až 90) % *RH* odpovídá lineární výstupní signál (0 až 5) VDC; rozpětí tlakové difference (0 až 20) kPa odpovídá odmocninový výstupní signál (4 až 20) mA atd.]. Převodník na unifikovaný výstupní signál může být sou-

částí měřicího řetězce nebo snímače. V každém případě je nutné kontrolovat, zda nastavení převodníku odpovídá uvedené závislosti. Podle funkčního vztahu volíme rozmezí a počet kalibračních bodů; vždy vycházíme z požadavků zákazníka. Samozřejmostí je dodržení správné polarizace vodičů.

Mezi základní zásady obsluhy kalibrátoru patří, že při jeho vypínání musí být simulovaná hodnota vždy nulová.

9 Postup kalibrace

V *Tabulce č. 1* je uveden odkaz na způsob zapojení kalibrátoru podle typu simulovaného výstupního signálu snímače teploty (fyzikální veličiny). Použití jednotlivých zapojení je uvedeno v následujícím popisu měření.

9.1 Simulace termoelektrických článků, interní CJC

Provede se propojení výstupních svorek teplotního kalibrátoru se vstupními svorkami indikačního přístroje nebo s kabelem odpojeným ze svorkovnice v hlavě snímače teploty. Propojení musí být realizováno kompenzačním nebo prodlužovacím vedením příslušného typu termoelektrického článku. Podle návodu k obsluze kalibrátoru se z nabídky vybere požadovaný typ termoelektrického článku (J, K, S...), případně druh teplotní stupnice (ITS-68, ITS-90, °C...) a norma (ČSN, ČSN EN, DIN), dle které se provede měření. Před vlastním měřením je nezbytná teplotní kompenzace CJC, tj. vyrovnání teploty studeného konce kalibrátoru a kalibrovaného měřidla. Vyrovnání teplot kontrolujeme při nastavené teplotě 0 °C a obvykle je dosaženo v intervalu (0,5 až 1) hod. Při kalibraci v laboratoři je vhodné umístit kalibrátor a měřidlo do bezprostřední blízkosti den před provedením měření. Vyrovnání je pak dosaženo v čase potřebném pro vyrovnání teplot po zapnutí. Při kalibraci u zákazníka je nezbytné zahájit temperaci kalibrátoru ihned po příjezdu na místo kalibrace a využít tak čas na přípravu měření (identifikace připojovacích míst, odpojení snímačů, seznámení s indikačními měřidly). Při měření nastavujeme na teplotním kalibrátoru teplotu a porovnáváme ji s údajem kalibrovaného měřidla (panelový přístroj, údaj na ovládacím panelu, údaj na řídicím PC apod.).

Tabulka č. 1: Metody simulací

Měřidlo typ	Snímač teploty typ	Nastavení režimu simulace u kalibrátoru	Zapojení měření	Popis měření
Indikátor (měřicí trasa) termoelektrického napětí s interním CJC	Termoel. článek	Volba typu termoelektrického článku, CJC „ON“	Obr. č. 1	9.1.
Indikátor (měřicí trasa) termoelektrického napětí bez interního CJC	Termoel. článek	Volba typu termoelektrického článku, CJC „OFF“ nebo programově nastaveno na jmenovitou teplotu CJC	Obr. č. 2	9.2.
Indikátor (měřicí trasa) termoelektrického napětí bez interního CJC	Termoel. článek	Volba typu termoelektrického článku, CJC nastaveno do funkce „MĚŘENÍ“ a připojeno nezávislé měření teploty okolí	Obr. č. 3	9.3.
Indikátor (měřicí trasa) odporového snímače teploty	Odporový snímač	Volba typu odporového snímače, 4W připojení na svorkovnici nebo připojovací kabel trasy	Obr. č. 4	9.4
Indikátor (měřicí trasa) snímače s převodníkem	Snímač fyzikální veličiny s unifikovaným výstupním signálem	Volba typu výstupu (proudový, napěťový) a typu převodníku (aktivní, pasivní)	Obr. č. 5	9.5.

Výstupní signál je přepočítáván podle zvolené závislosti interním programem kalibrátoru. Jestliže jsou měřidlo nebo měřicí trasa nastavovány, kromě hodnot před a po nastavení uvádíme na kalibrační list i nastavení přístroje (při první kalibraci) nebo původní a nové nastavovací konstanty (opakovaná kalibrace). Obvykle je nastavován offset přístroje (nastavení nuly), nastavení rozsahu nebo směrnice lineární závislosti. U převodníků mohou být nastaveny i dvojice kalibračních bodů, podle kterých je SW vytvořena kalibrační křivka.

