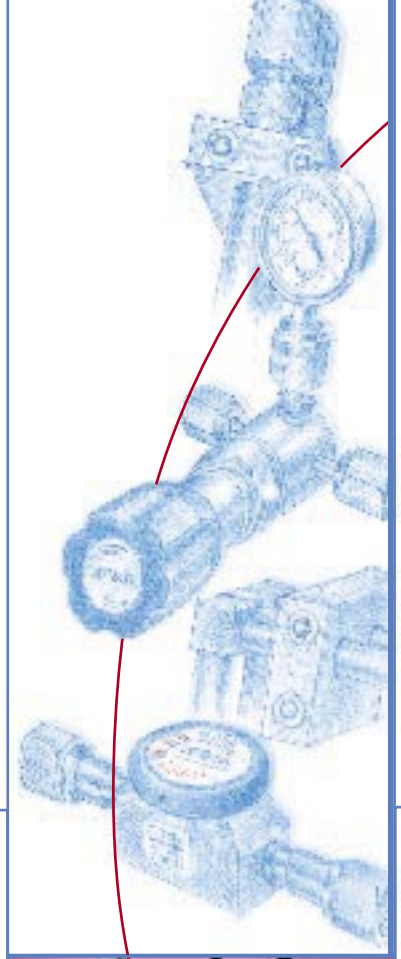


MALACKY

2003

beamex

DHI

Pressurements ltd
PRESSURE STANDARDS THROUGHOUT THE WORLD

D-Ex Limited

OBSAH

Strana

AKTUÁLNÍ STAV LEGISLATIVY V METROLOGII, NORMY A PŘEDPISY V OBLASTI METROLOGIE TLAKU V ČR
Ing. Pavel Vejchoda…….……. 3

POŽADAVKY NA PŘESNOST MĚŘENÍ,
URČOVÁNÍ REKALIBRAČNÍCH INTERVALŮ – VLIV NA EKONOMIKU
Ing. Pavel Vejchoda…….……. 5

NEJISTOTY MĚŘENÍ, NEJISTOTY PŘI KALIBRACI TLAKOMĚRŮ
Ing. Pavel Vejchoda…….……. 7

TVORBA KALIBRAČNÍCH POSTUPŮ
V SOULADU S POŽADAVKY AKREDITAČNÍCH ORGÁNŮ
Ing. Jindřich Šabata……. 13

POSTŘEHY Z AKREDITACE KALIBRAČNÍCH LABORATOŘÍ
Ing. Jindřich Šabata……. 17

KALIBRACE PŘEVODNÍKU TLAKU „SMART“
Jarmo Hyvärinen…….…. 21

KALIBRÁCIA DEFORMAČNÝCH TLAKOMEROV
Z POHĽADU DODATKU 2 DOKUMENTU EA-4/02
Ing. Zdeněk Faltus..……. 25

CERTIFIKÁT O KALIBRÁCII PIESTOVÉHO TLAKOMERA A ČO S NÍM
Ing. Zdeněk Faltus..……. 33

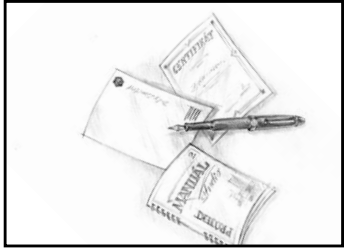
PREHĽAD JEDNOTIEK TLAKU
Ing. Zdeněk Faltus..……. 39

AKTUÁLNY STAV LEGISLATÍVY V METROLÓGII, NORMY A PREDPISY V OBLASTI TLAKU V SR
Ľubomír Krajči…...……..……. 43

PRAKTICKÉ POSTREHY Z KONTROLY SPÍNAČOV TLAKU
Ľubomír Krajči…...……..……. 65

PROČ POUŽÍVAT PÍSTOVÝ TLAKOMĚR PRO KALIBRACI TLAKOMĚRŮ
Ian Carr……...…….. 71

REFERENČNÍ ETALONY V KALIBRAČNÍ LABORATOŘI
Petr Moravec..…...……..…. 79



AKTUÁLNÍ STAV LEGISLATIVY V METROLOGII, NORMY A PŘEDPISY V OBLASTI METROLOGIE TLAKU V ČR

Přednášející

Ing. Pavel Vejchoda
GASCALIBRATION PRESSTEMP, spol. s r. o.
Doudlevecká 48;
P.O.Box 296
305 96 Plzeň 1 • CZ

Tel: +420 377 320 780
Fax: +420 377 320 780
pvejchoda@cbox.cz

1. Legislativa

Základem právní úpravy je Zákon č. 505/1990 Sb. o metrologii ve znění zákona č. 119/2000 Sb. a zákona č. 137/2002 Sb. a zákon č.20/1993 Sb. o zabezpečení výkonu státní správy v oblasti technické normalizace, metrologie a státního zkušebnictví, ve znění zákona č. 22/1997 Sb. v platném znění.

Vyhlášky Ministerstva průmyslu a obchodu

262/2000 Sb., kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření, ve znění vyhlášky č. 344/2002 Sb.
264/2000 Sb., o základních měřicích jednotkách a ostatních jednotkách a jejich označování.
345/2002 Sb., kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu.

2. Normy

ČSN EN ISO/IEC 17025	Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří
ČSN ISO 31-0	Veličiny a jednotky - Část 0: Všeobecné zásady
ČSN EN 472	Měřidla tlaku. Terminologie
ČSN EN 837-1	Měřidla tlaku - Část 1: Tlakoměry s pružnou trubicí - Rozměry, metrologie požadavky a zkoušení
ČSN EN 837-3	Měřidla tlaku - Část 3: Membránové a krabicové tlakoměry - Rozměry, metrologie, požadavky a zkoušení
ČSN EN 60770-1	Měřicí převodníky pro řídicí systémy průmyslových procesů - Část 1: Metody hodnocení vlastností
ČSN EN 61298-2	Zařízení pro měření a řízení průmyslových procesů. Obecné metody a postupy pro hodnocení vlastností. Část 2: Zkoušky při referenčních podmínkách

3. Technické předpisy metrologické

TPM 4654 - 01	Měřicí převodníky tlaku. Metrologické a technické požadavky.
TPM 4655 - 01	Měřicí převodníky tlaku. Metody zkoušení při ověřování.

4. Dokumenty EA

EA 10/03	Kalibrace pístových tlakoměrů
EA 4/02	Vyjadřování nejistot při kalibracích

POŽADAVKY NA PŘESNOST MĚŘENÍ, URČOVÁNÍ REKALIBRAČNÍCH INTERVALŮ – VLIV NA EKONOMIKU

Přednášející

Ing. Pavel Vejchoda
GASCALIBRATION PRESSTEMP, spol. s r. o.
Doudlevecká 48;
P.O.Box 296
305 96 Plzeň 1 • CZ

Tel: +420 377 320 780
Fax: +420 377 320 780
pvejchoda@cbox.cz

Různé procesy v průmyslu, zdravotnictví či jiných odvětvích probíhají pouze za jistých fyzikálních podmínek. Tyto je třeba nejdříve určit a stanovit rozmezí hodnot jednotlivých veličin, za kterých daný proces probíhá. Stanovení tohoto intervalu s dostatečnou přesností je důležitý vstup pro stanovení požadavku na přesnost jeho měření. Předpokládejme, že proces probíhá za hodnoty jisté fyzikální veličiny

$$v = v_s \pm \Delta v \qquad [1]$$

kde je

v_s střední hodnota dané fyzikální veličiny, kdy proces probíhá
$\pm \Delta v$ odchylka, za jaké proces od dané střední hodnoty ještě probíhá.

Stanovení Δv je třeba věnovat zvláštní pozornost. Neodůvodněně široké rozmezí může způsobit, že proces již nebude uspokojivě probíhat a naopak neodůvodněné úzké rozmezí klade vysoké nároky na přesnost měření, kdy zbytečně rostou náklady na měřicí techniku.

Předpokládejme dále, že interval Δv je stanoven optimálně. Z takto stanoveného intervalu měřené veličiny vyplývá požadavek na přesnost měření použitého měřidla. Pro použité měřidlo na dané hodnotě měřené veličiny musí být splněna podmínka

$$\Delta v \geq \Delta e_m + U_m \qquad [2]$$

kde je

Δe_m chyba měřidla na dané hodnotě měřené veličiny
U_m nejistota měření za daných podmínek.

Z toho co jsme si řekli vyplývá, že uvedená podmínka musí být bezpodmínečně splněna, jinak k požadovanému procesu nedojde.

Z této podmínky vyplývá požadavek na přesnost měřidla a tím jeho maximální dovolenou chybu Δe_m.
Zde je třeba vzít ještě v úvahu, že chyby měřidel jsou uváděny za jistých referenčních podmínek. Tato chyba bývá také obvykle uvedena na kalibračním listu, včetně nejistoty Uk, s jakou byla určena.

Ve vztahu [2] je třeba tuto skutečnost zohlednit v nejistotě Um, která se skládá kromě nejistoty kalibrace Uk z dalších složek. Při měření tlaku se obvykle nejvíce uplatní:

U_T nejistota vlivem teploty (teplota je rozdílná od teploty referenční)
U_t nejistota vlivem časové stability (závisí na době, kdy byla provedena poslední kalibrace).

Potom pro platí, že

$$U_m = k_4 \sqrt{\frac{U_k^2}{k_1^2} + \frac{U_t^2}{k_2^2} + \frac{U_T^2}{k_3^2}} \qquad [3]$$

kde k_1 až k_4 jsou koeficienty rozšíření,
závislé na druhu rozdělení jednotlivých nejistot.

Nejistotu vlivem teploty je možné snížit tím, že již při výběru měřidla budeme počítat s tím, za jakých konkrétních podmínek měřidlo bude pracovat a podle toho provedeme jeho volbu.
S nejistotou vlivem časové stability souvisí určení rekalibračního intervalu. Stabilita měřidla je důležitý parametr. Z výše uvedených vztahů vyplývá, že pokud vlivem časové nestability měřidla dojde k nesplnění vztahu [2], proces přestane probíhat a neúměrně rostou náklady vlivem nekvalitního výstupu.
Úkolem této krátké poznámky bylo upozornit na to, že je třeba věnovat velkou pozornost optimální volbě přesnosti používaného měřidla i stanovení jeho rekalibračního intervalu. Pokud tyto parametry nezvolíme optimálně, neúměrně rostou ekonomické náklady.

