



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

Metodika provozního měření

MPM 3.1.3/01/17

**METODIKA PROVOZNÍHO MĚŘENÍ TEPLoty PŘI
APLIKACÍCH PRO MĚŘENÍ PRŮTOKU V PRŮMYSLU**

Praha

říjen 2017

Vzorový metodický postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2017

Číslo úkolu: VII/3/17

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 metodiky

Měření teploty při aplikacích měření průtoku tekutin je v průmyslové praxi velmi rozšířené. Mezi nejčastěji používané typy patří odporové snímače teploty (OT) a elektronické teploměry (ET), někdy nazývané jako digitální, popřípadě indikační.

Odporové teploměry využívají změny odporu čidla v závislosti na teplotě. Základní normou, která specifikuje požadavky pro platinové odporové teploměry, jejichž elektrický odpor je definovanou funkcí teploty, je norma ČSN EN 60751.

Elektronické teploměry patří k nejoblíbenějším měřidlům teploty. Jsou oblíbeny pro svoji snadnou odečitelnost, poměrně jednoduchou ovladatelnost a mobilnost. Měření teploty elektronickými teploměry zahrnuje celou paletu přístrojů s přesnostmi řádu 0,001 °C, až po měřidla, u kterých není zaručena přesnost měření v řádu stupňů Celsia. Z hlediska použití lze mezi nimi najít teploměry pro ponorná, prostorová i povrchová měření tekutin i pevných látek. Na principu elektronických nebo analogových měřidel pracují i měřicí řetězce, které teplotu snímače zobrazují na panelových měřidlech nebo ovládacích terminálech zařízení.

Mezi číselníkové teploměry patří především teploměry tlakové (změna teploty je převedena na změnu tlaku tekutiny) a teploměry bimetalové (mechanický princip rozdílné roztažnosti deformačního členu vyrobeného ze dvou různých kovů).

Tato metodika je používána při měření teploty v průmyslových aplikacích měření průtoku.

2 Související normy a metrologické předpisy

H. Preston-Thomas	The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90), http://www.its-90.com/its-90.html .	[1]
ČSN EN 60751	Průmyslové platinové odporové teploměry a platinové teplotní senzory	[2]
TNI 010115	Mezinárodní slovník základních a všeobecných termínů v metrologii (VIM)	[3]
ČSN EN ISO 80000-5	Veličiny a jednotky – Část 5: Termodynamika	[4]
ČSN 25 8005	Názvosloví z oboru měření teploty	[5]
ČSN IEC 51-9	Elektrické měřicí přístroje přímopůsobící ukazovací analogové a jejich příslušenství. Část 9: Doporučené zkušební metody	[6]
ČSN EN 13 190	Číselníkové teploměry	[7]
ČSN EN 60770-1 ed. 2	Měřicí převodníky pro řídicí systémy průmyslových procesů – Část 1: Metody hodnocení vlastností	[8]
ČSN EN 61298-2 ed. 2	Zařízení pro měření a řízení průmyslových procesů – Obecné metody a postupy hodnocení vlastností – Část 2: Zkoušky při referenčních podmínkách	[9]
ISO 17089-1: 2010	Measurement of fluid flow in closed conduits – Ultrasonic meters for gas – Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement	[10]
AGA Report No. 9	Measurements of Gas by Multipath Ultrasonic Meters:	[11]

	2007	
EN ISO 5167-1: 2003 až EN ISO 5167-4: 2004	Měření průtoku tekutin pomocí snímačů diferenčního tlaku vložených do zcela zaplněného potrubí kruhového průřezu	[12]
Technical Report ISO/TR 9464: 2008	Guidelines for the use of ISO 5167: 2003	[13]
ČSN EN 1776	Zařízení pro zásobování plynem - Systémy měření plynu - Funkční požadavky	[14]
ISO 15970: 2008	Natural gas – Measurement of properties – Volumetric properties: density, pressure, temperature and compression factor	[15]
ČSN EN 1434-2	Měřiče tepla – Část 2: Požadavky na konstrukci	[16]
EA 4/02: M2013	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích	[17]
ČSN 258005	Názvosloví z oboru měření teplot	[18]
ČSN 258010	Směrnice pro měření teplot v průmyslu	[19]

Podle potřeby předmětné normy ČSN řada 2580 xx, 2581 xx, 2582 xx, 2583 xx.

3 Kvalifikace pracovníků provádějících měření

Kvalifikace pracovníků provádějících měření teploty při aplikacích měření průtoku v průmyslových aplikacích je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s měřicím postupem upraveným na konkrétní podmínky 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.

4 Názvosloví, definice

4.1 Definice základních pojmů

Odporový snímač teploty: konstrukční celek, skládající se z měřicího odporu, vnitřního vedení, ochranné trubice a připojovacích svorek. Může obsahovat hlavici, neobsahuje teploměrnou jímku

Snímač teploty se zabudovaným převodníkem: konstrukční celek, skládající se z měřicího odporu, vnitřního vedení, ochranné trubice, připojovacích svorek a převodníku s výstupem. Neobsahuje teploměrnou jímku. Převodník může být zabudován v hlavici snímače teploty nebo separátně. Výstup může být analogový (např. 4-20 mA) nebo digitální (například HART).

Párované snímače teploty: Podsestava (pro montáž do jímky nebo bez jímky), která snímá teploty teplotonosné kapaliny v přívodní a vratné větvi teplosměnného okruhu.

Čidlo: citlivá část snímače (rezistor), která změnou odporu reaguje na změnu teploty.

Vnitřní vedení: vodiče spojující vývody měřicího odporu s hlavicí, popřípadě svorkovnicí nebo kabelem. Může být provedeno dvoj, tří nebo čtyřvodičově.

Základní odpor R_0 : odpor snímače při teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Minimální hloubka ponoru: Ponor, kdy změna indikované teploty dosahuje maximálně $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (od hodnoty při plném ponoru).

Samoohřev: Zvýšení indikované hodnoty teploty způsobené protékajícím proudem.

4.2 Základní členění indikačních teploměrů

Indikační teploměry se skládají ze snímače teploty a ukazovacího přístroje, event. propojovacího vedení (tlakového vedení – kapiláry).

Základní členění indikačních teploměrů je na teploměry elektronické a mechanické. Elektronické teploměry jsou tvořeny:

1. Teplotní sondou elektronického teploměru, jíž mohou být:

- odporové snímače kovové,
- odporové snímače polovodičové,
- termoelektrické snímače.

2 Propojovacím vedením (u některých konstrukcí může být vynecháno):

- u odporových snímačů většinou dvouvodičové měděné, jen u nejpresnějších přístrojů čtyřvodičové,
- termoelektrickým snímačem jako propojovací vedení slouží prodlužovací vedení ze stejných kovů nebo kompenzační vedení (z náhradních kovů),

3 Ukazovacím přístrojem, jenž může být:

- analogový (ručkový apod.),
- číslicový.

Číslicový ukazovací přístroj často zahrnuje ve společné indikační jednotce i blok zpracování signálu (linearizaci, přepočítání na teplotu), ale i síťový napáječ, případně signalizaci mezních stavů a přenos do PC.

Číselníkové teploměry se skládají z měřicího stonku (kovového, dvojkovového, tlakového) a ukazatele, event. tlakového spojovacího vedení – trubicové kapiláry.

Nejčastěji jsou v aplikacích měření průtoku používány kovové (platinové) odporové teploměry s nebo bez převodníku.

4.3 Kovové odporové teploměry

Měření teploty pomocí kovových odporových teploměrů využívá faktu, že elektrický odpor kovů je závislý na teplotě.

V úzkém rozsahu teplot např. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ je možné odpor při teplotě t spočítat na základě zjednodušeného vztahu:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (1)$$

kde R_0 značí hodnotu odporu při teplotě 0 °C a α je teplotní součinitel odporu.

Ten vyjadřuje citlivost daného teploměru a jeho hodnota vypovídá o čistotě příslušného kovu - čím vyšší je jeho hodnota, tím vyšší je čistota kovu.