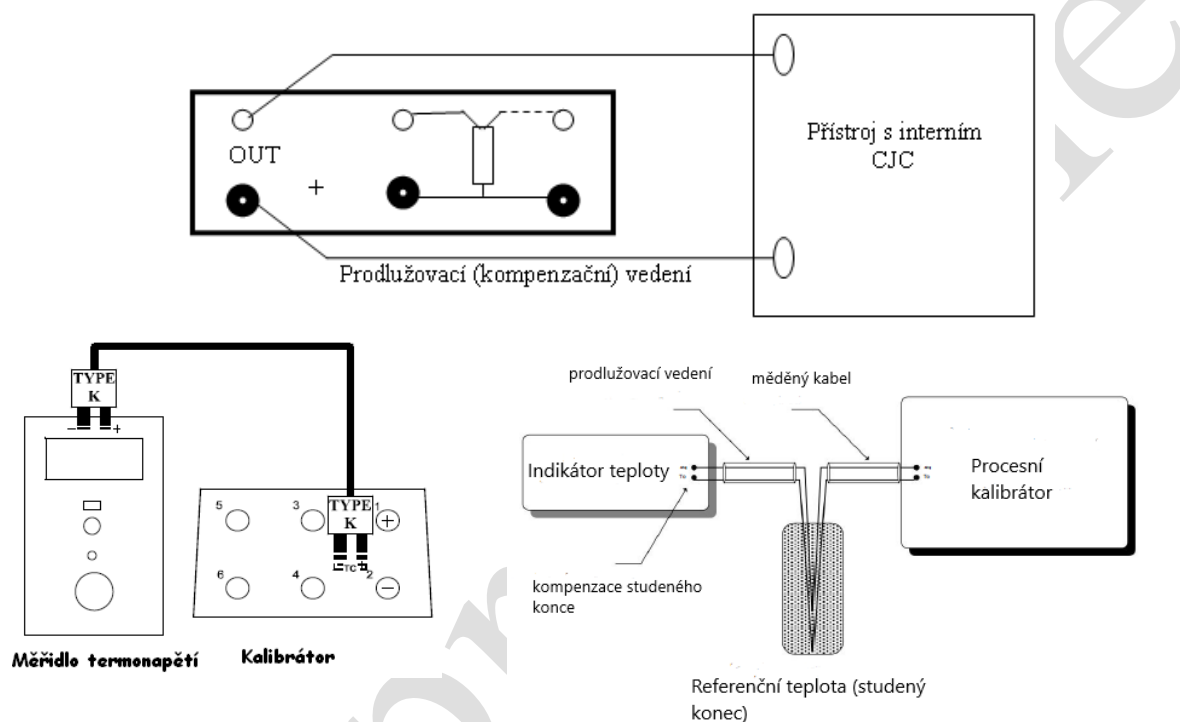
Z každé měřené hodnoty je proveden odečet min. 4x a je určena střední hodnota teploty. Měření se provádí min. ve třech bodech podle velikosti měřicího rozpětí teploty, u elektronických analogových měřidel je simulace prováděna ve směru vzrůstající i klesající hodnoty teploty (zjištění vlivu hystereze mechanismu).

Moderní procesní kalibrátory mají zabudovaný univerzální připojovací konektor pro termočlánky (obvykle provedení MINI) a pro připojení je použito nejen kompenzační vedení, ale i protikus konektoru podle příslušného typu termočlánku.

Kalibraci lze provést také vytvořením tzv. úplného termoelektrického článku (viz obr. 1 spodní část vpravo). Tento případ se týká měřidel, u kterých při simulaci termoelektrických článků není možné nastavit kompenzaci studeného konce na teplotu 0 °C. Tato varianta nastane, pokud má indikátor teploty zástrčku pro připojení termočlánku určitého typu. Aby nedošlo v bodě spojení termočlánekového propojovacího vedení a měděných vodičů ke vzniku parazitního termoelektrického napětí, musí být tyto spoje vložené do teploty okolí $T = 0$

°C. Při měření je vytvořen externí referenční studený konec (Dewarova nádoba s ledovou kaší, pírka nulového bodu apod.), pro připojení indikátoru nebo simulátoru k externímu referenčnímu spoji se používají termočláňkové vodiče nebo prodlužovací vedení (je třeba se vyhnout použití kompenzačního vedení, viz poznámka v kapitole 8). Kabely nebo vodiče musí být kalibrovány ve vhodném teplotním rozsahu v blízkosti běžné laboratorní teploty a korekce těchto prvků budou zohledněny v procesu měření nebo při odhadu nejistoty. Volba termo-

čláňkových vodičů nebo prodlužovacích kabelů závisí na typu uvažovaného termočláňku, kalibrace těchto vodičů se provádí podle popisu v kapitole 8 postupu.



Obr. č. 1: Schéma zapojení simulace termoelektrického članku s interním CJC při použití dvou typů kalibrátorů (se vstupními svorkami a se zabudovaným termočláňkovým konektorem) a zapojení při kalibraci s realizací studeného konce 0 °C.