NEJISTOTY MĚŘENÍ, NEJISTOTY PŘI KALIBRACI TLAKOMĚRŮ

Přednášející

Ing. Pavel Vejchoda
GASCALIBRATION PRESSTEMP, spol. s r. o.
Doudlevecká 48;
P.O.Box 296
305 96 Plzeň 1 • CZ

Tel: +420 377 320 780
Fax: +420 377 320 780
pvejchoda@cbox.cz

Nejistota měření je parametr přidružený k výsledku měření, který charakterizuje interval hodnot okolo výsledku měření, které je možné odůvodněně přiřadit hodnotě měřené veličiny (ČSN 01 0115 - Mezinárodní slovník základních a všeobecných termínů v metrologii).
Pro výpočet nejistot akreditovaných laboratoří je závazný dokument EA 4/02 Ð Vyjadřování nejistot při kalibracích..
V rámci EAL bylo rozhodnuto, že kalibrační laboratoře akreditované členy EAL musí uvádět rozšířenou nejistotu měření U, stanovenou vynásobením standardní nejistoty u(y) odhadu koeficientem rozšíření k:

$$U = k \times u(y)$$

V případech, kdy lze usuzovat na normální rozdělení měřené veličiny a kdy standardní nejistota y je stanovena s dostatečnou spolehlivostí, je třeba použít standardní koeficient rozšíření k = 2. Takto stanovená rozšířená nejistota odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %. Tyto podmínky jsou většinou v oblasti měření tlaku splněny. Pokud tomu tak není, je třeba postupovat podle přílohy E dokumentu EA 4/02.
Nyní si prakticky rozeberme pojmy, které z obecné nejistoty měření vycházejí

- Nejlepší měřicí schopnost
- Nejistota kalibrace
- Nejistota vlastního měření

Nejlepší měřicí schopnost

Nejlepší měřící schopnost je nejmenší nejistota měření, kterou může kalibrační laboratoř v rámci specifikovaných laboratorních podmínek při dané kalibraci nebo typu kalibrace dosáhnout. Při určování nejlepší schopnosti se předpokládá, že se předmět kalibrace chová ideálně. Nejlepší měřící schopnost musí být vyjádřena nejistotou při hodnotě koeficientu rozšíření k = 2.
Nejlepší měřicí schopnost je důležitý parametr, který je uváděn v příloze osvědčení akreditovaných laboratoří a vypovídá o možnostech laboratoře. Obvykle se snižováním hodnoty nejlepší měřicí schopnosti rostou náklady na provoz laboratoře. Využitím informací v kalibračním listě a sledováním vlastností etalonu je možné nejlepší měřicí schopnost laboratoře snížit bez nároků na investice. Toto je v oblasti kalibraci tlakoměrů možné tam, kde jsou laboratoří užívány pístové tlakoměry.
Na závěr tohoto příspěvku je uvedeno vyhodnocení kalibračního listu pístového tlakoměru.

Nejistota kalibrace

Nejistota kalibrace je nejistota, s jakou laboratoř změřila kalibrovaný přístroj. Proti nejlepší měřicí schopnosti zde přistupují do složek nejistoty měření další prvky:

- Nejistota typu A.
- Vliv kalibrovaného měřidla (rozlišení na stupnici, u převodníků nejistota přístroje, kterým je měřen výstupní signál, nejistota vlivem teploty na kalibrované měřidlo).
- Zvýšení nejistoty etalonu vlivem prostředí (teplota, tíhové zrychlení).
- Nejistota etalonu způsobená intervalem od poslední kalibrace.

Z uvedeného vyplývá, že tato nejistota nemůže být nikdy menší než nejlepší měřicí schopnost laboratoře.

Rovněž je z uvedeného patrno, že sledování vlastnosti etalonu není formální požadavek a může nám ušetřit náklady při zbytečně časté kalibraci a naopak sledování vlivu na předchozí kalibrace a případné její opakování při zjištění, kdy po rekalibraci etalonu zjistíme, že jeho přesnost již neodpovídala uváděné nejistotě měření. Z toho důvodu je také třeba, aby laboratoř vyžadovala plnění požadavku ČSN EN ISO/IEC 17025 - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří, odstavec 5.10.4.3, kde je požadováno, pokud byl kalibrovaný přístroj opravován nebo seřizován, musí být uvedeny výsledky kalibrace získané před a po seřízení nebo opravě, pokud jsou k dispozici.
Do nejistoty kalibrace se neuvažuje vliv času na kalibrovaný předmět, protože tento vliv se zohledňuje až při vlastním měření.

Nejistota vlastního měření

Nejistota vlastního měření se již projevila v předchozím odstavci (nejistota kalibrace je nejistota vlastního měření kalibrační laboratoře). Zde není možné v případě etalonu vzít pouze nejistotu etalonu uvedenou v kalibračním listu, ale je nutné uvážit i časový vliv na vlastnosti etalonu a teplotní podmínky. Z toho vyplývá, že při nejistotě vlastního měření přistupují další složky nejistoty měření:

- Časový vliv na měřidlo,
- Teplotní vliv,
- Nejistota pomocných měřidel (měřidlo pro měření výstupního signálu u převodníků).

Z uvedeného je patrno, že nejistota měření nemůže být menší než nejistota použitého měřidla, uvedená v kalibračním listu.

Vyhodnocení kalibračního listu pro pístový tlakoměr z hlediska nejistot měření

Nyní si na příkladu pístového tlakoměru uveďme praktický rozdíl mezi nejistotou kalibrace (hodnoty uvedené v kalibračním listu) a zpracování těchto hodnot pro nejistotu měření.
Obecná definice tlaku měřená na referenční úrovni kalibrovaného přístroje pomocí pístového tlakoměru s médiem olej v módu přetlaku je dána vztahem:

$$p_e = \frac{\sum_i m_i g\,(1-\rho_a/\rho_{mi}) + \sigma c}{A_0(1+\lambda p)\,[1+(\alpha_p + \alpha_c)\,(t - t_r)]} + \rho_a g\,\Delta h$$

kde je

p_e	měřený tlak,
$\sum_i m_i$	celková hmotnost aplikovaná na píst,
g	místní tíhové zrychlení,
ρ_a	hustota vzduchu,
ρ_{mi}	hustota závaží i-tého závaží,
A_0	efektivní plocha tlakové měrky při referenční teplotě tr a při nulovém tlaku,
λ	koeficient tlakové deformace měrky,
α_p	koeficient lineární teplotní roztažnosti pístu,
α_c	koeficient lineární teplotní roztažnosti pouzdra,
t	teplota tlakové měrky,
σ	povrchové napětí oleje,
c	obvod pístu,
ρ_f	hustota tlakového média,
Δh	diference mezi výškou h1 referenční úrovně pístového tlakoměru a výškou h2 referenční úrovně kalibrovaného přístroje: $\Delta h = h_1 - h_2$.

Z uvedeného vztahu je patrno, že pístový tlakoměr je měřidlo, které pracuje na fyzikálním principu definice tlaku. Pro výsledný tlak je z výrobního hlediska rozhodující plocha pístu a příslušná závaží. Tíhové zrychlení je dáno potom místem použití etalonu a nejde ovlivnit, ale je možné provést korekci. Teplotu a rozdíl výšek referenčních úrovní lze ovlivnit, případně korigovat.
Dříve se pístové tlakoměry jako hlavní podnikové etalony ověřovaly. V rámci ověření byly všechny tyto vlivy vyhodnoceny a etalon byl zařazen do třídy přesnosti, které vyhověl většinou i bez provádění korekcí na koeficient tlakové deformace. Bylo nutné provádět pouze přepočet na tíhové zrychlení.

V současné době se i pístové tlakoměry kalibrují. Prostřednictvím EAL byl zpracován dokument EA-4/17 (EAL Ð G26), který pro národní akreditační orgány je podkladem pro stanovení minimálních požadavků pro kalibraci pístových tlakoměrů.
Podle této metodiky při použití metody určení efektivní plochy je výstupem kalibrační list, který musí mimo jiné obsahovat:

- Typ pracovní kapaliny,
- Rovnice, dle které byly vypočteny hodnoty tlaku, uvedené v kalibračním listě,
- Koeficient lineární teplotní roztažnosti kalibrované tlakové měrky,
- Referenční úroveň měřeného tlaku,
- Efektivní plochu a její kombinovanou nejistotu,
- Jestliže je to relevantní, koeficient tlakové deformace a příslušná kombinovaná nejistota,
- Kalibrační list hmotností s příslušnými nejistotami.

Z uvedeného je patrno, že získáme řadu hodnotných informací, ale bez dalšího zpracování na první pohled o nejistotě měření s tímto etalonem toho mnoho nevíme.
Vzhledem k tomu, že většinu parametrů známe s příslušnou nejistotu, můžeme podle kombinací jednotlivých závaží vypočítat skutečnou hodnotu tlaku s příslušnou nejistotou. Výsledek je obyčejně mnohem příznivější než obecné zařazení do třídy přesnosti.

Nejistota je dána vztahem:

$$U(p) = 2 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{9} u_i^2(p)}$$

kde je

$u_1(p) = \frac{p}{A} \cdot \frac{U(A)}{k_1}$ - Vliv nejistoty určení efektivní plochy měrky.

$u_2(p) = p^2 \cdot \frac{U(\lambda)}{k_2}$ - Vliv nejistoty určení koeficientu tlakové deformace.

$u_3(p) = \frac{p}{m} \cdot \frac{U(m)}{k_3}$ - Vliv nejistoty určení hmotnosti.

$u_4(p) = p\,(\alpha_p + \alpha_c) \cdot \frac{U(\lambda)}{k_4}$ - Vliv nejistoty určení teploty.

$u_5(p) = p\,U\,(\alpha_p + \alpha_c) \cdot \frac{\Delta t}{k_5}$ - Vliv nejistoty určení koeficientu teplotní roztažnosti.