Kromě vysoké citlivosti jsou na odporové senzory teploty kladeny další požadavky: časová stabilita odezvy (časová stálost součinitele α), chemická a mechanická odolnost, odolnost vůči vysokým teplotám. Nejběžněji jsou odporové teploměry realizovány pomocí vysoce čistých kovů jako např. platina, nikl, měď.

Pro výrobu odporových senzorů teploty se nejvíce využívá platina díky jejím příznivým vlastnostem, jako jsou vysoká chemická netečnost, časová stálost nebo vysoká teplota tání. Vzhledem k výsadnímu postavení platinových odporových snímačů teploty bude následující text věnován především platinovým odporovým teploměrům, které patří k nejrozšířenějším a nejpřesnějším měřidlům v teplotním rozsahu (-196 až 962) $^{\circ}\text{C}$ a pomocí kterých je částečně definována teplotní stupnice ITS-90.

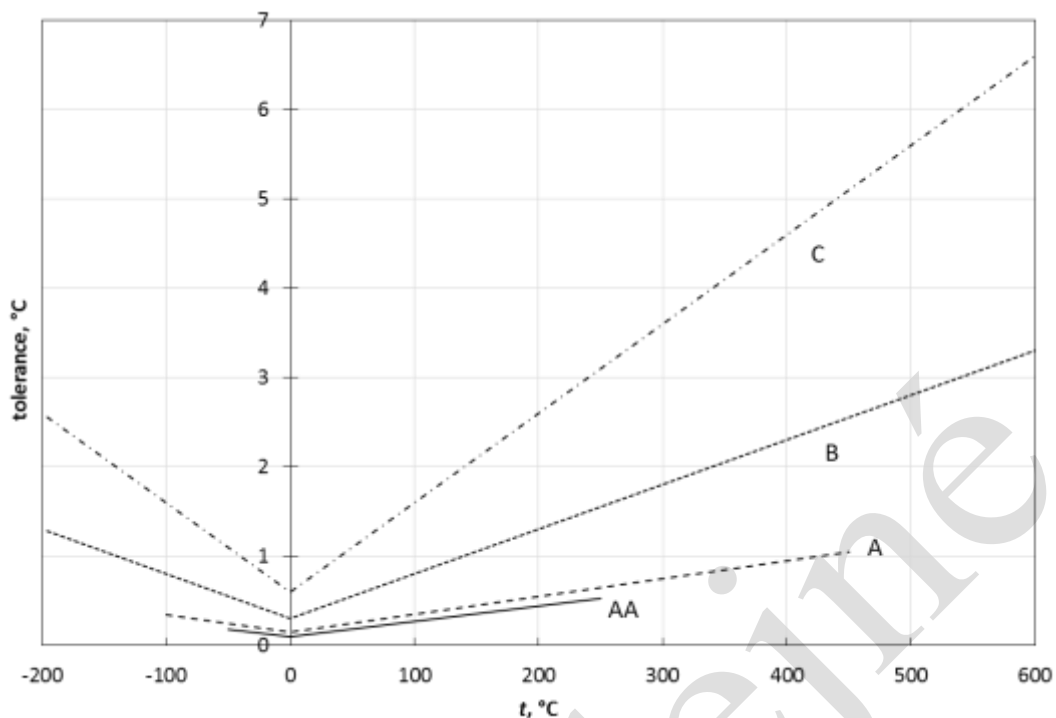
Teplotní závislost odporu průmyslových platinových odporových senzorů je standardizována a uvedena ve formě tzv. Callendarovy-Van Dusenovy rovnice v normě ČSN EN 60751.

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^3) \quad (2)$$

kde:

$$\begin{aligned} A &= 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ °C}^{-1}, \\ B &= -5,775 \cdot 10^{-7} \text{ °C}^{-2}, \\ C &= -4,183 \cdot 10^{-12} \text{ °C}^{-4} \text{ pro } t < 0 \text{ °C}, \\ C &= 0 \text{ °C}^{-4} \text{ pro } t \geq 0 \text{ °C} \end{aligned}$$

jsou koeficienty referenční funkce a R_0 je jmenovitý odpor při teplotě 0 °C . Dokument ČSN EN 60751 rovněž stanovuje toleranční třídy (AA, A, B, C) pro odporové teploměry. Toleranční limity jednotlivých tříd pro teploměry v drátkovém provedení jsou pro ilustraci znázorněny v grafu na obr. 1.

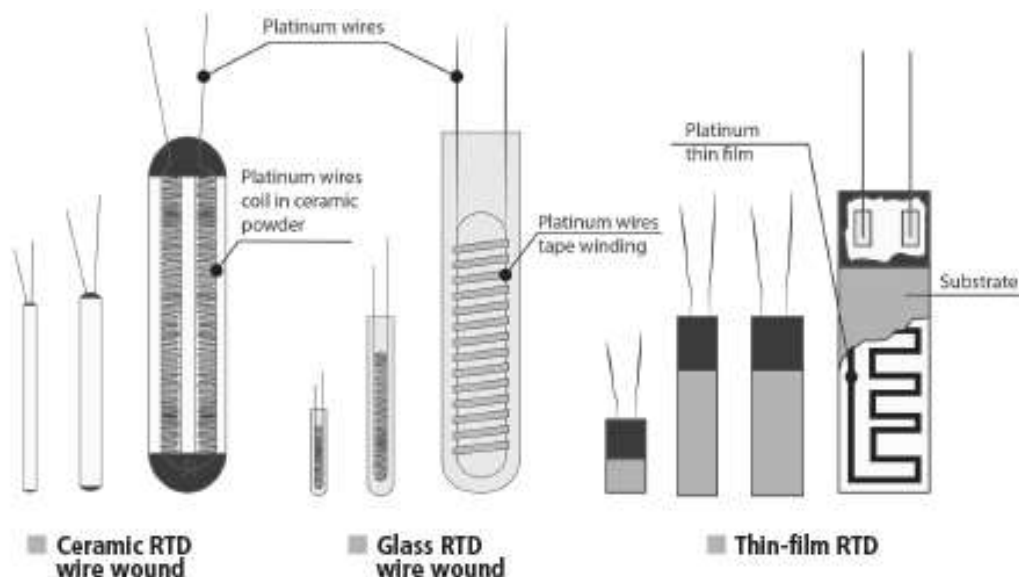


Obr. č. 1: Absolutní hodnoty tolerancí pro jednotlivé třídy platinových odporových senzorů teploty (provedení drátový rezistor) dle ČSN EN 60751

4.4 Konstrukce platinových odporových snímačů teploty

Konstrukce platinových odporových teploměrů je silně spojena s jeho určením. Provedení SPRT se podstatně liší od průmyslových teploměrů, na které jsou kladeny mnohé další požadavky jako např. mechanická odolnost, odolnost proti vibracím, možnost umístění v agresivním prostředí apod. Vlastní odporový element může být realizován ve formě drátku vinutého rozličnými způsoby nebo tenkého filmu, který je nanesen na vhodném substrátu (např. destičce Al_2O_3).

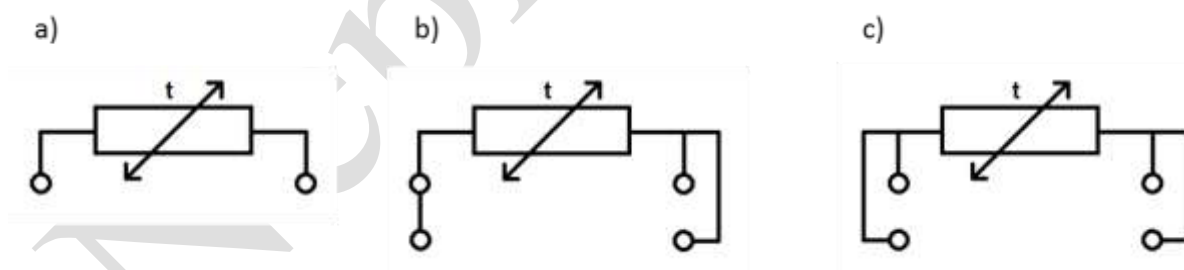
V případě průmyslových odporových teploměrů je škála provedení vlastních senzorů široká: platinový drátek může být např. fixovaný uvnitř keramického tělíska, navinutý na keramickém nebo skleněném válečku nebo zatavený do skla. Široká je rovněž paleta senzorů vyrobených tenkovrstvou technologií. Před vnějším prostředím je obvykle senzor chráněn kovovou trubicí nebo pouzdem. Následující obrázek ilustruje tři rozdílná provedení senzorů.