9.2 Simulace termoelektrických članků bez interního CJC

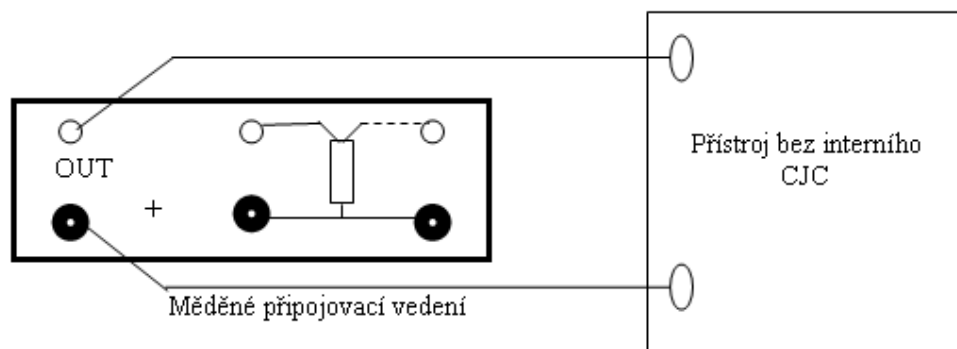
Metodika je určena pro měřidla (řetězce), která pracují s externím referenčním koncem termoelektrického snímače (např. termostatická krabice ZEPABOX, umístění referenčního konce na termostatické svorkovnici s měřenou teplotou apod.). Propojení se provede stejně jako v kapitole 9.1 měděným spojovacím vedením. Pro CJC 0 °C je interní CJC kalibrátoru vypnuto, pro definovanou teplotu CJC je tato teplota programově nastavena do kalibrátoru jako pevná hodnota teploty CJC. Můžeme také vytvořit samostatný vnější referenční konec termočláňku dle kap. 9.1 postupu. Podle návodu k obsluze kalibrátoru se z nabídky vybere požadovaný typ termoelektrického članku (J, K, S...), případně druh teplotní stupnice (ITS-68, ITS-90, °C ...) a norma (ČSN, ČSN EN, DIN), dle které se provede měření. Temperace přístroje se provede v souladu s návodem výrobce (referenční teplotní rozpětí, při překročení nutné akceptovat teplotní závislost jako složku nejistoty měření). Při měření nastavujeme na teplotním kalibrátoru teplotu a porovnáváme s údajem kalibrovaného měřidla (panelový přístroj, údaj na ovládacím panelu, údaj na řídicím PC apod.). Výstupní signál je přepočítáván

podle zvolené závislosti interním programem kalibrátoru. Pro nastavení platí stejná pravidla jako v kapitole 9.1.

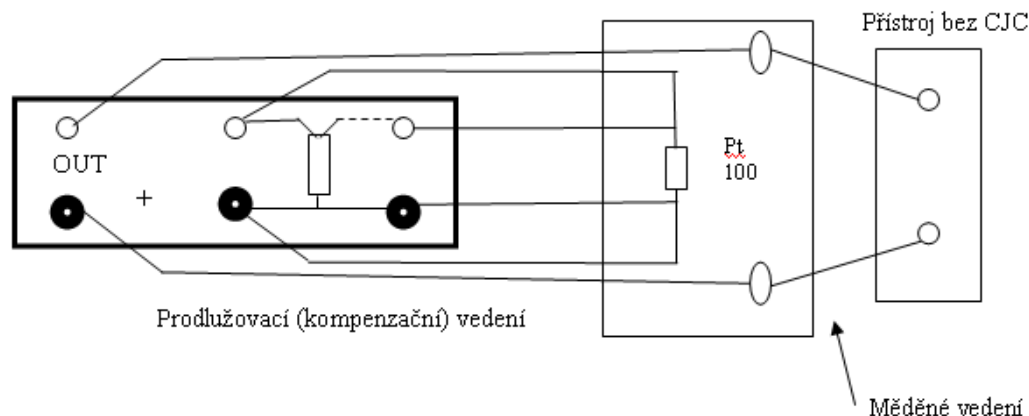
Z každé měřené hodnoty je proveden odečet min. 4x a je určena střední hodnota teploty. Měření se provádí min. ve třech bodech podle velikosti měřicího rozpětí teploty, u elektronických analogových měřidel je simulace prováděna ve směru vzrůstající i klesající hodnoty teploty (zjištění vlivu hystereze mechanismu).

9.3 Simulace termoelektrických článků, měření teploty CJC

Metodika je určena pro měřidla (řetězce), která pracují s externím referenčním koncem termoelektrického snímače. CJC je v přístroji (řetězci) kompenzováno na teplotu okolí, ale tato teplota nemusí být totožná s teplotou okolí kalibrátoru (např. teplota okolí na termostatické svorkovnici v rozvaděči, kde je prostor zatížen ztrátovým teplem komponentů – relé, transformátory, signalizační prvky apod.). Při simulaci bychom museli měřit teplotu nezávislým teploměrem a nastavit ji programově do kalibrátoru podle kap. 9.2. Pro zjednodušení manipulace je možné využít měřicích svorek kalibrátoru a pomocí přípravku umístit do prostoru kompenzované teploty okolí např. odporový teploměr s připojením na kalibrátor. V menu kalibrátoru zvolíme měření CJC a tím je jeho referenční konec kompenzován na měřenou teplotu odporovým teploměrem. Zapojení odpovídá obr. č. 3. Metodika měření je obdobná předchozím kapitolám.