$u_6(p) = \frac{p}{g} \cdot \frac{U(g)}{k_6}$ - Vliv nejistoty určení místního tíhového zrychlení.

$u_7(p) = \frac{p}{(\rho_m - \rho_a)} \cdot \frac{U(\rho_a)}{k_7}$ - Vliv nejistoty hustoty okolního vzduchu.

$u_8(p) = \rho \cdot g \cdot \frac{U(\Delta h)}{k_8}$ - Vliv nejistoty korekce na výškový rozdíl referenčních úrovní.

$u_9(p) = p \sin \Theta \cdot \frac{U(\Theta)}{k_9}$ - Vliv nejistoty odchylky od kolmého působení síly.

kde k1 až k9 jsou koeficienty rozšíření jednotlivých složek.
Ostatní symboly jsou shodné se symboly ve vztahu pro výpočet nastaveného tlaku.

Jednotlivé složky mají různý vliv a u méně přesných měřidel mohou být zanedbatelné.

Z uvedeného vyplývá, že zpracování takových hodnot je bez výpočetní techniky obtížné. Poměrně jednoduchým způsobem se dá využít tabulkového procesoru EXCEL k automatickému výběru závaží pro požadovaný nominální tlak, s vyhodnocením skutečného tlaku s příslušnou nejistotou.
Přiložený výpis tabulky č. 1 obsahuje zadané hodnoty z kalibračního listu a konkrétní hodnoty laboratorních podmínek (teplota, tíhové zrychlení).

Do tabulky č. 2 je zadávána jmenovitá hodnota tlaku a výstupem jsou zbývající hodnoty, včetně kombinací závaží.
Z uvedených hodnot, které se týkají konkrétního pístového tlakoměru, je patrno, jak se dá provedením korekcí podstatně zvýšit přesnost měření.

Některé ze složek lze v praktickém výpočtu sice zanedbat, ale přesto je ruční výpočet poměrně zdlouhavý.

V případě programů, které zpracovávají měření je možné tento rozšířit podobným způsobem, kdy jsou zadávány nominální hodnoty a za předpokladu používání při realizaci nejmenšího počtu závaží a vzestupného používání číslovaných závaží stejných hodnot, je automaticky počítáno s korigovanými hodnotami.

Vzhledem k malému časovému prostoru bylo možné pouze ve stručnosti ukázat jednu z možností optimálního využívání a zhodnocování informací z kalibračního listu.

Případné dotazy na zpracování naměřených hodnot, včetně nejistot měření ať již z kalibračních listů získaných od jiné laboratoře nebo na zpracování vlastních měření je možné zasílat na adresu pvejchoda@cbox.cz

Tabulka č.1: List tabulkového procesoru EXCEL se vstupními údaji

Hodnoty z kalibračního listu:		
Plocha měrky:	0,000100273	m^2
Nejistota plochy měrky:	1,00E-08	m^2
Koeficient teplotní roztažnosti:	2,20E-05	K^{-1}
Nejistota koeficientu teplotní roztažnosti:	1,00E-06	K^{-1}
Koeficient tlakové deformace:	0	Pa^{-1}
Hodnoty při kterých je tlakoměr používán:		
Nejistota teploty v laboratoři:	2	°C
Tíhové zrychlení v laboratoři:	9,809273	m/s^2

Hmotnosti závaží:

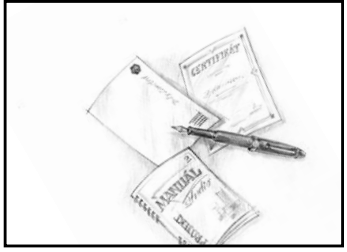
Označení	Jmenovitá hodnota tlaku	Hmotnost	Nejistota
	Pa	kg	kg
Základ	5,00E+04	0,511336	5,00E-06
1	1,00E+05	1,02266	1,50E-05
2	1,00E+05	1,02266	1,50E-05
3	1,00E+05	1,02267	1,50E-05
4	1,00E+05	1,02268	1,50E-05
5	5,00E+04	0,511337	5,00E-06
6	2,00E+04	0,204537	5,00E-06
7	2,00E+04	0,204538	5,00E-06
8	2,00E+04	0,204539	5,00E-06
9	2,00E+04	0,204537	5,00E-06
10	1,00E+04	0,10227	5,00E-06
11	1,00E+04	0,102271	5,00E-06

Tabulka č. 2: List tabulkového procesoru ECXEL pro výpočet požadovaných hodnot na základě zadané jmenovité hodnoty.

PŘESTAVIT

Po zadání hodnoty tlaku vždy aktualizovat tlačítkem „PŘESTAVIT“

Jmenovitá hodnota [Pa]:			5,00E+04	6,00E+04	7,00E+04	8,00E+04	9,00E+04	1,00E+05	1,50E+05	2,00E+05	2,50E+05
Skutečná hodnota při 20 °C [Pa]:			50014,2814	60017,41	70020,25	80023,38	90026,31	100028,7	150041,7	200056	250069,1
Nejistota pro 2 °C [%]:			0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
Chyba [%]:			-0,029	-0,029	-0,029	-0,029	-0,029	-0,029	-0,028	-0,028	-0,028
Nejistota + chyba [%]:			0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,039	0,039	0,039
Nastavení kombinace závaží:											
Označení	Jmenovitá hodnota tlaku	Hmotnost									
	Pa	kg									
Základ	50000	0,511336	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	100000	1,02266							x	x	x
2	100000	1,02266									x
3	100000	1,02267									
4	100000	1,02268									
5	50000	0,511337						x		x	
6	20000	0,204537			x	x	x				
7	20000	0,204538					x				
8	20000	0,204539									
9	20000	0,204537									
10	10000	0,10227		x		x					
11	10000	0,102271									



TVORBA KALIBRAČNÍCH POSTUPŮ V SOULADU S POŽADAVKY AKREDITAČNÍCH ORGÁNŮ

Přednášející

Ing. Jindřich Šabata
ČEZ, a.s., Jaderná elektrárna Dukovany, 675 50 Dukovany
Tel.: 568815393, 777232955, 568853859
E-mail: sabatj1.edu@mail.cez.cz

Cílem referátu je podat výklad o tom, co by měl kalibrační postup obsahovat pro jeho optimální využití při kalibraci, jeho práce s ním a aby vyhovoval požadavkům akreditačního institutu. Co musí kalibrační postup obsahovat není upraveno žádným konkrétním předpisem. Všeobecné požadavky jsou uvedeny v normě EN ISO/IEC 17025 - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří, kapitola 5.4. Zde se mimo jiné uvádí, co má kalibrační postup (kalibrační metoda) obsahovat.

Kalibrační postup by měl obsahovat:

1. Úvodní stranu.
Zde se uvede název kalibračního postupu, registrační číslo metodiky, počet stran metodiky, provedené revize, kdo kalibrační postup vypracoval, kdo schválil a případně kdo přezkoumal. Uvede se zde též datum platnosti.

2. Předmět kalibrace.
Zde se uvede jaký druh (typ) měřidla se bude kalibrovat, v jakém rozsahu a od jaké přesnosti. Např.: Tato metodika platí pro kalibraci deformačních tlakoměrů třídy přesnosti 0,1% a horších v rozsahu od -100 kPa do 80 MPa.

3. Související normy a předpisy.
Zde se uvede soupis všech dokumentů z kterých se vycházelo při tvorbě metodik.

4. Požadovaná kvalifikace pracovníků provádějící kalibraci.
Zde se konkrétně uvede požadovaná kvalifikace nebo se odkáže na dokument kde je to již popsáno. Např. Příručka jakosti.

5. Názvosloví a definice.
Jsou zde vysvětleny definice, názvosloví a zkratky, které souvisí s kalibrací a nebo se uvede odkaz na základní normu. Např.: Odporový teploměr - konstrukční celek skládající se z měřicího odporu, vnitřního vedení, ochranné (stonkové) trubice, hlavice (konektoru, svorkovnice) a případně připojovacího kabelu.

6. Požadovaná měřidla a pomůcky k provedení kalibrace.
Není žádoucí zde uvádět konkrétní typ měřidla (etalonu), ale je nutné uvést parametry, které musí dané měřidlo splňovat k provedení zamýšlené kalibrace.

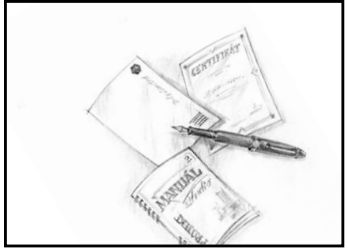
7. Podmínky (prostředí) při kalibrace.
Nutné uvést konkrétní podmínky při kalibraci za kterých se má kalibrace provádět.

8. Popis jednotlivých zkoušek při kalibraci.
Zde se popíše vlastní kalibrace tedy např.: všeobecné podmínky při kalibraci, vnější (vstupní) kontrola (prohlídka) před vlastní kalibrací, funkční zkouška, vlastní zkouška tedy měření metrologických parametrů kalibrovaného měřidla.

9. Vyhodnocení měření a výpočet nejistot včetně příkladu vyhodnocení a výpočtu nejistot.
Zde se popíšou i kritéria rozhodnutí o výsledku kalibrace.

10. Vystavení kalibračního listu.
Zde se popíše co musí kalibrační list obsahovat a způsob případného označení měřidla. V souladu s EN ISO/IEC 17025 by měl např. obsahovat:

a) název „Kalibrační list“
b) název a adresa kalibrační laboratoře a místo provedení kalibrací, pokud je jiné než adresa laboratoře
c) jednoznačnou identifikaci kalibračního listu a každé jeho strany a celkový počet stran
d) název a adresa zákazníka
e) identifikaci použité metody
f) jasnou identifikaci kalibrované položky (položek)
g) datum přijetí kalibrační položky (položek), je-li to důležité pro platnost a použití výsledků a datum (data) provedení kalibrace.
h) výsledky kalibrace a jednotky měření, pokud je to možné a účelné veškeré naměřené hodnoty a pokud je to možné a účelné kritéria správnosti pro kalibrovaný přístroj (snímač). Jestliže byl přístroj justován (seřizován) nebo opravován, měly by být uvedeny výsledky kalibrace získané před a po justování (seřizování) nebo opravě, pokud jsou k dispozici
i) výsledky měření a zkoumání a odvozené výsledky podpořené podle potřeby tabulkami, diagramy, náčrty a fotografiemi a také všechny zjištěné nedostatky (nejedná se o doporučení)



j) jméno, funkci, podpis nebo odpovídající značení osoby (osob) odpovědné za technickou stránku kalibračního listu. Každá stránka kalibračního listu označena razítkem a podpis vedoucího laboratoře nebo právě zastupujícím pracovníkem oprávněným k podpisování kalibračních listů.
k) údaj (ustanovení) o nejistotě měření
l) prohlášení o tom, že se výsledky kalibrací týkají jen kalibrované položky
m) prohlášení, že bez písemného souhlasu kalibrační laboratoře se nesmí kalibrační list reprodukovat jinak, než celý
n) doplňkové informace, které mohou být požadovány ve specifických metodách, které mohou požadovat zákazníci nebo skupiny zákazníků.