Obr. č. 2: Příklady provedení senzorů průmyslových platinových odporových teploměrů [5]

4.5 Zapojení odporových snímačů teploty a měření odporu teploměrů

Odporové teploměry se vyrábějí v provedeních s různým počtem výstupních vodičů, obvykle s dvěma, třemi nebo čtyřmi vodiči. Je to z důvodu, že přístroje pro měření elektrického odporu umožňují při vícevodičových zapojeních eliminovat vliv odporu přípojovacích vodičů na měření elektrického odporu vlastního senzoru. Nejběžnější způsoby zapojení rezistorů při měření jsou uvedeny na následujícím obrázku.



Obr. č. 3: Příklady zapojení odporového senzoru teploty: a) dvouvodičové, b) třívodičové, c) čtyřvodičové

V dvojevodičovém zapojení se měřený odpor skládá z odporu vlastního senzoru a odporu přívodních vodičů. Přístroje umožňující třívodičové zapojení jsou schopny si proměřit odpor přívodních vodičů a výslednou hodnotu měřeného odporu korigovat o tento příspěvek. Důležitým předpokladem je, že všechny tři přívodní vodiče mají stejný odpor. Nejlepším z uvedených zapojení je zapojení čtyřvodičové – rezistor je jedním párem vodičů připojen ke zdroji měřicího proudu, druhý pár slouží k měření úbytku napětí přímo na rezistoru – tím dochází k eliminaci vlivu odporu přívodních vodičů na výsledek měření. Je nutné si uvědomit, že z hlediska povahy měření jsou odporové senzory pasivní. To

znamená, že samy o sobě negenerují výstupní signál. Aby bylo možné měřit elektrický odpor, musí rezistorem protékat určitý elektrický proud, který má však za následek, že se rezistor více či méně jeho průchodem ohřívá (v důsledku Jouleova tepla). Měřicí přístroje proto používají takový měřicí proud, aby efekt tzv. samoohřevu teplotního senzoru byl minimální.

Elektrický odpor se měří stejnosměrně nebo střídavě v závislosti na zdrojovém proudu, se kterým pracuje dostupné zařízení. Odpor teplotních senzorů je možné měřit např. digitálním multimetrem, nejpřesnější měření jsou ale realizována prostřednictvím odporových mostů, které v principu měří poměr odporů mezi měřeným rezistorem a etalonovým rezistorem. Výhodou střídavé technologie měření je mimo jiné to, že dochází k potlačení vlivu parazitních termoelektrických napětí, která se mohou generovat v elektrickém obvodu vlivem teplotních gradientů.

4.6 Převodníky teploty

V současné době jsou jednotlivé typy teploměrů již ustálené a není pravděpodobné hromadné nasazení nějaké zcela nové technologie. Proto je velká pozornost věnována vývoji elektroniky k již existujícím sensorům. Stále více a více se stává neakceptovatelná situace, kde přímo na svorky nějakého řídicího, popřípadě monitorovacího systému jsou přivedeny surové signály ze snímače teploty a ty jsou podle obecné (tabelované) charakteristiky zobrazovány uživateli. Převodníky je možné rozdělit na tři základní typy:

- jednoúčelové,
- nastavitelné,
- inteligentní,

Jednoúčelové převodníky jsou analogové přístroje, které se vyrábějí jen pro konkrétní druh senzoru teploty, a není možné provést libovolnou změnu. Jsou obvykle velmi levné a méně přesné. Pro náročné aplikace se nehodí.

Nastavitelné převodníky jsou asi nejrozšířenější. Jedná se obvykle o programovatelný (pomocí přepínačů nebo speciálním SW vybavením) přístroj, který má na výstupu nějaký unifikovaný signál (nejčastěji 4-20 mA). Komunikaci používá hlavně pro nastavení parametrů snímače a výstupního signálu. Obvykle není možné využívat kalibrační listy senzorů.

V současné době je viditelný výrazný trend využívání inteligentních přístrojů. Převodník se stává serverem informací o několika proměnných. Dokáže korigovat výstupy podle kalibračního listu senzoru, dokáže zobrazovat také diagnostická data o sobě, o senzoru, včetně možnosti dálkového nastavení. Jako samozřejmost je u moderních přístrojů poskytována informace o relevantnosti měření, a to podle druhu použitého přístroje, popřípadě technologie přenosu. Velká pozornost je také věnována univerzálnosti přístrojů, jejich automatickému rozpoznávání zvláštností procesu a adaptaci chování měřicího algoritmu. Dokonce je možné osadit regulační smyčku přímo do inteligentního převodníku teploty a ulehčit tak řídicímu systému. Právě tento vývoj umožňuje posouvat meze použitelnosti výrazně za hranice ještě před nedávnou dobou naprosto nemyslitelné.

Hlavní směry vývoje elektroniky jsou:

- komunikace moderními prostředky (TCP/IP, internet, GPRS, SMS, apod.),
- zlepšení jednoduchosti a flexibility přístrojů,
- rozšíření aplikačních možností,

- více inteligence a diagnostiky,
- multifunkční univerzální přístroj.

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení

Mezi základní části měřicího řetězce teploty patří:

- snímače teploty různých typů,
- převodníky na unifikovaný signál,
- napájecí zdroje,
- měřicí ústředny,
- zobrazovací jednotky,
- ovládací software,
- (termostaty srovnávacích spojů, odmocňovací členy, kompenzační krabice – u starších zařízení),
- montážní prostředky (kabely, svorkovnice, lišty, konektory – nepatří sice do aktivních prvků, ale způsob zapojení také ovlivní kvalitu měřicího řetězce).

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

6 Obecné podmínky měření – veličiny ovlivňující výsledky měření

Průmyslová měření teploty je jednou z nejvíce dynamických částí oboru průmyslové automatizace. Senzory pro měření teploty jsou vyráběny v mnoha rozměrech, úhlech, délkách i přesnostech pro splnění požadavků konkrétní aplikace. V mnoha případech je konkrétní technické řešení návrhu přístroje poplatné jiným než technickým požadavkům aplikace. Jedná se zejména o cenu, zkušenosti a dostupnost konkrétního produktu.

Pro správnou funkci měřidla teploty je, kromě technických a aplikačních záležitostí, důležitá jeho pravidelná kalibrace. Při kalibraci se správnými velikostmi nejistoty je možné optimalizovat výkonnost jednotlivých částí technologie a tím zefektivnit její provoz.

Instalace teploměru do jímky a do potrubí je důležitou součástí postupu správného měření teploty. Do současné doby neexistuje postup, který upravuje hloubku ponoru teploměru v potrubí.

Pro správný návrh měřicího systému je nutné postupovat podle následujících kroků:

- porozumění dynamice a vlastnostem měřeného procesu,
- nalezení správného typu senzoru pro danou aplikaci,
- kalibrace celého měřicího řetězce za podmínek co nejvíce odpovídajících reálnému použití s odpovídající nejistotou,
- správná instalace měřicího řetězce pro zaručení korektnosti měření,
- plánování periodických kontrol funkčnosti zařízení a jeho recalibrace s odpovídající nejistotou.

Na trhu je, v současné době, k dispozici velké množství různých typů a provedení přístrojů pro měření teploty. Je také mnoho zdrojů častých chyb při jejich výběru i instalaci. Není možné v tomto článku pojmut všechny zdroje těchto chyb a nepřesností. Budeme se věnovat některým základním problémům, které jsou bezpodmínečně nutné pro správné měření teploty.