Obr. č. 2: Schéma zapojení simulace termoelektrického článku bez interního CJC



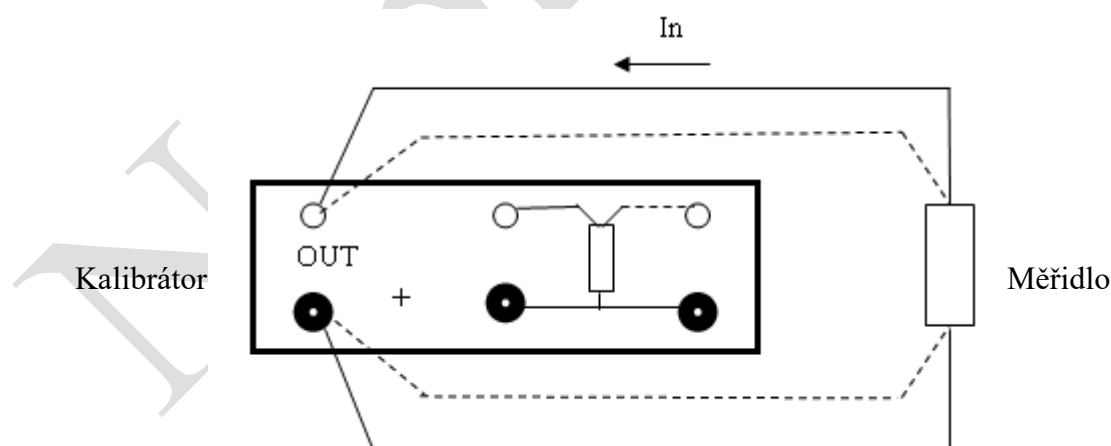
Obr. č. 3: Schéma zapojení simulace termoelektrického článku s měřením teploty CJC

9.4 Simulace odporových snímačů teploty

Provede se propojení výstupních svorek teplotního kalibrátoru se vstupními svorkami indikačního přístroje nebo s kabelem odpojeným ze svorkovnice v hlavici snímače teploty. Propojení je realizováno měděnými vodiči, přednostně používáme čtyřvodičové zapojení. Možné je také měření třívodičového zapojení (stejný odpor všech větví) nebo zapojení dvouvodi-

čového (známý, resp. minimální odpor spojovacího vedení) podle typu použitého přístroje. Podle návodu k obsluze kalibrátoru se z nabídky vybere požadovaný typ odporového teploměru (Pt 100, Pt 1000, ...), případně druh teplotní stupnice (IPTS-68, ITS-90, °C, ...) a norma (ČSN, ČSN EN, DIN), dle které se provede měření. Temperace přístroje se provede v souladu s návodem výrobce. Při kalibraci u zákazníka je nezbytné zahájit temperaci kalibrátoru ihned po příjezdu na místo kalibrace a využít tak čas na přípravu měření (identifikace připojovacích míst, odpojení snímačů, seznámení s indikačními měřidly). Před měřením je nutné znát měřicí proud generovaný kalibrátorem podle typu odporového teploměru (kontrola možného samoohřevu při simulaci). Pro stabilitu simulovaného odporu musí být měřicí proud aplikován více než 5 ms. Při měření nastavujeme hodnotu teploty na teplotním kalibrátoru a porovnáváme s údajem kalibrovaného měřidla (panelový přístroj, údaj na ovládacím panelu, údaj na řídicím PC apod.). Výstupní signál je přepočítáván podle zvolené závislosti interním programem kalibrátoru. Jestliže jsou měřidlo nebo měřicí trasa nastavovány, kromě hodnot před a po nastavení uvádíme na kalibrační list i nastavení přístroje (při první kalibraci) nebo původní a nové nastavovací konstanty (opakovaná kalibrace). Obvykle je nastavován offset přístroje (nastavení nuly), nastavení rozsahu nebo směrnice lineární závislosti. U převodníků mohou být nastaveny i dvojice kalibračních bodů, podle kterých je SW vytvořena kalibrační křivka.

Z každé měřené hodnoty je proveden odečet min. 4x a je určena střední hodnota teploty. Měření se provádí min. ve třech bodech podle velikosti měřicího rozpětí teploty, u elektronických analogových měřidel je simulace prováděna ve směru vzrůstající i klesající hodnoty teploty (zjištění vlivu hystereze mechanismu).



Obr. č. 4: Schéma zapojení simulace odporového snímače teploty (zapojení 4 W)

9.5 Simulace unifikovaných výstupních signálů převodníků

Pro přenos informace mezi jednotlivými částmi automatizovaného systému byly dohodou zavedené určité velikosti signálu tak,

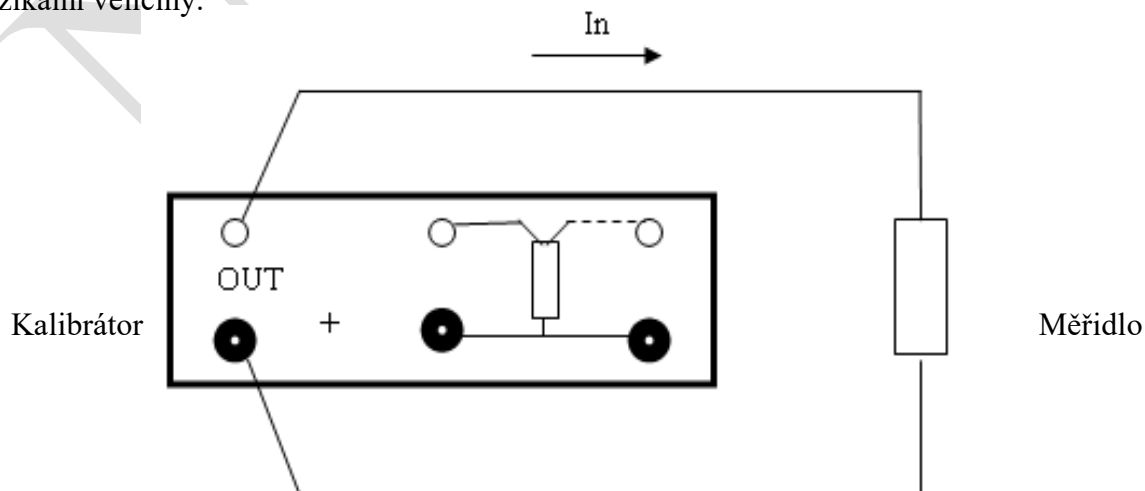
- aby se mohly racionálně vyrábět nákladnější členy automatizačního řetězce (regulátory, zapisovače, zobrazovací členy). Jejich vstupy a výstupy jsou nastavené právě pro signály určité velikosti při využití celého rozsahu, což umožňuje "modularizaci" systému,
- aby měly dostatečnou velikost chránící přenášenou informaci před nežádoucím rušením (šumem).