Kalibrační list by neměl obsahovat žádné rady nebo doporučení vyplývající z výsledků kalibrací, pokud není kalibrační list vydáván na měřidlo, které je využíváno pro vlastní laboratoř.

11. Převzetí měřidla ke kalibraci a předání měřidla po kalibraci.
Zde se popíše způsob přebírání a předávání měřidla ke kalibraci nebo (což je vhodnější) odkaz na dokument kde je toto popsáno.

12. Validace kalibračního postupu včetně péče o kalibrační postup (jedná se o řízenou dokumentaci).

Dále budou v referátu popsána některá doporučení pro zpracování kalibračního postupu.

Volba kalibračního postupu

Kalibrační postup musí být zpracován tak, že volba použití vhodného a správného kalibračního postupu pro zamýšlenou kalibraci je jednoznačná. Měla by být volena dle typu měřidla, požadované přesnosti kalibrace, vybavení laboratoře a požadavků zákazníka.

Na předmětnou kalibraci nemusí být zpracován vlastní kalibrační postup, ale mohou být použity např. mezinárodní, regionální nebo národní normy či TPM (technický předpis metrologický). Za jednoznačně vhodnější považuji přepracovat tyto předpisy do svého kalibračního postupu, kde jsou zohledněna specifika konkrétní kalibrační laboratoře, např. přístrojové vybavení, prostory apod. Mělo by se však jednat pouze o modifikaci všeobecně uznávaných postupů na potřeby laboratoře. Pokud by změny byly tak významné, že by se jednalo o vlastní vyvinutý kalibrační postup, pak jeho validace a jeho uznání zákazníkem, či další třetí stranou (např. auditorem), bude mnohem obtížnější. Validace kalibračního postupu, který vychází ze všeobecně uznávaných předpisů, je podstatně jednodušší. Většinou postačuje provést porovnávací měření s jinou laboratoří. Nejvhodnější je ČMI nebo jiná akreditovaná kalibrační laboratoř. Pokud se jedná o akreditovanou kalibrační laboratoř Ð akreditovanou kalibraci, musí být mezilaboratorní porovnávací zkouška realizována prostřednictvím ČMI. Jedná se samozřejmě o ČR.

Kalibrační postup i veškeré související předpisy musí být kalibrujícímu pracovníkovi v laboratoři k dispozici. Pokud je kalibrace prováděna mimo stálé prostory laboratoře, musí mít pracovník kalibrační postup sebou.

Kalibrační postup je vhodné tvořit např. na veličinu a typ resp. způsob snímané veličiny. Například kalibrace snímané teploty. U něj bude záležet ne pouze na měřené veličině , ale též na typu snímače (způsobu odečtu) teploty. Pokud typem snímače je např. odporový teploměr, pak dalším rozlišením bude, zda se jedná o kalibraci např. průmyslového odporového snímače teploty nebo sekundárního etalonu 2. řádu. Podle všech těchto kritérií by měl být zpracován kalibrační postup.

Dalším kritériem rozdělení kalibračních postupů je rozdělení podle konkrétního typu měřidla. Např. kalibrace digitálního tlakoměru DRUCK DPI 605. Tento přístroj ve specifikovaném rozsahu měří tlak, teplotu a elektrické veličiny (napětí, proud). Dle mého názoru by takováto metodika byla zbytečně obsáhlá a méně přehledná. Kalibraci může provádět i více pracovníků podle měřené veličiny. Základním kritériem na rozdělení kalibračních postupů by měla být měřená veličina. Postup na kalibraci konkrétního měřidla pak může pouze doplňovat základní kalibrační postup.

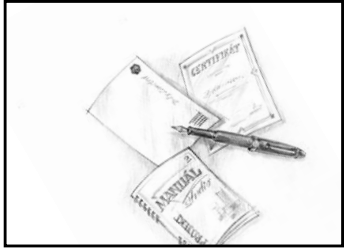
Ze specifikace předmětu kalibrace v kalibračním postupu musí tedy být kalibrujícímu pracovníkovi jednoznačně zřejmé, jaký kalibrační postup má na požadovanou kalibraci použít.

Vlastní kalibrace

Kalibrace musí být prováděna v souladu se zásadami v kalibračním postupu. Vzhledem k šířce spektra možnosti prováděných kalibrací jsou níže uvedeny jen některá doporučení pro vlastní kalibraci.

Před zahájením kalibrace by si pracovník měl připravit a zkontrolovat veškeré přístroje, které budou použity při kalibraci. Jaké přístroje ke kalibraci musí použít by mělo být zřejmé z kalibračního postupu. Musí se též přesvědčit, zda podmínky prostředí jsou vyhovující pro zamýšlenou kalibraci. Některé kalibrace vyžadují i vyhovující podmínky prostředí po určité časové období před zahájením kalibrace a ne jen v době vlastní kalibrace. Použité přístroje musí mít v době kalibrace platnou kalibraci (ověření) a pokud vyžadují před vlastním použitím provedení určitých funkčních zkoušek, musí být tyto provedeny.

Dle charakteru vybavení kalibrační laboratoře a typu kalibrovaného měřidla může být snímání a odečet měřených hodnot prováděn zcela automaticky. Tato metoda je sice nejvhodnější, ale ne vždy možná. Z vlastní zkušenosti doporučuji využívání výpočetní techniky v co možná nejširším rozsahu. Ruční záznam měřených hodnot může být prováděn buď přímo „zápisem“ do počítače a nebo do „autorizované“ knihy (prvotní záznamy). Způsob vedení prvotních záznamů je dobře popsán již v citované normě EN ISO/IEC 17025. Po celou dobu kalibrace je nutné kontrolovat podmínky prostředí. Ty po celou dobu kalibrace nesmí vybočit z požadovaných parametrů. Pokud k tomu dojde, musí být kalibrace přerušena a pokračováno v ní až jsou podmínky prostředí vyhovující.



Záznamy o kalibraci musí být vedeny tak, aby v případě potřeby mohla být opakovaná kalibrace prováděna za podmínek odpovídající co nejvíce původním.

Vyhodnocení měření

Kalibrační postup musí být zpracován tak, aby podle něj mohly být zpracovány naměřené hodnoty, provedeny potřebné výpočty, stanoveny výpočty nejistot a případně výsledky měření (shoda s normou, parametry výrobce a pod.). Při naplňování této části kalibračního postupu pracovníkem, se nejvíce uplatní, že nejsou využívány pouze všeobecné předpisy (normy, TPM, ….), ale že kalibrační postup byl zpracován pro konkrétní podmínky laboratoře.

Při automatické kalibraci se většinou výpočetní technikou provádí i zpracování naměřených hodnot, včetně výpočtu nejistot a tisku kalibračního listu. Nesmí se však opomíjet validace použitého SW a v pravidelných termínech provádět kontrolu správnosti výpočtu naměřených hodnot a výpočtu nejistot. Např. použitím ručního kalkulátoru. Dalším způsobem kontroly výpočtů a zpracování naměřených hodnot může být ten, že opakovaně (s určitým časovým odstupem) zadáme již jednou naměřené hodnoty a tyto výsledky pak porovnáme. Musí se plně shodovat.

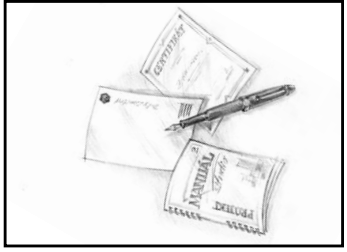
Ruční zpracování hodnot je časově více náročné a tedy méně vhodné. Je také větším zdrojem možných chyb. Především výpočet nejistot může být časově velmi náročný. Proto se někdy přistupuje k určení tzv. typových nejistot měření laboratoře a ty jsou pak přiřazovány k jednotlivým naměřeným hodnotám. Toto řešení však považuji za kompromisní. Způsob určení takovýchto typových nejistot musí být popsán některým řídícím dokumentem, nemusí být součástí kalibračního postupu.

Rada závěrem :

Na tvorbě kalibračního postupu (metodiky) by se měl podílet celý kolektiv pracovníků, kteří předmětnou kalibraci budou provádět, musí vycházet z reálných podmínek laboratoře a musí být srozumitelná všem, kteří kalibraci provádí. Kontrola aktuálnosti kalibračního postupu by měla být prováděna min. 1x za rok (požadavek na interní prověrky jakosti) a měl by o tom být učiněn písemný záznam.

Použité materiály :

EN ISO/IEC 17025 - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří



POSTŘEHY Z AKREDITACE KALIBRAČNÍCH LABORATOŘÍ

Přednášející

Ing. Jindřich Šabata
ČEZ, a.s., Jaderná elektrárna Dukovany, Tel.: 568815393, 777232955, 568853859
675 50 Dukovany E-mail: sabatj1.edu@mail.cez.cz

V referátu jsou uvedeny postřehy z akreditačního procesu v ČR. Akreditace v ČR i SR je sice realizována dle stejných mezinárodních předpisů, přesto mohou být určité odlišnosti v přístupu akreditačních orgánů obou států. Níže jsou uvedeny názory jen na některé kapitoly normy EN ISO/IEC 17025 (dále je normy).