6.1 Měření teploty při aplikacích měření průtoku

Teplota je jednou z opomíjených veličin také při měření průtoku. Pro správný výpočet průtoku je ale její znalost nezbytná. Teplota vstupuje do výpočtových vztahů jednotlivých měřidel průtoku, je ovlivňující veličinou velikosti řady důležitých veličin, jako je hustota a viskozita. Důležitá část výpočtu je také korekce průměru potrubí na skutečnou hodnotu pomocí koeficientu teplotní roztažnosti.

Jednou z velmi opomíjených věcí je místo měření teploty. Stejně jako při měření tlaku je teplota často měřena na jiném místě než průtok (např. ve vzdálenosti 5D za měřidlem) a je proto nutné její hodnotu korigovat, jako by byla měřená před měřidlem. Při této korekci je nutné si uvědomit podmínky, za kterých je korekce platná. Velmi časté jsou vztahy na principu adiabatické expanze, tedy za předpokladu nulové výměny tepla mezi měřenou tekutinou a okolím. V praxi to znamená mít zaizolované potrubí až po teploměr, což nebývá často splněno. Chyby mohou být i několik °C.

Jinak obecně platí poučka:

1% chyby znalosti teploty zapříčiní 1% chyby průtoku.

Zde je teplota brána v jednotce Kelvin.

6.2 Postup výběru vhodného měřidla

6.2.1 Poznání aplikace

Prvním krokem pro návrh měření teploty pro konkrétní aplikaci je porozumění procesům ve vlastní technologii. Je nutné si položit následující otázky:

- Je teplotní pole v systému ustálené? Co je hnací silou nehomogenit a jak jsou velké?
- Jaký je převládající mechanismus sdílení tepla?
- Jedná se o proces statický nebo dynamický?
- Proč měřím?
- S jakou nejistotou potřebuji měřit teplotu?
- Jaké je okolní prostředí?
- Jaké jsou přítomny agresivní látky v měřeném médiu a v okolí?
- Co způsobí špatné měření, popřípadě jeho výpadek?

Existuje celá řada dalších otázek, jako například legislativní požadavky, certifikace pro čistá prostředí, validace pro farmaceutický průmysl, certifikáty pro používání měřidel v obchodním styku, pro prostředí s nebezpečím výbuchu, a podobně.

6.2.2 Kalibrace

Pokud je pro konkrétní aplikaci nutné měření, je odůvodněné předpokládat, že výsledný údaj je, z nějakého hlediska, důležitý. Proto je důležité validovat tento měřený údaj. Systém řízení jakosti na měřidla pamatuje jejich kalibraci, popřípadě periodickou rekaliбрaci, definovaným způsobem.

Protože existuje nepřeberné množství typů, velikostí a tvarů jednotlivých senzorů teploty, je někdy obtížné provést vlastní kalibraci. Protože byl typ a tvar přístroje vybrán tak, aby odpovídal dané aplikaci, je nutné vytvořit takový scénář kalibrace, který co možná nejméně kopíruje skutečné poměry při vlastní instalaci. V praxi se provádějí dva různé přístupy:

- zaměřit se na vlastní teploměrný element. Jedná se o klasickou kalibraci v akreditované kalibrační laboratoři. Míra dosahované nejistoty kalibrace je obvykle velmi nízká. Nevýhodou ovšem zůstává skutečnost, že je provedena kalibrace pouze vlastního elementu, a ne celého měřicího řetězce za provozních podmínek,
- zaměřit se na celou instalaci – měřicí řetězec. Jedná se vlastně o proměření vlastností měřicího řetězce pomocí referenčního zařízení IN SITU. Pokud jsou dodrženy základní podobnostní parametry mezi oběma zařízeními, je možné dosáhnout rozumné míry nejistoty. Výhoda tohoto procesu je proměření celého měřicího řetězce za provozních podmínek. Nevýhodou bývá časté proměření pouze v jednom pracovním bodě.

Pro vlastní měření je důležitá také otázka stanovení nekalibračního intervalu. Jeho velikost je v rukách uživatele. Ten by měl provádět periodická zjišťování vlivu vlastního prostředí aplikace na drift měřidla a v závislosti na důležitosti a typu měřidla provádět jeho pravidelnou rekaliбрaci včetně všech ostatních částí měřicího řetězce.

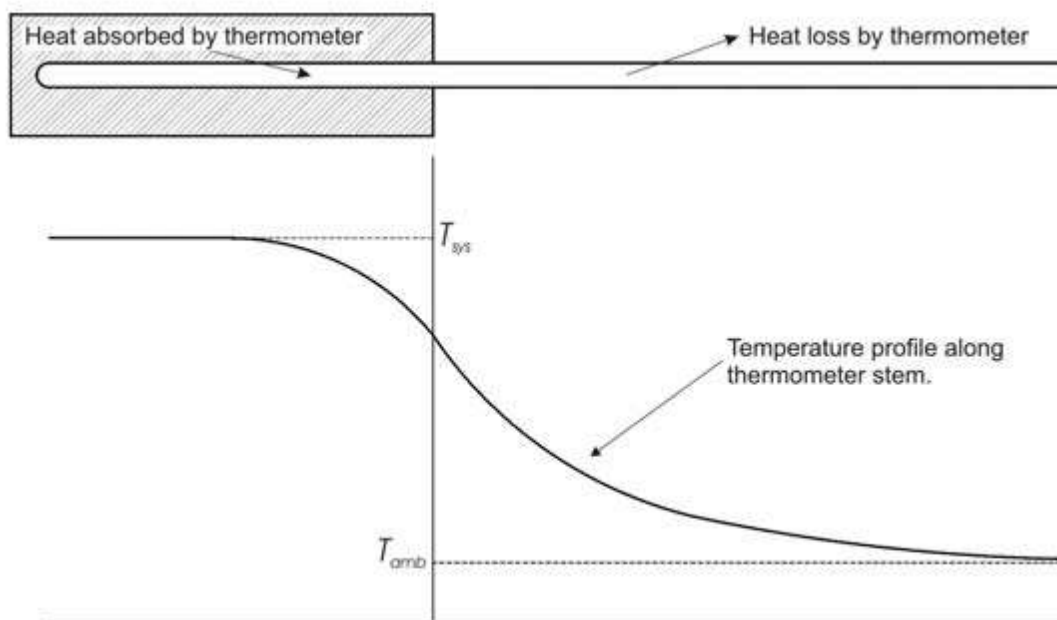
Jedna ze základních pouček, které je nutné si uvědomit, je skutečnost, že teploměr měří teplotu svého senzoru.

6.2.3 Chyba ponoru

Literatura tento problém řeší jen okrajově a říká:

Teploměr je správně ponořený (rozuměj - má správný ponor), nezjistíme-li žádnou změnu indikované teploty, pokud ponoříme teploměr hlouběji.

Závislost indikované teploty na délce ponoru je exponenciální funkce velikosti senzoru, jeho délky a rozdílu teplot měřené a okolní teploty – viz obrázek č. 4.