Vlastnosti těchto signálů popisuje norma ČSN IEC 381-1 resp. ČSN IEC 381-2 (viz seznam norem). Příkladem napětového unifikovaného signálu je např. (0 až 10) V nebo (-10 až 10) V, příkladem proudového unifikovaného signálu (0 až 20) mA nebo nejčastěji (4 až 20) mA. Na výstup převodníku generujícího **napětový unifikovaný signál** je možné zapojit několik přístrojů *paralelně* tak, aby jejich výsledný odpor neklesl pod hodnotu 2 400 Ω nebo dle specifikace měřidla. Nevýhodou tohoto signálu je, že při vedení na velkou vzdálenost dochází k úbytkům napětí na vedení. **Proudový unifikovaný signál** umožňuje zapojit *do série* řadu přístrojů (proudová smyčka), aniž by se tím změnila přesnost měření (eliminuje vliv délky vedení). Omezením je ale velikost součtu všech odporů (vnitřních i vedení) proudové smyčky. Ta nesmí přesáhnout velikost odporové zátěže, uvedené ve specifikaci výrobce procesního kalibrátoru. Proudový unifikovaný signál v rozsahu (4 až 20) mA umožňuje zjistit přerušení proudové smyčky (při $I = 0$ mA).

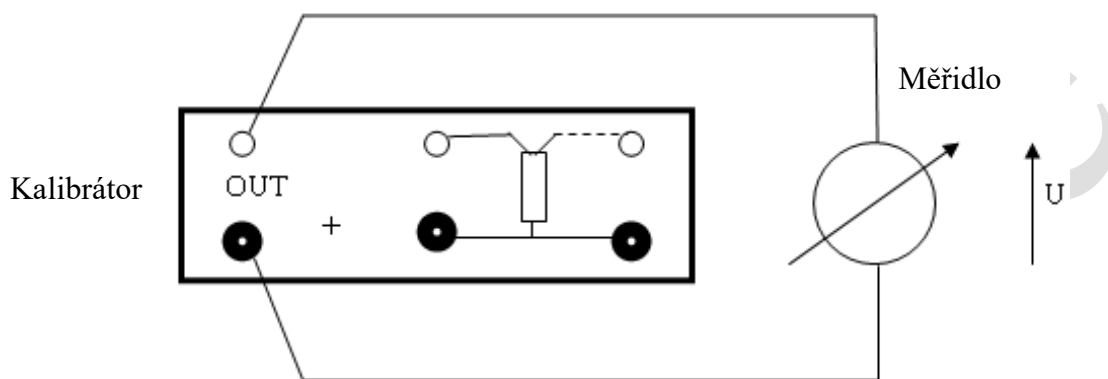
Při simulaci se provede propojení výstupních svorek kalibrátoru podle obr. 5 (simulace proudové smyčky) nebo obr. 6 (simulace napětí). Při simulaci proudové smyčky umožňují kalibrátory práci s aktivními převodníky (napájený měřicím systémem) nebo pasivními převodníky (napájený přímo kalibrátorem). Podle typu převodníku zvolíme nastavení kalibrátoru. Pokud se na kalibrátoru objeví varovná signalizace spolu se zvukovým signálem, je odporová zátěž:

- příliš malá (simulace napětí)
- příliš vysoká (simulace proudu)

Na kalibrátoru nastavuji takovou hodnotu proudu (napětí), která odpovídá hodnotě fyzikální veličiny v souladu s její závislostí (obvykle lineární vztah převodníku mezi hodnotou měřené veličiny a hodnotou výstupního proudu, resp. napětí převodníku). Postup měření je identický postupu v předchozích kapitolách. Kalibrátory také umožňují funkci tzv. měřítkování, tj. přiřazení měřicího rozpětí (0 až 100) % fyzikální veličiny k celkovému rozpětí výstupní elektrické veličiny. Hodnotu signálu je pak možné nastavovat přímo v jednotce příslušné fyzikální veličiny.