Úloha odborného technického posuzovatele akreditačního orgánu

Externí posuzovatel (jedná se o externího pracovníka, tedy nejde o pracovníka akreditačního orgánu) posuzuje technickou úroveň laboratoře, tedy především kapitolu 5 normy. Měl by mít řádnou odbornost (praktické zkušenosti), být nestranný a nemít žádné zájmy na výsledcích posouzení. Důležité je i zachování důvěrnosti při zacházení se získanými informacemi. To může být v praxi někdy obtížně splnitelné, např. tam kde je úzká specializace v dané oblasti.
Laboratoř má plné právo se vyjádřit k výběru odborných posuzovatelů a případně s ním nesouhlasit. Akreditační orgán musí tento nesouhlas akceptovat.
Výsledek posuzování by pro laboratoř měl mít pozitivní význam a ne pouze soubor restrikčních opatření - neshod. Ideální je, jestliže audit či dozor je realizován v atmosféře vzájemné spolupráce. Laboratoř by si měla uvědomit, že i pro ni může mít takováto kontrola pozitivní význam - získání nových informací, které pak může v praxi využít. Pracovník laboratoře by se neměl bát s auditorem spolupracovat.

4.4. Přezkoumávání poptávek, nabídek a smluv

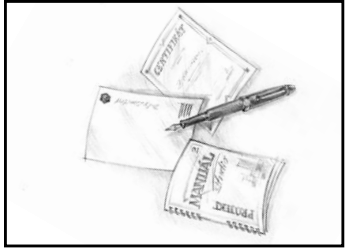
V předchozí normě bylo vyžadováno spíše formálně. V nové normě je tomu již věnována větší péče. U některých laboratoří snaha o formálnost stále přetrvává. Tato formálnost však později může vést k řešení rozporů ve věci správného naplnění požadavků zákazníka. Je proto důležité přezkoumat požadavky zákazníka z pohledu reálné splnitelnosti, a to již ve fázi přebírání zařízení ke kalibraci. Přebírat měřidlo ke kalibraci by proto měl pracovník, který je schopen toto posoudit a dohodnout se se zákazníkem na přesném požadavku rozsahu kalibrace. Při přebírání je vhodné provést i funkční odzkoušení a do předávacího protokolu zaznamenat všechny případné odchylky od správného stavu. Pozdější zjištění mohou vést k nepříjemným jednáním se zákazníkem. Důležité též je se domluvit na ceně za kalibraci a termínu provedení. Významná je i domluva na kontaktní osobě zákazníka, se kterou je možné dojednat případná další technická ujednání v průběhu kalibrace. Dle závažnosti takovýchto dodatečných dohod je v některých případech vhodné požadovat od zákazníka jeho písemné potvrzení.
Jiný postup přebírání nastane, pokud zařízení nepředává zákazník osobně, ale např. poštou či kurýrní službou. Norma tento způsob předání nezakazuje. Záleží tedy pouze na dohodě se zákazníkem. Doporučuji preferovat přímé převzetí od zákazníka.

4.6 Nakupování služeb a dodávek

Norma zde mimo jiné vyžaduje mít u služeb majících vliv na výsledek kalibrace vedený seznam dodavatelů a provádět jejich výběr - hodnocení. Mít přehledně vedený seznam dodavatelů považuji za velmi užitečné a nepovažuji to pouze za formálnost, kterou provádím jen pro naplnění požadavku normy. Přesto se často stává, že laboratoř tento seznam vůbec nemá anebo není aktuální. Ze zkušenosti vím, že je vhodné u větších laboratoří, které zajišťují více oborů měření, ho i několikrát za rok aktualizovat. Seznam dodavatelů by měl minimálně obsahovat přesnou adresu firmy včetně kontaktních osob a jejich telefonních čísel, faxu a e-mailu a dále jakou službu poskytuje. Vhodné je i uvést jejich hodnocení. Takovýto seznam by se měl vypracovávat na služby v oblasti nákupu měřicího zařízení, technologického zařízení, spotřebního materiálu, výpočetní techniky, softwarového vybavení, externích metrologických služeb, oprav a údržeb.

4.13 Interní audity

Požadavku na provádění interních auditů byl přikládán i v dřívější normě značný význam. Samozřejmě to platí i u nové normy a plnění tohoto požadavku je systémovým auditorem důsledně kontrolováno a jeho neplnění může vést až k pozastavení akreditace.
Laboratoř musí minimálně 1x za rok překontrolovat všechny kapitoly PJ a dokumenty související. Základní chybou laboratoře je, když provede např. interní audit 1x za rok a v něm provede kontrolu všech kapitol a souvisejících dokumentů a dále pokud z auditů nejsou žádné neshody ani doporučení. To svědčí o jasné formálnosti provádění prověrek jakosti.
Akreditační orgán vyžaduje, aby manažer jakosti byl členem laboratoře - jeho technickým pracovníkem. Dřívější norma umožňovala využívání externího pracovníka.



4.14 Přezkoumávání vedením

Cílem přezkoumávání systému jakosti vedením by mělo být zhodnotit aktuální stav systému jakosti, stanovit nezbytné změny pro zajištění případných opatření z interních prověrek, externích prověrek a stížností a navrhnout opatření pro jejich zlepšení. Výsledkem přezkoumávání systému jakosti mají být přijatá opatření s termíny jejich plnění se jmény osob zodpovědných za plnění. Naplnění této kapitoly je systémovým auditorem taktéž důsledně kontrolováno.
Přezkoumávání systému jakosti vedením a interní audity jsou dva odlišné kontrolní nástroje. Nelze je tedy spojovat do jednoho systému nebo nahrazovat, či zaměňovat. V některých případech laboratoře chybně spojují tyto dvě odlišné kontroly do jednoho celku.

5.2 Pracovníci

Technická úroveň pracovníků je velmi důležitou a dá se říci i rozhodující složkou úrovně laboratoří. Její význam je tím větší, čím lépe je laboratoř vybavena a čím menší nejistoty uvádí. Výběru pracovníků by vedení firmy mělo věnovat náležitou péči, měli by mít vyhovující vzdělání a délku praxe. To, aby musel mít technický pracovník osvědčení nebo certifikaci, není akreditačním orgánem striktně vyžadováno. I přesto doporučuji, aby pracovník na vykonávanou činnost osvědčení nebo certifikaci měl.
Vyhovující úroveň pracovníků je akreditačním orgánem kontrolována prokázáním potřebných znalostí při osobním pohovoru, předvedením kalibrací, úrovní vzdělání, délkou praxe, průběžným vzděláváním.
V této kapitole je žádoucí vypsat práva a povinnosti pracovníků - jednotlivých funkčních míst ve vztahu ke kalibrační laboratoři. Jedná se především o vedoucího AKL, manažera jakosti, technického vedoucího laboratoře a technického pracovníka laboratoře. Nesmí se opomenout ani na zástupce vedoucího AKL, příp. na zástupce manažera jakosti. Je jasné, že u menších laboratoří budou tyto funkce různě kumulovány. Je nutné mít popsán také způsob zaškolování nově přijímaných pracovníků a způsob udržování znalostí na potřebné úrovni - průběžné vzdělávání.

5.3 Prostory a podmínky prostředí

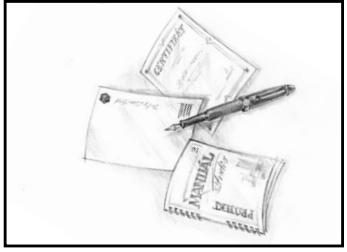
Požadavky na podmínky prostředí prostor musí být takové, aby zabezpečily jejich trvalou způsobilost pro provádění akreditovaných výkonů.
Zde je žádoucí popsat umístění laboratoří, na jakou světovou stranu jsou orientovány (pokud jsou vybaveny okny), zda jsou klimatizovány, jaká je úprava stěn a podlah, zda mají speciální úpravy proti rušení, zda mají digestoře, jaké jsou elektrické rozvody apod. Měl by zde být odkaz na plánek laboratoří, či jejich grafické znázornění. Laboratoře musí být vhodné k provádění předmětných kalibrací.
Častou chybou laboratoří je nesprávné měření podmínek prostředí. Teplota a případně jiné parametry by měly být měřeny v místě kalibrace. Podmínky prostředí však bývají měřeny na jiném místě laboratoře, kde parametry prostředí mohou být jiné. I umístění klimatizace může mít vliv na vhodnost prostředí ke kalibraci. Často může vyvolat i značnou „nepohodu“ pro kalibrujícího pracovníka (proudění chladného vzduchu). Ten pak je i nucen klimatizaci vypnout.
Další chybou může být i nereálné stanovení podmínek pro kalibraci a stanovení parametrů, které laboratoř vůbec neměří a na předmětnou kalibraci ani měřit nemusí. Např. si laboratoř stanoví, že předepsaná vlhkost při kalibraci je (50 ± 10) % RV. To je v praxi pak obtížně splnitelné a přitom by tolerance na danou kalibraci mohla být mnohem větší.
Pokud je zařízení skladováno mimo laboratoř a charakter měřidla to vyžaduje, musí být stanoveny podmínky prostředí i pro prostory kde je uloženo.

5.4 Kalibrační metody a validace metod

Kalibrační postupy by laboratoř měla zpracovávat takové, aby vyhovovaly jejím potřebám, nebyly pouze formální a aby nebyly vytvářeny jen proto, že je vyžaduje akreditační orgán.
Je nutné si uvědomit, že při posuzování laboratoře akreditačním orgánem je posuzováno, zda je pracovník schopen realizovat kalibraci dle dokumentovaného postupu. Je proto nutné mít postup zpracovaný tak, jak se kalibrace v praxi provádí. Je vhodné, aby jeho součástí byl příklad výpočtu, zpracování naměřených hodnot a výpočet nejistoty měření. Zpracovaný kalibrační postup by měl vycházet ze všeobecně uznávaných předpisů (norem, TPM, …). V oblasti tlaku je na kalibrace zpracováno dostatek dokumentů. Při tvorbě kalibračních postupů je tedy z čeho vycházet. Validace takového postupu je pak mnohem jednodušší. Při ní pak většinou postačuje provedení mezilaboratorního porovnávacího měření. Pokud to není nutné, nedoporučuji zavádět metody vyvinuté laboratoří nebo metody nenormalizované. Jejich validace je pak obtížnější.
Určení nejistoty měření resp. nejlepší měřicí schopnosti laboratoře bývá u laboratoří také často problematické. Přílohou osvědčení o akreditaci je uvedení nejlepší schopnosti měření laboratoře. Dle mých zkušeností by tato hodnota měla být stanovena tak, že ji lze dosáhnout pouze za optimálních podmínek. Tato zkušenost vychází ze zjištění, že laboratoře ve svých kalibračních listech někdy uvedou nejistotu měření, která je menší než nejlepší schopnost měření laboratoře. Tato neshoda může vest k pozastavení akreditace.