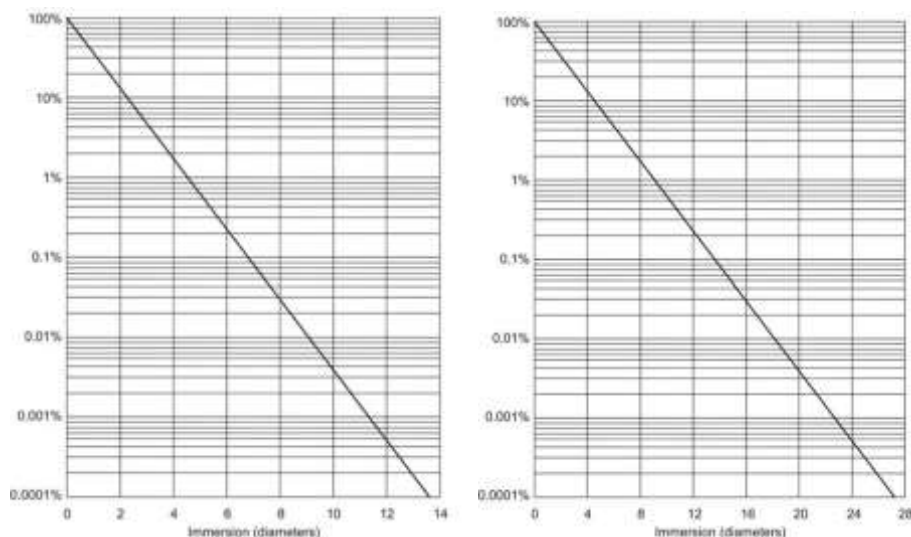


Obr. č. 4: Závislost indikované teploty na ponoru senzoru.

Tuto závislost lze popsat pomocí vztahu

$$\Delta T = (T_{\text{okolí}} - T_{\text{média}}) k e^{-\frac{L}{D_{\text{eff}}}}, \quad (3)$$

kde ΔT je rozdíl měřené a skutečné teploty, L je ponor teploměru, D_{eff} je efektivní průměr teploměru (souvisí s velikostí jeho senzoru) a k je konstanta blízká 1. Tento vztah se ukazuje být velmi jednoduchý a snadno použitelný. Jediné, co je nutné si uvědomit, že odvození bylo provedeno pro dokonale promíchávanou kapalnou lázeň. Na vzduchu nebo v proudícím médiu je hodnota k jiná a je nutné ji pro každý případ stanovit separátně. Na obrázku č. 4 je vidět graf závislosti relativní chyby $\frac{\Delta T}{(T_{\text{okolí}} - T_{\text{média}})}$ na poměru $\frac{L}{D_{\text{eff}}}$ pro kapalnou lázeň a vzduch.



Obr. č. 5: Grafické znázornění chyby ponoru teploměru pro kapalnou a vzdušnou lázeň.

Je možné uvedený vztah shrnout do následujících pouček:

- pro průmyslové teploměry je doporučeno ponořit teploměr minimálně 5 průměrů senzoru pro zajištění 1 % přesnosti,
- pro dobré laboratorní měření je doporučeno ponořit teploměr minimálně 10 průměrů senzoru pro zajištění 0,01 % přesnosti,
- pro nejlepší laboratorní měření je doporučeno ponořit teploměr minimálně 15 průměrů senzoru pro zajištění 0,0001 % přesnosti.

Také platí, že každým zvýšením ponoru o jeden průměr senzoru eliminujeme 60 % chyby způsobené špatným ponorem.

6.2.4 Chyba rychlosti odezvy

At' už při kalibracích, tak i při vlastním měření je důležité si uvědomit rychlost odezvy teploměru na změny měřené teploty. Opět platí jednoduchý model

$$\Delta t = (t_{poč} - t_{kon}) e^{-\frac{\tau}{\tau_0}}, \quad (4)$$

kde $t_{poč} - t_{kon}$ je rozdíl počáteční a koncové teploty, τ je doba od počátku změny a τ_0 je časová konstanta systému. Jedná se vlastně o systém prvního řádu (tedy senzor bez jímky). Pro průmyslové provedení se jedná o systém druhého řádu obvykle bez harmonické složky, ale s inflexním bodem. Jinými slovy, doba odezvy je delší.

Stejně jako s problémy délky ponoru, i u rychlosti odezev platí, že v praktickém měření (např. proudící vzduch) je chyba výrazně větší než u kalibrace v lázni. Opět platí jednoduchá poučka

Po změně teploty je nutné počkat minimálně pětinasobek časové konstanty pro chybu menší než 1 %.

Při dynamických změnách teploty je odhad chyby bez znalosti fyzikálního modelu celé soustavy obtížný. Například při periodických změnách teploty je čtení teploměru menší o faktor

$$G(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + 4\pi^2 \tau_0^2 f^2}}, \quad (5)$$

Kde f je frekvence periodické změny teploty.

6.2.5 Chyba přenosem tepla

Teplu může být transportováno třemi různými způsoby:

- *vedením* – například vedení tepla po stonku teploměru,
- *prouděním* – například přenos tepla teplosměnnou kapalinou nebo vzduchem,
- *sáláním* – například z lampy, pece nebo i slunečního svitu.

Většinu chyb můžeme odstranit správnou izolací elementu. Mezi velmi kritickou část ale patří vedení radiací. Velmi často si neuvědomíme, že lampa nebo jiný předmět přenáší teplo a vzniklé chyby potom mohou být značné. To je nejčastější problém například při povrchovém měření teploty.

6.2.6 Chyba samoohřevem

Při měření odporu je nutné, aby senzorem procházel elektrický proud. Při jeho průchodu se část energie ztrácí ve formě tepla, které otepluje vlastní senzor a tím mění jeho teplotu. Chyba samoohřevem je modelována podle rovnice

$$\Delta t = \frac{R_t I^2}{h}, \quad (6)$$

Kde I je měřicí proud a h je ztrátová konstanta, velmi často udávaná i jako převrácená hodnota s názvem koeficient samoohřevu.

Hodnota ztrátové konstanty závisí na podmínkách měření. Následující tabulka udává jeho nejčastější hodnoty.

Podmínky měření	h [mW/K]	Chyba [K]
Vzduch bez proudění	1-10	0,01 – 0,1
Voda bez proudění	2-400	0,00025 – 0,05
Proudící voda	10-1000	0,0001 – 0,01

Tuto chybu je možné odstranit za použití dvou měřicích proudů a korekce měřeného odporu na nulový proud. To bývá prováděno jen při velmi přesných kalibracích.

Ke všem těmto vlivům je nutné připočítat také vlastní (výrobce uváděnou) stabilitu senzoru a převodníku teploty.

6.3 Instalace teplotních jímek do potrubí

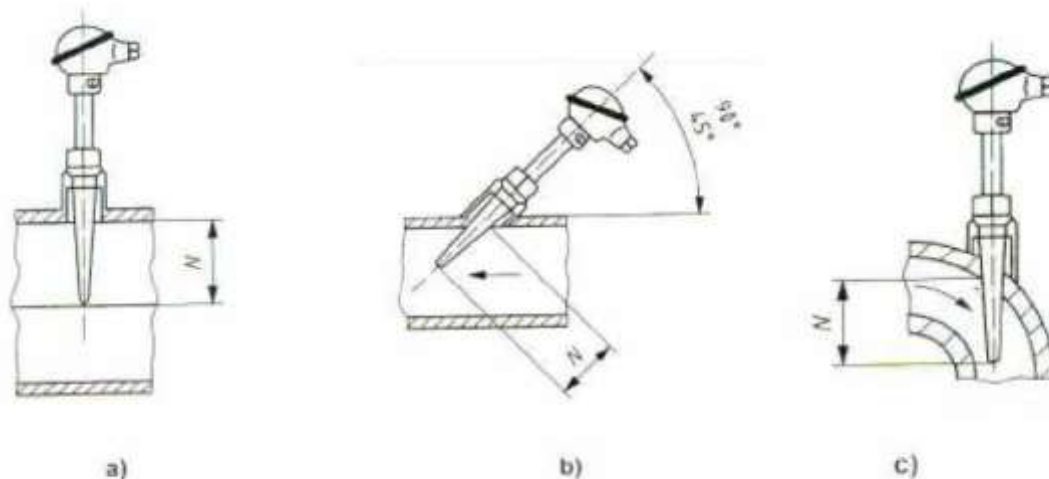
Instalace teploměru do potrubí je řešena rozdílnými normativními dokumenty pro každý daný typ aplikace. Vlastní odhad nejistoty měření není nikde specifikován a je ponechán zcela na uživatele konkrétní aplikace. Někdy je možné jej zanedbat, většinou ale je nutné počítat chybu v úrovni předpokládaného teplotního gradientu v potrubí (například při měření průtoku páry nebo horké vody může dosahovat i více než 1 stupeň).