Obr. č. 5: Schéma zapojení simulace proudové smyčky



Obr. č. 6: Schéma zapojení simulace napěťového signálu převodníku

9.6 Kalibrace CJC procesního kalibrátoru

Návaznost procesních kalibrátorů zajišťují obvykle laboratoře elektrických veličin, které ale nemají prostředky na kontrolu interního referenčního konce kalibrátoru. Kalibraci CJC si může provést laboratoř teploty následujícím postupem:

- zkratujeme měřicí svorky kalibrátoru a necháme stabilizovat minimálně 3 minuty (kontrola nulového výstupního signálu),
- odstraníme zkratovací vodič a připojíme termoelektrický snímač teploty (nejlépe plášťové provedení typu J nebo typu N),
- termoelektrický snímač umístíme do termostatické lázně, jejíž teplotu stabilizujeme na hodnotě teploty okolí $\pm 2^\circ\text{C}$, po stabilizaci odečteme hodnotu teploty pro CJC „on“ i pro CJC „off“,
- teplotu lázně a teplotu okolí měříme přesným odporovým teploměrem a vypočteme rozdíl δT ,
- po stabilizaci určíme a) odchylku mezi měřením teploty lázně odporovým teploměrem a termoelektrickým snímačem; b) odchylku mezi rozdílem δT a údajem termoelektrického snímače při CJC „off“.

Zjištěné odchylky nesmí překročit specifikaci CJC uvedenou výrobcem a jsou současně podkladem pro stanovení složky nejistoty vlivem nedokonalého CJC.

10 Vyhodnocení kalibrace

Vyhodnocení spočívá v porovnání zjištěných a největších dovolených chyb, stanovení rozšířené nejistoty měření a posouzení shody s metrologickou specifikací (je-li posouzení požá-

dováno zákazníkem). Na základě měření jednotlivých simulovaných bodů je provedeno celkové vyhodnocení kalibrovaného měřidla a je uvedeno do kalibračního listu.

Při vyhodnocení shody s metrologickou specifikací musí být se zákazníkem dohodnut způsob vyhodnocení chyb dle [L8] a definována velikost ochranného pásma (obvykle nejistota měření). Vyhodnocení je možné provádět binárně bez respektování ochranného pásma, binárně s respektováním ochranného pásma nebo nebinárně s respektováním ochranného pásma. Dokument [L8] je v době vytvoření postupu volně k dispozici na webové stránce ČIA (odkaz viz kap. 2).

11 Kalibrační list

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat hlavně tyto náležitosti:

- a) název a adresu kalibrační laboratoře a místo kalibrace,
- b) pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- c) jméno a adresu zákazníka, popř. uživatele (zákazník a uživatel měřidla nemusí být identické subjekty),
- d) název, typ, výrobce a identifikační označení měřidla (měřicího řetězce),
- e) datum kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení metody a specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu,
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) vyjádření o návaznosti použitých měřidel, resp. výsledků měření,
- i) výsledky měření a informace o nejistotě měření,
- j) identifikaci schvalujícího pracovníka, příp. jméno pracovníka, který provedl kalibraci a razítko kalibrační laboratoře,
- k) na kalibračním listu musí být jasně uvedeno, že kalibrace byla provedena elektrickou simulací, nikoli realizací fyzikálních teplot na připojeném snímači,
- l) u přístrojů, které mohou měřit nebo simulovat několik různých typů teplotních senzorů, by měl kalibrační list jasně identifikovat typy senzorů, na které se kalibrace vztahuje,
- m) u přístrojů, které mají volitelnou funkci kompenzace studeného spoje (CJC), mohou být výsledky kalibrace uvedeny pro jednu nebo obě konfigurace přístroje (tj. buď s aktivovanou, nebo s deaktivovanou funkcí CJC); konfigurace odpovídající výsledkům kalibrace musí být jasně uvedena.

Akreditovaná kalibrační laboratoř uvede platný odkaz na akreditaci, kombinovanou akreditační značku, číslo osvědčení o akreditaci, údaje o oprávnění, na jehož základě je kalibrační list vydán, prohlášení, že kalibrační list nesmí být bez písemného schválení kalibrační laboratoře rozmnožován jinak než celý a prohlášení o platnosti výsledků měření.

Pokud laboratoř kalibruje pro vlastní organizaci, může kalibrační list zjednodušit, popř. jej nemusí vystavit a výsledky kalibrace mohou být uvedeny např. v metrologické kartě zařízení nebo na vhodném nosiči, např. v elektronické paměti. I v tomto případě kalibrační laboratoř musí archivovat prvotní záznam o měření s uvedenými měřenými hodnotami.

11.2 Reklamac

V případě, že objednatel kalibrace podá stížnost na provedenou kalibraci, přebírá ji vedoucí kalibrační laboratoře, v době nepřítomnosti jeho zástupce. Stížnost se může týkat rozsahu nebo správnosti kalibrace, úplnosti nebo správnosti kalibračního listu, popřípadě fakturace za provedenou kalibraci nebo přístupu pracovníků. Povinností vedoucího kalibrační laboratoře je analyzovat stížnost, na jejím základě učinit příslušná opatření a seznámit s nimi objednatele kalibrace.

Když se při analýze nenajdou závady, bude o tom objednatel kalibrace informován. Pokud je stížnost oprávněná a jedná se o rozsah nebo správnost kalibrace, provede laboratoř novou,

bezplatnou kalibraci a vystaví nový kalibrační list. V ostatních případech oprávněné stížnosti se provedou příslušná opatření podle příručky kvality.

12 Péče o kalibrační postup

Originál kalibračního postupu je uložen u zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku. Kalibrační postup podléhá řízení podle normy ČSN EN ISO řady 9000 nebo ČSN EN ISO/IEC 17025.