5.5 Zařízení

Oblast zařízení nebývá u laboratoří častým zdrojem neshod. Použité přístrojové vybavení většinou odpovídá požadavkům, na které je, nebo se chce, laboratoř akreditovat. Častějším zdrojem neshod je neúplný popis údržby zařízení, resp. nebývá popsán vůbec. Často nejsou využívány mezilhůtové kalibrace či využívány jiné metody ke zjištění správnosti zařízení.



Je vhodné mít důkladně popsán způsob, jak se zachází s měřidlem, které je vadné - vykazuje nesprávné hodnoty. Je vyžadováno, aby laboratoř měla k dispozici štítky se zákazem používání nebo jiné vhodné označení nevyhovujícího měřidla.

5.9 Zjišťování jakosti výsledků kalibrací

V normě je uváděno několik způsobů zjišťování jakosti výsledků kalibrací. V PJ však v některých případech je laboratoří popisována pouze jedna metoda - mezilaboratorní porovnávání, což není postačující. Přitom důsledné naplňování tohoto bodu může ve výsledku například vést k oprávněnému prodloužení periody kalibrace. Je tedy dobré tomuto požadavku věnovat náležitou péči. Z praktického hlediska jde o účinné zavedení kontroly správnosti kalibrace v praxi a svědčí o tom, že je laboratoří využíváno všech reálně možných prostředků k minimalizaci možnosti nesprávné kalibrace.

5.10 Uvádění výsledků

Výsledkem každé kalibrace je vystavení kalibračního listu. Laboratoř by mu tedy měla věnovat náležitou péči nejen po stránce správného a úplného uvádění potřebných údajů, ale i úrovni grafického zpracování. Kalibrační list reprezentuje každou laboratoř na veřejnosti a to ne jen u zadavatele práce - zákazníka.
Zdrojem neshod u vystavovaných kalibračního listů bývá neuvedení plné a správné adresy zákazníka, špatné nebo neúplné uvádění podmínek prostředí při kalibraci, nejasné uvádění naměřených hodnot a nejistot měření, uvádění nejistoty měření menší než je nejlepší schopnost měření laboratoře uvedené v příloze osvědčení.

Závěr

Díky tomu, že v akreditačním procesu působím již od roku 1996, mohu konstatovat, že úroveň laboratoří má stoupající úroveň. Jejich úroveň je však někdy velmi rozdílná. Bohužel v mnoha případech se zákazník zajímá především o cenu za kalibraci a jak rychle bude provedena a ne o kvalitu provedené kalibrace. Stávající akreditační systém mu ani nedává potřebné prostředky, aby mohl zjistit na jaké úrovni laboratoř kalibraci provádí. Respektive poskytované prostředky jsou v praxi obtížně uskutečnitelné. Ještě asi dlouho bude platit pravidlo pro výběr dodavatele kalibrace v pořadí cena - termín -kvalita.

Použité materiály:

EN ISO/IEC 17025 - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří
Sborník přednášek z 26. konference Českého kalibračního sdružení

KALIBRACE PŘEVODNÍKU TLAKU „SMART“

Přednášející

Mr. Jarmo Hyvärinen
BEAMEX OY
P.O. Box 5
FIN- 68601 Pietarsaari
Finsko

Tel: +358 6 7840111
Fax: +358 6 7840404
E-mail: jarmo.hyvarinen@beamex.com
Internet: http://www.beamex.com

Překlad:

Petr Moravec

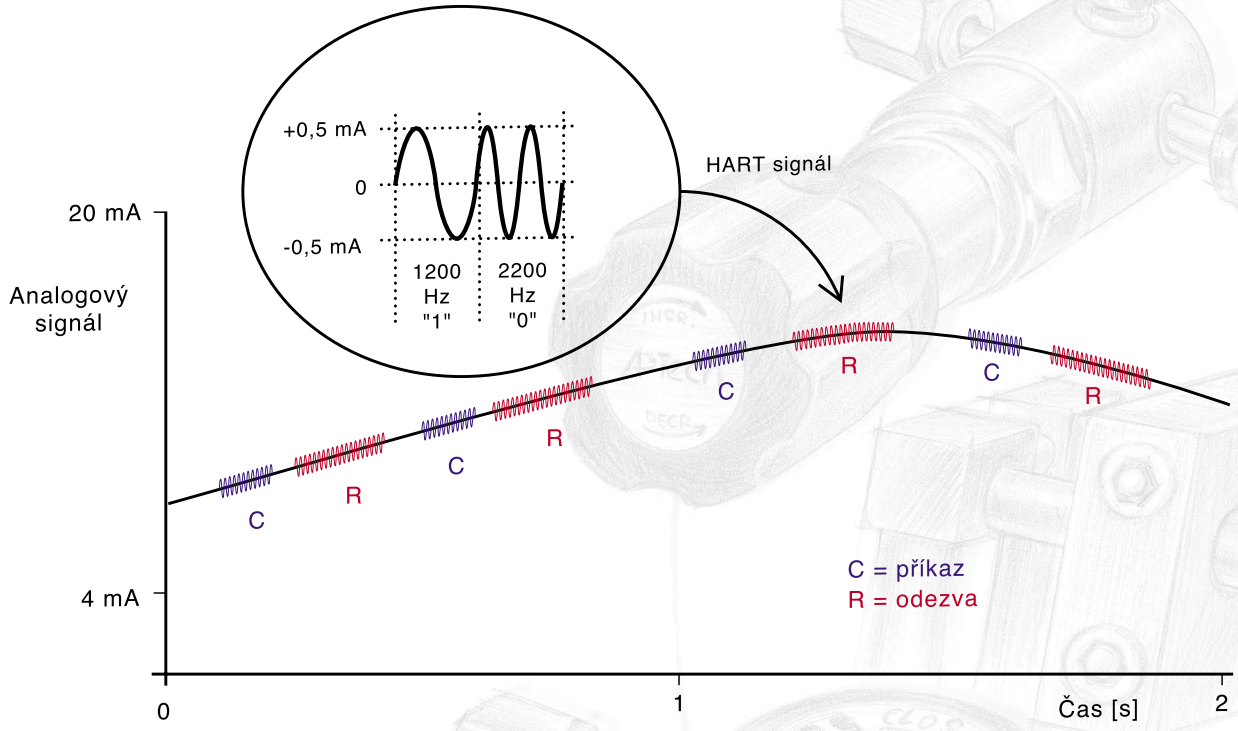
D-Ex Limited, spol. s r.o. Brno

Obsah přednášky

Co je to HART
Je kalibrace potřebná?
Kalibrace převodníků „smart“
Závěrečné poznámky

Co je to HART

HART (Highway Addressable Remote Transducer) je komunikační protokol převodníků, který používá nízkoúrovňovou modulaci (Frequency Shift Keying = FSK) superponovanou na standardní proudový výstupní signál 4 až 20 mA.



Protokol HART je velmi často používaný při řízení průmyslových procesů. Má několik předností, a to:

- Protokol HART je podporovaný všemi významnými výrobci provozních přístrojů
- Podporuje běžné (v provozu už existující) 4 až 20 mA systémy a 2-vodičové smyčky
- Všechny přístroje HART jsou řízené mikroprocesorem („smart“), to znamená, že prostřednictvím komunikace HART jsou dostupné důležité informace (např. označení, výrobní číslo, rozsahy, informace o zařízení a diagnostika pro lepší řízení).

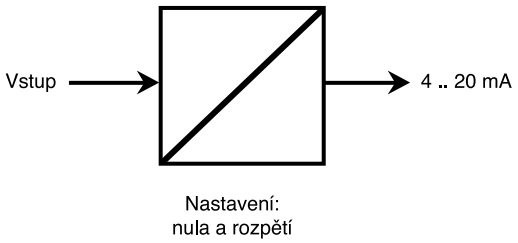
Je kalibrace potřebná?

Existuje všeobecně rozšířená domněnka, že přístroje HART (neboli „smart”) nepotřebují vůbec kalibraci (vzhledem k jejich přesnosti, stabilitě anebo možnosti auto-diagnostiky) a/nebo, že kalibrace může být provedena komunikátorem. Toto samozřejmě není pravda.

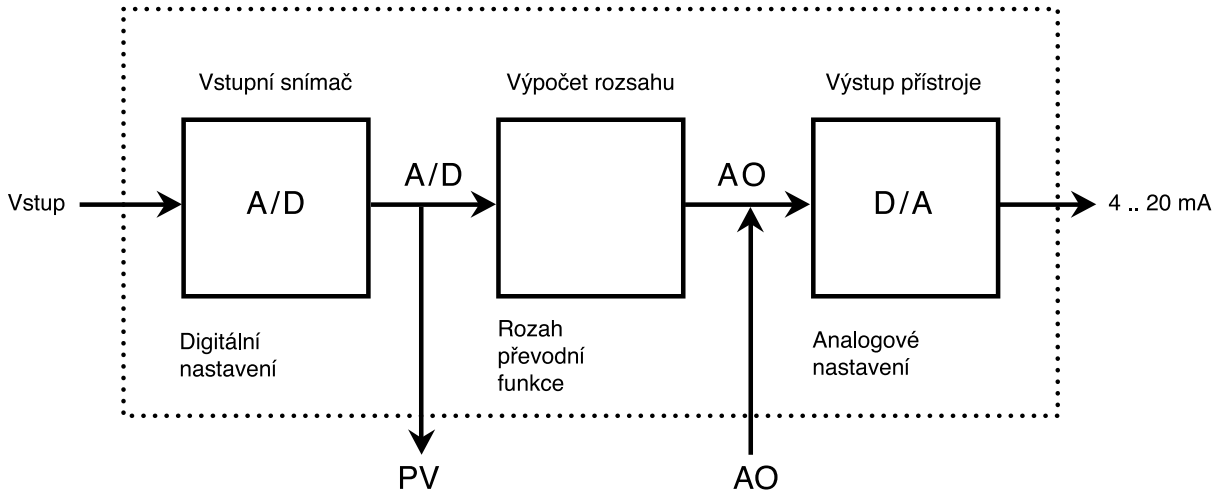
Za prvé, kalibrace je potřebná z několika důvodů, např. pro splnění vládních nařízení (např. pro životní prostředí) nebo splnění požadavků programů pro řízení kvality (ISO 9000) – tyto požadují kalibraci jako důkaz.
Za druhé, ani dnes žádný přístroj nevydrží věčně a provozní přístroje (dokonce i přístroje „smart“) driftují v důsledku změn teploty a vlhkosti anebo vlivem vibrací.
Za třetí, kalibrace může být provedena jen pomocí referenčního přístroje, tj. etalonu/kalibrátoru. Komunikátor nebo samotný převodník nelze prohlásit za referenční přístroj. Nulování přístroje nelze považovat za kalibraci.
To znamená, že i přístroje HART a „smart“ musí být řádně kalibrované.