Budou zde uvedeny základní požadavky jednotlivých norem pro měření průtoku na měření teploty.

Mezinárodní dokument pro legální metrologii *ISO 17089-1: 2010: Measurement of fluid flow in closed conduits – Ultrasonic meters for gas – Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurements*, který by v současné době měl být základním normativním dokumentem pro oblast měření pomocí průtoku plynu pomocí ultrazvukových průtokoměrů, uvádí k dané problematice následující:

- hloubka zanoření jímek je zde doporučena mezi $D/10$ a $D/3$,
- hloubky větší než $D/3$ jsou možné, využívá se v těchto případech speciálních konstrukcí (provedení) co je speciální konstrukce či provedení není jednoznačně uvedeno, lze to, pravděpodobně, chápat např. jako použití sklonu nebo zabudování do kolena ve smyslu filozofie níže uvedených dokumentů.

Ve stejném duchu lze čerpat informace z amerického dokumentu *AGA Report No. 9: Measurements of Gas by Multipath Ultrasonic Meters: 2007*, neboť tvůrci výše uvedeného dokumentu ISO to prostě jen opsali. Podíváme-li se na doporučení evropské normy *EN ISO 5167-1: 2003 až EN ISO 5167-4: 2004 Měření průtoku tekutin pomocí snímačů diferenčního tlaku vložených do zcela zaplněného potrubí kruhového průřezu (zahrnujícího clony, dýzy, Venturiho dýzy a Venturiho trubice) respektive na *Technical Report ISO/TR 9464: 2008 Guidelines for the use of ISO 5167: 2003*, jenž je výkladovým dokumentem pro výše uvedený soubor evropských norem, potom lze nalézt soubor doporučení podle obrázku:*

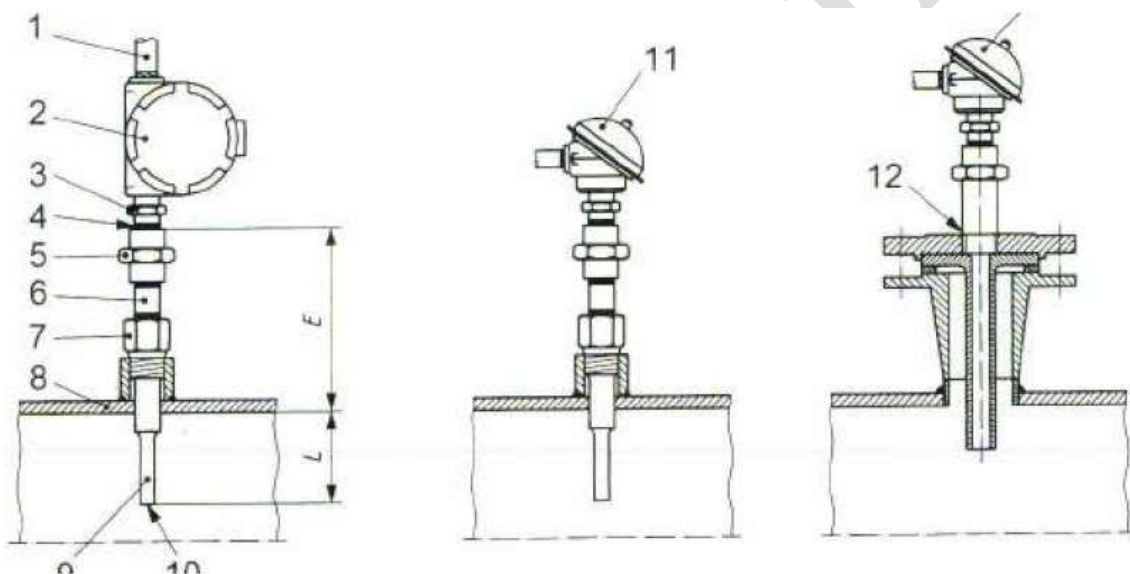


Obr. č. 6: Poloha měřicího čidla v potrubí

Dokument evidentně připouští významně vyšší hloubky zanoření jímek (až do $\frac{3}{4} D$), ale při více jak $\frac{3}{4} D$ již doporučuje zabudování do kolena nebo sklon pod úhlem 45° (obr. b a c), je doporučeno věnovat pozornost především textu věnujícího se menším průměrům potrubí (viz odst. c) a především obrázkům b) a c) ve smyslu směru proudění vůči montáži jímký respektivě snímači teploty, kde je prezentován způsob zabudování zcela opačný oproti např. zvyklostem v oblasti měření tepla (viz doporučení ČSN EN 1434-2 uvedené v závěru tohoto přehledu) nebo oproti např. doporučení výrobců odporových snímačů teploty.

Uvedená doporučení jsou de facto ve shodě s filozofií doporučení uvedených v normativních dokumentech zaměřených primárně na měření průtoku zemního plynu, např. ISO 15970: 2008, kde požadavky či doporučení pro větší průměry potrubí uvádí odstavec d).

Mezinárodní dokument pro legální metrologii *ISO 15970: 2008: Natural gas – Measurement of properties – Volumetric properties: density, pressure, temperature and compression factor*, uvádí k dané problematice následující:



Obr. č. 7: Umístění jímek v potrubí

- zásadně se nedoporučuje umístění jímek v řadě za sebou,
- doporučuje se hloubka zanoření cca do $\frac{1}{3} D$, u potrubí větších než 300 mm považuje za akceptovatelnou i hloubku zanoření kolem 75 mm až 100 mm,
- v souladu s dokumentem *Technical Report ISO/TR 9464: 2008 Guidelines for the use of ISO 5167:2003* (viz výše) je doporučováno u menších průměrů zabudování jímký do kolena nebo pod úhlem 45° ve směru proudění plynu, pokud je hloubka zanoření větší než $\frac{3}{4} D$,
- doporučena izolace potrubí v délce 5 D před a 5D za umístěním měření teploty.

Dalším mezinárodním dokumentem, který je zaměřen na měření průtoku zemního plynu, a který obsahuje také doporučení na zabudování snímačů teploty a teploměrných jímek, je ČSN EN 1776: *Zásobování plynem – Měřicí stanice zemního plynu – Funkční požadavky: 2000*. Tento dokument uvádí následující:

5.2.4 Teplota

5.2.4.1 Všechny snímače teploty musí splňovat požadavky prEN 12405.

5.2.4.2 S výjimkou instalací rotačních plynůměrů a clonového měření musí být teploměrné jímky instalovány za plynoměrem, aby nedocházelo k rušení rychlostního profilu na vstupu do plynoměru.

5.2.4.3 Pokud je instalována teploměrná jímka, je nutno zvážit instalaci další jímky sloužící ke kalibraci. Tato jímka musí být nainstalována šikmo k jímce hlavní.

5.2.4.4 K zajištění správného měření teploty musí teploměrné jímky zasahovat do jedné třetiny jmenovitého průměru potrubí. U potrubí větších dimenzí (nad 300 mm), u nichž bylo vyzorováno, že rezonanční vibrace teploměrných jímek způsobují problémy, se může hloubka jejich zasunutí do potrubí omezit. V tomto případě dochází za podmínky, že teploměrná jímka zasahuje alespoň 75 mm do proudu plynu, pouze k nepatrnému snížení přesnosti měření.