Změny, popřípadě revize kalibračního postupu provádí jeho zpracovatel. Schvaluje je vedoucí zpracovatele (vedoucí kalibrační laboratoře nebo metrolog organizace).

13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

13.1 Rozdělovník

Kalibrační postup		převzal		
výtisk číslo	obdrží	Jméno	podpis	datum

13.2 Úprava a schválení

Kalibrační postup	jméno	podpis	datum
Upravil			
Schválil			

13.3 Revize

Strana	popis změny	Zpracoval	schválil	datum

14 Stanovení nejistoty měření (příklad výpočtu)

Výsledná nejistota měření popisující výsledek měření se skládá z 2 složek – nejistoty typu A a nejistoty typu B.

Nejistota typu A

Nejistota typu A popisuje měření při provádění několika nezávislých odečtů za stejných okolních podmínek. Při měření s dostatečným rozlišením je patrný rozptyl získaných hodnot. Pro stanovení nejistoty typu A nejprve vyčíslíme průměr r z jednotlivých odečtů x_i ($i = 1, \dots, n$):

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Dále stanovíme výběrovou standardní odchylku $s(r)$ jako druhou odmocninu z výběrového rozptylu:

$$s(r) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - r)^2} \quad (2)$$

Standardní nejistota u_A je pak vypočtena jako druhá odmocnina z výběrového rozptylu aritmetického průměru:

$$u_A = \sqrt{\frac{s^2(r)}{n}} = \frac{s(r)}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Po úpravě:

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - r)^2} \quad (4)$$

Pro zvolený počet měření menší jak 10 lze standardní nejistotu typu A stanovit pro 4 měření posouzením vlivu nedostatečného počtu měření pomocí stupňů volnosti. Standardní nejistota u_A je při simulaci teploty vyjádřena v °C (K), při simulaci výstupních signálů převodníků v jednotce výstupní veličiny.

Nejistota typu B

Nejistota typu B při simulaci je určena na základě:

- dokumentu EURAMET cg-11,
- zkušeností s vlastnostmi příslušného zařízení,
- údajů uváděných v kalibračních listech.

Při stanovení u_B uvažujeme nejistotu navázání kalibrátoru a jeho technickou specifikaci (nejistota navázání je obvykle zanedbatelná vůči specifikaci kalibrátoru), nejistotu způsobenou termoelektrickým napětím přírodních vodičů, drift kalibrátoru a nejistotu způsobenou rozlišením kalibrovaného přístroje. To platí pro kalibrátory, které umožňují manuální nastavení teploty CJC termoelektrického článku na teplotu $T = 0$ °C. Při zapnutém CJC (teplota okolí) musíme respektovat také vlastnosti kompenzačního (prodlužovacího) vedení a nejistotu CJC kalibrátoru.

Rozšířená nejistota

Rozšířená nejistota měření U je vypočítána z nejistoty u_A , nejistoty u_B a vynásobená koeficientem rozšíření k :

$$U = k \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (5)$$

Takto stanovená rozšířená nejistota měření odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %. Pro případ normálního rozdělení pravděpodobnosti je použit koeficient rozšíření $k = 2$.

Příklad: Simulace výstupu termoelektrického článku typu N

Pro příklad stanovení nejistoty měření je zvolen kalibrační bod 800 °C, který je také součástí kalibrace teplotního kalibrátoru s rozlišením 0,1 °C. Výstupní svorky kalibrátoru se propojí

se vstupními svorkami teplotního měřidla pomocí kompenzačního vedení. Na kalibrátoru je nastaven typ termočlánku N, přepočet je podle normy [L2], CJC zapnuto. Odečtena je hodnota údaje teploty měřidla (rozlišení = 1 °C), nastavení na etalonu je stabilní.

Ze čtyř měření (801; 800; 800; 799) °C je stanovena průměrná hodnota $t = 800$ °C.

Standardní nejistota typu A dle vzorce (4) ... $u_A = 0,4$ °C.

Při stanovení u_B uvažujeme nejistotu navázání etalonu a jeho roční technickou specifikaci, drift etalonu, nejistotu kompenzačního vedení, nejistotu CJC a nejistotu způsobenou rozlišením kalibrovaného přístroje.

Při takto uvedených podmínkách lze vztah pro výpočet odchylky měření definovat ve tvaru:

$$E = f[(t_x + \delta t_x) - (t_E + \delta t_{E1} + \delta t_{E2} + \delta t_{E3} + \delta t_{E4} - \delta t_P - \delta t_{PK})] \quad (6)$$

kde je:

E	odchylka měření,
f	závislost termoelektrického napětí dle [L2] pro termočlánek typu N,
t_x	teplota měřená kalibrovaným přístrojem,
δt_x	rozlišení kalibrovaného přístroje (řetězce),
δt_{E1}	korekce teploty způsobená nejistotou kalibrace kalibrátoru (z kalibračního listu),
δt_{E2}	korekce teploty způsobená přesností kalibrátoru dle technické specifikace,
δt_{E3}	korekce teploty způsobená driftem kalibrátoru dle předchozích kalibrací,
δt_{E4}	korekce teploty způsobená nejistotou CJC kalibrátoru,
δt_P	korekce teploty způsobená max. odchylkou kompenzačního vedení,
δt_{PK}	korekce teploty způsobená nejistotou kalibrace kompenzačního vedení,
t_E	nastavená teplota na kalibrátoru.