Kalibrace převodníků „smart“

Například u analogových převodníků tlaku je mezi vstupem a výstupem mechanicko - elektrický převod, který může být upraven nastavením (seřízením) nuly a rozpětí.



Kalibrace a nastavení analogového (tj. konvenčního, běžného) převodníku tlaku je v podstatě jednoduchá záležitost. Provedeme zkoušku před seřízením (měříme vstup a výstup, sledujeme odchylku od optimální hodnoty), pokud je potřebné, převodník seřídíme (nastavíme nulu a rozpětí) a provedeme zkoušku po seřízení.
V případě přístrojů „smart“ je věc o něco složitější.
Za prvé, pro nastavení (trimming) je potřebný komunikátor – přístroj, který používá pro komunikaci také protokol HART – to je jediný způsob, jak změnit parametry převodníku. Za druhé, převodník „smart“ má mikroprocesor, který zpracovává údaje mezi vstupem a výstupem. Jak znázorňuje obrázek, převodník „smart“ obsahuje obvykle tři části, z nichž každá může být samostatně ovlivňována.



První část je část vstupního snímače, která převádí signál z tlakového snímače do digitální formy (a to pomocí mikroprocesoru a údajů nebo rovnice, které jsou zadány výrobcem). Tato digitální hodnota (nazvaná jako primární hodnota, primary value = PV) už může být použita jako hodnota měření, jestliže se analogový signál 4 až 20 mA nevyužívá pro řízení procesu. Vstupní část může být samostatně nastavována a kalibrována. Pro nastavení a kalibraci této části je potřebný etalon tlaku – zároveň je potřebný komunikátor HART nebo kalibrátor s komunikací HART.
Druhá část je část výpočtu rozsahu, kde hodnota PV je přepočítaná na digitální hodnotu reprezentující požadovanou výstupní hodnotu přístroje v miliampérech (ale stále se jedná o digitální hodnotu). Při výpočtu se bere v úvahu požadovaný rozsah (hodnoty nuly a rozpětí) a převodní funkce. Tato část je pouze přepočítávací (převodní) a neovlivňuje vstupní (digitální) nastavení nebo výstupní (analogové) nastavení. Jedná se pouze o čistý převod jedné digitální hodnoty na druhou digitální hodnotu. Ke změně rozsahu nebo jiných parametrů (měřicích jednotek, tlumení, převodní funkce) je potřebný komunikátor nebo kalibrátor s komunikací HART.
V třetí části, části výstupu přístroje, je digitální hodnota požadované výstupní hodnoty nakonec převedena na analogovou

hodnotu 4 až 20 mA. Také zde je rovnice, která je zadána výrobcem, a výstupní část může být nastavována a kalibrována. K nastavení a kalibraci této části je potřebný etalon (zařízení pro měření mA) – také je potřebný komunikátor HART nebo kalibrátor s komunikací HART.

V závislosti na aplikaci je třeba buď nastavit a kalibrovat digitální část vstupu snímače, nebo obě dvě části – část vstupu snímače a část výstupu přístroje.

Pokud se při řízení procesu používá pouze digitální hodnota PV, potom je potřebné provést nastavení a kalibraci části vstupního snímače – nic jiného. V tomto případě potřebujeme pouze etalon tlaku a komunikátor – nebo etalon tlaku schopný komunikace HART, což je pro tento úkol mnohem praktičtější.

Pokud se při řízení procesu používá analogový signál 4 až 20 mA, potom je potřebné nastavit a kalibrovat také část výstupu přístroje. To vyžaduje zařízení na měření mA, tedy etalon, podle kterého se nastavuje a kalibruje tato část. Pro provedení takového nastavení a kalibrace je nejpraktičtější použít kombinovaný etalon s komunikátorem.

Jak je vidět z výše uvedeného, kalibrace převodníku „smart“ může být provedena běžným kalibračním zařízením (měřícím vstupní tlak a výstupní proudový signál), ale pro nastavování/seřizování je požadován přístroj, který je schopen komunikovat se zkoušeným přístrojem pomocí protokolu HART.

Závěrečné poznámky

Během kalibrace převodníku „smart“ by mělo být vnitřní tlumení nastaveno na nulu – jinak se může stát, že dlouhý „čas tlumení“ přesáhne dobu stabilizace v kalibračním postupu a způsobí chybu.

Digitální změna rozsahu převodníku nemá nic společného s kalibrací, protože tato operace ovlivní jen výpočetní část a nemá vztah k žádnému externímu etalonu.

Nastavení nuly a rozpětí také jen mění rozsah (přístroj nedostal žádné skutečné referenční vstupní hodnoty) a může jen dojít k narušení vnitřního digitálního odečítání.

Nastavení pouze výstupního proudu přidává kompenzující chybu – aby se kompenzovala možná chyba ve vstupní části tak, že výstupní hodnota je správná. Celkově se zdá být všechno v pořádku, ale vnitřní digitální odečítání jsou nesprávná a rozhodně nemohou být použity.

Správný způsob nastavení a kalibrace převodníků „smart“ je: nejprve provést jak digitální, tak i analogové nastavení, a až potom závěrečnou kalibraci. S moderním kalibrátorem schopným komunikace HART to nezabere mnoho času a všechny hodnoty (digitální i analogové) jsou správné (ve vztahu k etalonům) a použitelné pro řízení procesu.

Výše uvedený postup kalibrace a nastavování smart (HART) přístrojů je možno použít multifunkční kalibrátor Beamex MC5 s volitelnou komunikací HART. Jedním přístrojem je možno kalibrovat smart převodníky tlaku a teploty od různých výrobců.

A navíc má kalibrátor MC5 dokumentační funkci, která umožňuje ukládání výsledků kalibrace do vlastní paměti pro další zpracování a přenos do PC.

MULTIFUNKČNÍ KALIBRÁTOR MC5

KALIBRÁCIA DEFORMAČNÝCH TLAKOMEROV Z POHĽADU DODATKU 2 DOKUMENTU EA-4/02

Ing. Zdeněk Faltus

1. ÚVOD

Kalibrácia indikačných tlakomerov s pružným meracím prvkom (obyčajne označovaných deformačnými tlakomermi) je najbežnejšou činnosťou v kalibračných laboratóriách kalibrujúcich meradlá tlaku. Vlastný výkon kalibrácie je jednoduchý a v praxi by nemal spôsobovať vážnejšie problémy. Súčasťou kalibrácie, v akreditovaných laboratóriách povinnou, je však aj vyjadrenie neistôt merania pri kalibrácii a to môže byť paradoxne v prípade jednoduchých meradiel zložitejšie ako pri ostatných meradlách.

Vyjadrovanie neistôt merania pri kalibrácii v rámci EA (European co-operation for Acceditation) rieši dokument EA-4/02 „Expression of the Uncertainty in Calibration“ (pôvodné označenie dokumentu EAL-R2). Dokument EA-4/02 z decembra 1999 obsahuje okrem základného dokumentu aj dva dodatky, ktoré uvádzajú príklady kalibrácie konkrétnych typov meradiel a postup pri stanovení neistoty merania pri ich kalibrácii. V rámci SNAS je problematika neistôt riešená v dokumente MSA 0104-97 Vyjadrovanie neistôt merania pri kalibrácii a MSA 0104/D1-98 Dodatok 1 k MSA 0104-97 Vyjadrovanie neistôt merania pri kalibrácii.

V rámci EA sa rozhodlo, že rozšírená neistota merania U sa určí tak, že štandardná neistota $u(y)$ výstupného odhadu y sa vynásobí koeficientom pokrytia k. V prípadoch, keď k meranej veličine možno priradiť normálne (Gaussovo) rozdelenie, použije sa normovaný koeficient pokrytia $k = 2$. Určená rozšírená neistota zodpovedá konfidenčnej pravdepodobnosti približne 95 %. Podľa MSA 0104-97, kap. 5.2: „Predpoklad normálneho rozdelenia nie je možné vždy experimentálne potvrdiť. Avšak v prípadoch, keď niekoľko zložiek neistoty (t.j. $N \geq 3$) odvodených od „slušných“ rozdelení pravdepodobnosti nezávislých veličín, napr. normálnych rozdelení alebo rovnomerných rozdelení, prispieva k štandardnej neistote výstupného odhadu porovnateľnými veľkosťami, sú splnené podmienky centrálnej limitnej vety a možno predpokladať, že rozdelenie výstupnej veličiny sa bude značne približovať normálnemu.“

Vo všetkých príkladoch vyhodnocovania neistôt merania uvedených v Dodatku 1 EA-4/02 sú splnené podmienky pre voľbu koeficientu pokrytia $k = 2$. Naproti tomu Dodatok 2 je zameraný na situácie, kedy pri vyhodnocovaní neistôt existujú jeden alebo dva dominantné členy, alebo je počet opakovaných meraní malý. V prípade len jedného dominantného príspevku k neistote platí typ rozdelenia tohoto príspevku aj na výsledok merania. Avšak pri výpočte neistoty výsledku merania sa musí použiť príslušný citlivostný koeficient.