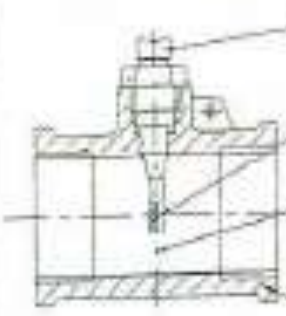
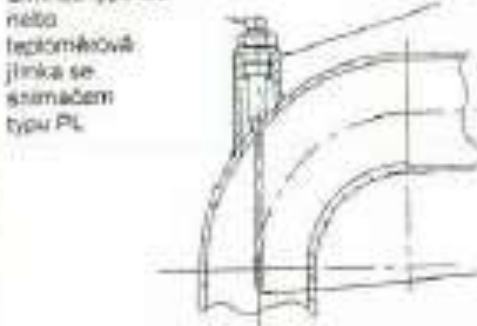
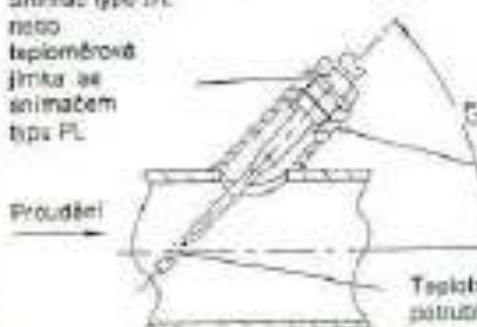

5.2.4.5 K zajištění shody mezi teplotou naměřenou v teploměrné jímce a teplotou plynu v plynoměru je nutné opatřit vnější část teploměrné jímky a vstupní nebo výstupní potrubí plynoměru v dostatečné délce tepelnou izolací. Nezbytnost tepelné izolace závisí do značné míry na předpokládaných rozdílech v teplotách plynu a cokoliv v konkrétní měřicí stanici a na požadované přesnosti měření.

5.2.4.6 Instalované teploměrné jímky musí být chráněny proti vniknutí vody a měly by být vyplněny tepelně vodivým materiálem.

Obr. č. 8: Výňatek z ČSN EN 1776

Požadavky, respektive doporučení zde uvedené jsou naprosto kompatibilní s doporučeními uvedenými ve výše uvedeném dokumentu *ISO 15970: 2008*, opět se zde doporučuje hloubka zanoření cca do $1/3 D$, u potrubí větších než 300 mm se považuje za akceptovatelnou i hloubka zanoření 75 (ale připouští se v tomto případě i reálná možnost nepatrného zhoršení přesnosti měření teploty).

Normativní dokument *ČSN EN 1434-2: Měřiče tepla – Část 2: Požadavky na konstrukci* doporučuje umístění teplotního čidla do osy potrubí a v případě zabudování do kolena nebo pod úhlem 45° je doporučeno umístění proti směru proudění kapaliny (viz schémata níže z této normy):

Typ montáže snímače	Velikost potrubí	Doporučení pro montáž
<p>A</p> <p>Va spojovacím prvku přímého potrubí</p>	<p>DN 15 DN 20 DN 25</p>	<p>Doporučení pro montáž</p>  <p>Paouza pro sondu typu DS</p> <p>Teplotní čidlo je vloženo do osy spojovacího prvku nebo níže</p> <p>Osa sondy je kolmá na osu spojovacího prvku potrubí a leží ve stejné rovině</p> <p>Stěrkovací prvek potrubí viz obrázek A7</p>
<p>B</p> <p>V obluku</p>	<p>s DN 50</p>	<p>Snímač typu DL nebo teplotní jímka se snímačem typu PL</p>  <p>Návarok viz. obrázek A 6b</p> <p>Proudění</p> <p>Osa snímače je totožná s osou potrubí</p>
<p>C</p> <p>Úhlová montáž</p>	<p>s DN 50</p>	<p>Snímač typu DL nebo teplotní jímka se snímačem typu PL</p>  <p>Návarok viz. obrázek A 6b</p> <p>Teplotní čidlo je vloženo do osy potrubí nebo níže</p>
<p>D</p> <p>Kolmá montáž</p>	<p>DN 65 až DN 250</p>	<p>Snímač typu DL nebo teplotní jímka se snímačem typu PL</p>  <p>Návarok viz. obrázek A 5a</p> <p>Teplotní čidlo je vloženo do osy potrubí nebo níže</p> <p>Osa snímače teploty je kolmá na osu spojovacího prvku potrubí a leží ve stejné rovině</p>

Obr. č. 9: Výňatek z ČSN EN 1434-2

7 Metrologické meze využití metody měření

7.1 Stanovené pracovní podmínky

Výrobce musí pro snímač teploty s převodníkem určit stanovené pracovní podmínky, zejména:

- rozsah teplot okolí - například -25 °C až +55 °C,
- klasifikace prostředí (s nebezpečím výbuchu, vibrace, apod.).

7.2 Měřicí rozsah

Výrobce musí pro odporový snímač teploty s převodníkem určit rozsah měřené teploty, například -50 °C až +100 °C, kde jsou splněny metrologické požadavky. Minimální teplotní rozsah musí být 40 °C.

Výrobce také musí specifikovat základní odpor R_0 a počet vodičů vnitřního vedení. U dvouvodičového zapojení je nutné specifikovat odpor přívodních vodičů. Výrobce také musí specifikovat typ výstupního protokolu a jeho nastavení.

7.3 Největší dovolená chyba

Největší dovolená chyba snímače teploty je definována požadavky na celý měřicí systém. Přednostně je vhodné používat snímače teploty ve třídě AA a A. Hodnoty největší dovolené chyby se počítají podle následujících vztahů:

Toleranční třída	Největší dovolená chyba ¹ °C
AA	$\pm(0,1 + 0,0017 t)$
A	$\pm(0,15 + 0,002 t)$
B	$\pm(0,3 + 0,005 t)$

Při použití pro měření kapalin jiných než voda je nutné splnit v celém měřicím rozsahu také požadavky v následující tabulce:

MPE pro měření	Třídy přesnosti měřicího systému				
	0,3	0,5	1,0	1,5	2,5
Teplota	$\pm 0,3$ °C	$\pm 0,5$ °C			$\pm 1,0$ °C
Tlak	Menší než 1 MPa: ± 50 kPa Od 1 do 4 MPa: $\pm 5\%$ Větší než 4 MPa: ± 200 kPa				
Hustota	± 1 kg/m ³		± 2 kg/m ³		± 5 kg/m ³

¹ Symbol t znamená teplotu ve °C

Pro párované snímače teploty platí, že každý snímač se nesmí lišit od hodnoty definované normou IEC 60751 o více, než 2 K. Chyba páru nesmí být vyšší než hodnota E , definovaná jako

$$E_t = \pm \left(0,5 + 3 \frac{\Delta \Theta_{min}}{\Delta \Theta} \right). \quad (7)$$

Kde $\Delta \Theta_{min}$ je minimální teplotní rozdíl specifikovaný výrobcem a $\Delta \Theta$ je měřený rozdíl teploty.

Tolerance jsou uvažovány jako celek, tedy snímač teploty se zabudovaným převodníkem.

7.4 Technické požadavky

Výrobce musí specifikovat typ montáže snímače teploty se zabudovaným převodníkem, například provedení pro montáž do jímky, provedení s ochranným pláštěm pro přímou instalaci do potrubí, apod. Velikost (délka a šířka) musí odpovídat způsobu montáže (zejména se zřetelem na velikost potrubí).

Odporový snímač teploty musí být chráněn před korozí, vnikáním vlhkosti a mechanickým a tepelným zatížením.

Výrobce také musí specifikovat základní odpor R_0 a počet vodičů vnitřního vedení. U dvouvodičového zapojení je nutné specifikovat odpor přívodních vodičů.

Převodník musí být zabezpečen takovým způsobem, že snímač teploty nemůže být vyměněn bez porušení zabezpečení. Je-li převodník vybaven nastavovacím zařízením, musí být nastavení odpovídajícím způsobem zabezpečeno.

Je-li převodník teploty vybaven indikátorem, musí indikovat alespoň teplotu měřeného média. Identifikace a jednotka každé hodnoty nebo parametru, které mohou být indikovány, musí být jasně zobrazeny vedle nebo na displeji měřené hodnoty.

Minimální výška číslic na displeji musí být 4 mm a minimální šířka 2,4 mm. Musí být možné jasně a správně odečítat ukazatel pod úhlem 15° od kolmice k jeho okénku v rozsahu teplot okolí.