Jednotlivé složky nejistot – stanovení jejich velikostí:

t_x	indikovaná teplota na kalibrovaném přístroji – nejistota typu A ... 0,4 °C,
δt_x	rozlišení kontrolovaného přístroje je 1 °C, to odpovídá standardní nejistotě 0,29 °C,
δt_{E1}	korekce napětí způsobená nejistotou kalibrace (z kalibračního listu), odpovídá standardní nejistotě 2 μV (rozšířená 4 μV pro $k = 2$), citlivost termočlánku typu N při 800 °C činí 40 μV/°C, standardní nejistota je tedy 0,05 °C,
δt_{E2}	korekce teploty dle roční specifikace kalibrátoru odpovídá max. hodnotě 0,2 °C,
δt_{E3}	korekce teploty zahrnující drift kalibrátoru vyplývá z trendu vytvořeného z posledních tří kalibrací – max. změna hodnoty je 0,15 °C,
δt_{E4}	max. odchylka CJC určená měřením činí 0,2 °C,
δt_P	korekce teploty na vliv kompenzačního vedení – max. odchylka kompenzačního vedení v rozsahu okolních teplot dle kalibračního listu činí 0,25 °C,
δt_{PK}	korekce teploty způsobená nejistotou kalibrace kompenzačního vedení – rozšířená nejistota kalibrace dle kalibračního listu je 0,2 °C pro $k = 2$, což odpovídá standardní nejistotě 0,1 °C,
t_E	rozlišení nastavené teploty kalibrátoru je 0,1 °C, to odpovídá standardní nejistotě 0,029 °C.

Přehled nejistot je uveden v tabulce č. 2.

Standardní nejistota $u(t_x)$ je stanovena jako odmocnina ze součtu kvadrátů jednotlivých příspěvků. Abychom posoudili vliv nedostatečného počtu odečtů, určíme počet efektivních stupňů volnosti podle Welch-Satterthwaitova vztahu (viz dokument [L6], příloha E):

$$v_{\text{eff}} = 11,52$$

Podle tabulky E.1 v příloze E dokumentu [L6] určíme skutečnou velikost koeficientu rozšíření $k = 2,25$. Rozšířená nejistota je stanovena jako součin standardní nejistoty a koeficientu rozšíření k :

$$U_{t_x} = k \cdot u(t_x) = 2,25 \cdot 0,56 \text{ °C} = 1,3 \text{ °C}$$

Výsledek měření s rozšířenou nejistotou pro normální rozdělení pravděpodobnosti je tedy

$$t_x = (800,0 \pm 1,3) \text{ °C}.$$

Při kalibraci může být požadován závěr, zda měřidlo vyhovuje nebo nevyhovuje specifikované přesnosti, která musí být definována. Při rozhodování o shodě s metrologickou

specifikací se řídíme dokumentem [L8], ve kterém je definováno tzv. ochranné pásmo. Ochranné pásmo může být nulové (měřidlo vyhovuje, jestliže naměřená odchylka je $\leq$ dovolené chybě) nebo může být definováno zákazníkem. Nejčastěji bývá velikost ochranného pásma rovna nejistotě měření, přičemž rozhodování může být binární (vyhovuje x nevyhovuje) nebo nebinární. Bližší údaje o vyhodnocování dle [L8], viz webový odkaz v seznamu literatury (stažitelné v češtině).

15 Validace

Metody použité v tomto kalibračním postupu byly validovány. Doklad o validaci je uložen u České metrologické společnosti.

Tabulka č. 2: Přehled složek nejistot

Přehled složek nejistot					
Veličina X_i	Odhad x_i	Standardní nejistota $u(x_i)$	Pravděpodobnostní rozdělení	Citlivostní koeficient c_i	Příspěvek k nejistotě $u_i(y)$
t_x	800 °C	0,4 °C	rovnoměrné	1	0,4 °C
δt_x	0,0 °C	$1/(2 \cdot \sqrt{3})$ °C	rovnoměrné	1	0,29 °C
Δt_{E1}	0,0 °C	0,05 °C	normální	-1	-0,05 °C
Δt_{E2}	0,0 °C	$0,2/\sqrt{3}$ °C	rovnoměrné	-1	-0,12 °C
Δt_{E3}	0,0 °C	$0,15/\sqrt{3}$ °C	rovnoměrné	-1	-0,09 °C
Δt_{E4}	0,0 °C	$0,2/\sqrt{3}$ °C	rovnoměrné	-1	-0,12 °C
δt_P	0,0 °C	$0,25/\sqrt{3}$ °C	rovnoměrné	1	0,145 °C
δt_{PK}	0,0 °C	0,1 °C	normální	1	0,1 °C
t_E	800 °C	$0,1/(2 \cdot \sqrt{3})$ °C	normální	-1	-0,029 °C
E	0,0 °C	-	-	-	0.56 °C

Upozornění:

Tento kalibrační postup byl zpracován a posouzen v rámci úkolu rozvoje metrologie, řešeného pro Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví pod č. VII/2/25. Šíření a využívání tohoto kalibračního postupu nebo jeho částí jakýmkoli komerčním způsobem je nepřípustné.

Tento kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům a doplnila s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky kalibrace.

Neprodejné