Při měření teploty v aplikacích měření průtoku je nutné brát v úvahu rozsah jeho kalibrace a mechanické možnosti instalace příslušného měřidla do zkoušeného prostředí. Vždy je nutné počítat s vlivem odlišnosti reálného prostředí od podmínek v laboratoři, popřípadě při kalibraci.

8 Kontrola měřidla před použitím a příprava na měření

Při vnější prohlídce se zjišťuje, zda snímače nemají vady zjištěitelné zrakem. Zjišťuje se zejména:

- zda je k dispozici příslušná dokumentace (návod k použití, případně jeho překlad),
- zda není měřidlo poškozeno, znečištěno,
- zda není snímač poškozen mechanicky nebo tepelným namáháním a zda není poškozena hlavice nebo připojení větví na svorky,
- zda případné mírné poškození (netěsnost pouzdra, snímače) nemůže mít vliv na údaj teploměru, nebo jeho funkci,
- zda jsou k dispozici příslušné propojovací vodiče, včetně síťového kabelu – pokud má být použit,
- údaj indikátoru stavu baterie (u některých digitálních teploměrů je přesnost měření výrazně závislá na stavu baterie; kontrola je důležitá především tam, kde indikátor stavu baterie není součástí teploměru),
- zda je volič napětí síťového napájení v poloze pro síť 230 V.

U měřicích řetězců kontrolujeme stav připojovacích svorek a kabelů a mechanický stav snímačů teploty. Při měření měřicího řetězce s dvou vodičovým zapojením odporového snímače teploty je vhodné prověřit kompenzaci odporu vedení.

U měřicích řetězců kontrolujeme stav připojovacích svorek a kabelů a mechanický stav snímačů teploty. Při používání měřicího řetězce s termoelektrickým snímačem teploty je nutné kontrolovat provedení a teplotu srovnávacího konce (teplota okolí nebo termostat s definovanou teplotou, umístění převodníku s referenční teplotou apod.). Současně kontrolujeme stav a správnost prodlužovacího vedení.

9 Postup měření

Při měření provádíme obvykle min. 3 odečty ustáleného stavu. Hloubka ponoru snímačů je dána jejich konstrukcí a řídí se doporučením výrobce pro daný typ sondy a důvodem k měření – viz výše. Je třeba zajistit pokud možno co nejhlubší ponor snímačů k zabezpečení minimalizace teplotních odvodů.

10 Stanovení nejistoty měření teploty

Je stanoven v souladu s dokumentem EA 4/02: M 2013. Pro jednotlivé měřené teploty se provede vyhodnocení nejistot měření. Při vyhodnocování nejistot se pracuje pouze se standardní nejistotou ($k = 1$). Výpočet se provádí v Ω , případně ve $^{\circ}\text{C}$. Nejistoty údaje měřidla podle jeho kalibračního listu jsou obvykle rozšířené s koeficientem rozšíření $k = 2$. Vydělením rozšířené nejistoty tímto koeficientem se dostane hodnota standardní nejistoty ($k = 1$), se kterou se provádí výpočet nejistoty.

10.1 Standardní nejistota typu A u_A .

Vychází ze statistické analýzy opakované série měření. Odhad výsledné hodnoty pro počet měření N je vyjadřován aritmetickým průměrem:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (8)$$

Nejistota tohoto odhadu se určí jako výběrová směrodatná odchylka této hodnoty podle

vztahu:

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (9)$$

10.2 Nejistota typu B u_B

Do rozpočtu nejistoty by měly vstupovat složky, jako je kalibrace měřidla, jeho drift a rozlišení. Nedílnou součástí odhadu výsledné nejistoty je rozdíl podmínek měření od podmínek při kalibraci (ponor, instalace, dynamika, homogenita prostředí, okolní podmínky, apod.).

Pro každou část zařízení je nutné uvažovat následující složky:

- nejistota kalibrace,
- drift od poslední kalibrace,
- rozlišení v případě odečítání měřeného údaje a
- rozdílnost použití oproti kalibraci. Jedná se zejména o:
 - jiné okolní podmínky,
 - jiná kabeláž,
 - jiný měřicí bod,
 - jiný ponor,
 - vliv samoohřevu,
 - jiná dynamika procesu a
 - vliv hystereze.

Pro odhad hodnoty nejistoty měření odporu OT v teplotním prostředí je nutné znát velikosti následujících složek nejistoty:

- nejistota kalibrace ohmetru, je uvedena v kalibračním listě,
- časová nestálost OT,
- nestabilita teplotního pole, nehomogenita teplotního pole,
- rozdílný odvod tepla OT oproti kalibraci, hodnota se určuje odhadem dle konkrétního měření,
- vliv rozdílné instalace OT oproti kalibraci (hlavně ponor),
- vliv multimetru (kalibrace, drift, rozlišitelnost...),
- parazitní termonapětí v obvodu OT, hodnota se určuje odhadem dle konkrétního měření,
- vliv samoohřevu.

10.3 Kombinovaná standardní nejistota u_c

vypočte se podle vztahu:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (10)$$

Takto vypočtená kombinovaná standardní nejistota se pře počte na rozšířenou nejistotu s koeficientem rozšíření $k = 2$:

$$U = k u_c \quad (11)$$

Nejistoty jsou uváděny pro jednotlivé zkušební teploty. Výsledná nejistota může být

vyjádřena také rovnicí jako funkce teploty.

Je-li poměr maximální a minimální nejistoty pro měřicí teplotní rozsah ≤ 2 může se výsledná nejistota vyjádřit jako jediná pro celý měřicí rozsah, kdy je rovna maximální hodnotě nejistoty z jednotlivých zkušebních teplot. V opačném případě se udávají nejistoty pro jednotlivé zkušební teploty. Výsledná nejistota může být vyjádřena také rovnicí jako funkce teploty.

Při použití převodníku teploty mohou být některé složky nejistoty kombinovány dohromady.

Ukázkový rozpočet nejistoty pro měření teploty vysokoteplotní páry včetně převodníku je zobrazen následující tabulce:

zdroj nejistoty	z_{max}	rozložení	κ	u_x	k	u_y
nejistota kalibrace řetězce	0,2 °C	Gaussovo	2	0,1 °C	1 °C.°C ⁻¹	0,10 °C
časová nestálost TC	0,1 °C	bimodální t.	1,414	0,1 °C	1 °C.°C ⁻¹	0,07 °C
Nepřesnost výpočtu mezi body kalibrace	0,1 °C	rovnoměrné	1,732	0,1 °C	1 °C.°C ⁻¹	0,06 °C
vliv teplotního pole	0,5 °C	rovnoměrné	1,732	0,3 °C	1 °C.°C ⁻¹	0,29 °C
Rozdílný odvod tepla včetně rozdílné instalace a ostatních vlivů	0,3 °C	rovnoměrné	1,732	0,2 °C	1 °C.°C ⁻¹	0,17 °C
Nejistota typu A	0,1 °C	normální	1	0,1 °C	1 °C.°C ⁻¹	0,10 °C
Kombinovaná standardní nejistota	0,38					
Koeficient rozšíření	2					
Rozšířená standardní nejistota	0,75					

11 Záznamy o měření

Formální podoba záznamu o měření by se měla řídit předpisy dané organizace. Z pohledu všeobecných zásad tvorby formulářů by měl záznam obsahovat vždy alespoň:

- identifikaci pracoviště provádějícího měření,
- pořadové číslo záznamu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- informace o použitém měřidle,
- hodnoty veličin ovlivňujících měření (teplota a vlhkost okolí, způsob instalace, měření...),
- datum měření, (případně i čas),
- označení použité metodiky měření nebo její popis
- informace o měřidlech použitých při měření ovlivňujících veličin,
- vyjádření o návaznosti výsledků měření,
- výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření,
- jméno pracovníka, provádějícího měření, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko pracoviště.

12 Péče o metodický postup

Originál metodického postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku zpracovatele. Změny, popř. revize metodického postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele 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

Metodický postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

13.2 Úprava a schválení

Metodický postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

Upozornění

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