Vo všetkých prípadoch, keď nemožno odôvodnene predpokladať, že ide o normálne rozdelenie, treba použiť informácie o skutočnom rozdelení pravdepodobnosti výstupného odhadu a pre toto rozdelenie určiť koeficient pokrytia k, ktorý by zodpovedal konfidenčnej pravdepodobnosti približne 95 %.

2. TYPICKÉ PODMIENKY PRI KALIBRÁCII „PREVÁDZKOVÝCH DEFORMAČNÝCH TLAKOMEROV“

Pri kalibrácii „prevádzkových deformačných tlakomerov“, t.j. indikačných tlakomerov s pružným meracím prvkom triedy presnosti 1 až 4 veľmi často nie sú splnené vyššie uvedené podmienky pre voľbu koeficientu pokrytia k = 2. Pri vyhodnocovaní neistôt dominantným členom je neistota vyplývajúca z obmedzeného rozlíšenia kalibrovaného tlakomera.

Okolnosti, ktoré vedú k existencii jedného dominantného člena pri vyhodnocovaní neistoty merania pri kalibrácii „prevádzkových deformačných tlakomerov“:

- Používaný etalón tlaku je „príliš presný“ na uvedený účel. Pomer presnosti etalónu a kalibrovaného meradla nie je 1 : 4, ako je požadované v príslušných dokumentoch, ale 1 : 10 a viac. Napr. pri kalibrácii deformačného tlakomera triedy presnosti 1 použijeme piestový tlakomer s presnosťou 0,05 % z meranej hodnoty z čoho vyplýva pomer dovolených chýb 1 : 20.
- Kalibračné laboratórium vykonáva v rovnakých laboratórnych priestoroch okrem kalibrácie „prevádzkových deformačných tlakomerov“ aj kalibráciu presnejších meradiel, napr. číslicových tlakomerov alebo meracích prevodníkov tlaku, t.j. teplota je udržiavaná v rozmedzí (20 ± 2) °C. Následkom odchýlky teploty ± 2 °C od referenčnej teploty (na rozdiel od dovolenej odchýlky ± 5 °C pre tento typ tlakomerov) je neistota vyplývajúca z odchýlky teploty kalibrovaného tlakomera od referenčnej teploty nevýznamná.
- Kalibrácia sa vykonáva meraním v jednom meracom cykle (podľa STN 25 7207), prípadne podľa kalibračného postupu (KZ SR č. 01/06/2002) v troch meracích cykloch v redukovanom počte skúšobných bodov. Vzhľadom na obmedzené rozlíšenie kalibrovaného tlakomera v indikovaných hodnotách nepozorujeme žiaden rozptyl. Pri vykonaní opakovaných meraní je vzhľadom na obmedzené rozlíšenie kalibrovaného tlakomera neistota stanovená metódou A nulová.
- Ostatné zložky neistoty vyplývajúce napr. z odľahlosti referenčných úrovní etalónového a kalibrovaného tlakomera, použitia oddeľovača tlakových médií apod. sú zanedbateľné.

Uvedené podmienky odpovedajú prípadu popísanému v úvode, kedy neistota výsledku merania je daná jedným dominantným faktorom a tým je v tomto prípade neistota vyplývajúca z obmedzeného rozlíšenia kalibrovaného deformačného tlakomera.

3. VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV MERANIA PRI KALIBRÁCII

Vyhodnotenie výsledkov merania pri kalibrácii a stanovenie neistoty merania popisuje kalibračný postup KZ SR pre meradlá tlaku č. 01/06/2002 „Indikačné tlakomery s pružným meracím prvkom“ nasledovným spôsobom.

Chyba kalibrovaného tlakomera δ_j v j-tom tlakovom bode sa vypočíta zo vzťahu

$$\delta_j = p_{klj} - p_{etj} + k_{tj} + k_{dj} + k_{hj} + k_{oddj} \qquad (1)$$

kde:

p_{klj} údaj (priemerná hodnota údajov) kalibrovaného tlakomera v j-tom tlakovom bode;
p_{etj} údaj (priemerná hodnota údajov) etalónového tlakomera v j-tom tlakovom bode
k_{tj} korekcia spôsobená teplotnou závislosťou kalibrovaného tlakomera;
k_{dj} korekcia spôsobená odčítateľnosťou kalibrovaného tlakomera;
k_{hj} korekcia spôsobená odľahlosťou referenčných úrovní tlakomerov;
k_{oddj} korekcia spôsobená necitlivosťou oddeľovača tlakového média, filtra, apod.

Pri vyhodnocovaní neistôt merania pri kalibrácii treba uvažovať nasledujúce zdroje čiastkových štandardných neistôt, ktoré odpovedajú neistotám jednotlivých členov uvedených vo vzťahu (1):

- štandardná neistota typu A hodnoty tlaku indikovaného kalibrovaným tlakomerom u_A;
- štandardná neistota hodnoty tlaku meraného etalónovým tlakomerom u_{et};
- štandardná neistota údaja kalibrovaného tlakomera u_t spôsobená odchýlkou teploty okolia od referenčnej teploty;
- štandardná neistota u_d charakterizujúca odčítateľnosť kalibrovaného tlakomera;
- štandardná neistota u_h charakterizujúci nekorigovanú odľahlosť referenčných úrovní etalónového a kalibrovaného tlakomera;
- štandardná neistota u_{odd} charakterizujúca chybu spôsobenú zapojením oddeľovača tlakového média, filtra apod.

Neistota stanovená metódou typu A

Štandardná neistota stanovená metódou typu A je

$$u_{Aj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(p_{ij} - p_j\right)^2}{n \cdot (n-1)}} \qquad (2)$$

kde:

p_{ij} i-ty údaj skúšaného tlakomera v j-tom tlakovom bode;
p_j aritmetický priemer z troch údajov kalibrovaného tlakomera v j-tom tlakovom bode;
n počet meraní (n = 3).

Ak bola vykonaná opakovaná kalibrácia v troch sériách meraní, opakovateľnosť môžeme charakterizovať štandardnou neistotou u_A podľa vzťahu (2) v každom kalibrovanom bode. V prípade, že opakované merania boli urobené v obmedzenom počte bodov, najväčšia hodnota u_A je považovaná za typickú pre všetky kalibrované body.

Poznámka: Očakávame, že u_A bude vďaka malej rozlíšiteľnosti nulová. Problém spoľahlivosti takto stanovenej štandardnej neistoty z dôvodu malého počtu opakovaných meraní nie je potrebné riešiť.

Etalónový tlakomer

Štandardnú neistotu hodnoty tlaku meraného etalónovým tlakomerom u_{et} určíme na základe kalibračného certifikátu etalónového tlakomera vydelením príslušnej rozšírenej neistoty koeficientom rozšírenia, alebo vydelením najväčšej dovolenej chyby v danom tlakovom bode koeficientom √3. Pri stanovení štandardnej neistoty u_{et} je potrebné zohľadniť vplyv podmienok pri meraní na etalónový tlakomer a jeho dlhodobú stabilitu.

Teplotná chyba kalibrovaného tlakomera

Neistotu u_t určíme vydelením príslušnej teplotnej chyby √3. Teplotná chyba deformačného tlakomera δ_t je

$$\delta_t = K_t \cdot \left(t - t_{ref}\right) \qquad (3)$$

kde:

t teplota okolitého vzduchu pri kalibrácii v °C;
t_{ref} referenčná teplota (štandardne 20 °C);
K_t teplotný súčiniteľ podľa dokumentácie tlakomera.

Poznámka: Chyba δ_t vypočítaná podľa vzťahu (3) je vyjadrená v % z rozsahu tlakomera.

Poznámka: V prípade, že údaj o teplotnom súčiniteli kalibrovaného tlakomera nie je uvedený, je možné pri odhade vychádzať z najväčšej dovolenej hodnoty podľa STN EN 837-1 a STN EN 837-3:

0,04 %/°C pre tlakomery s pružnou (Bourdonovou) rúrkou triedy presnosti 0,1 až 4;
0,06 %/°C pre puzdrové tlakomery triedy presnosti 0,6 až 4;
0,08 %/°C pre membránové tlakomery triedy presnosti 0,6 až 4.

Chyba odčítania kalibrovaného tlakomera

Odčítanie tlaku musí byť interpolované medzi 1/4 a 1/10 vzdialenosti medzi dvoma značkami stupnice. Rozdelenie dielika na 1/4 až 1/10 zvolí pracovník vykonávajúci kalibráciu podľa vlastností číselníka a odčítacieho zariadenia skúšaného tlakomera. Štandardná neistota u_d vyplývajúca z chyby odčítania tlakomera je

$$u_d = \frac{d / r}{\sqrt{3}} \tag{4}$$

kde:
d veľkosť dielika stupnice kalibrovaného tlakomera;
r počet častí, na ktoré sa rozdelí dielik tlakomera pri odčítaní.

Odľahlosť referenčných úrovní

Štandardná neistota u_h, charakterizujúca neistotu vyplývajúcu z nekorigovanej odľahlosti referenčných úrovní etalónového a kalibrovaného tlakomera pri kalibrácii s kvapalným médiom je

$$u_h = \frac{\rho \cdot g \cdot h}{\sqrt{3}} \tag{5}$$

kde:
ρ hustota tlakového kvapalného média;
g hodnota miestneho tiažového zrýchlenia;
h nekorigovaná odľahlosť referenčných úrovní etalónového a kalibrovaného tlakomera, resp. v prípade vykonania tejto korekcie chyba stanovenia vzdialenosti referenčných úrovní.

Poznámka: Pri kalibrácii tlakomera plynným médiom (okrem tlakomerov absolútneho tlaku) je u_h zväčša zanedbateľná.

Vplyv oddeľovača média, filtra, apod.

Štandardná neistota u_{odd}, charakterizujúca neistotu vyplývajúcu z necitlivosti oddeľovača tlakového média je

$$u_{odd} = \frac{\delta_{odd}}{\sqrt{3}} \tag{6}$$

kde:
δ_{odd} chyba spôsobená zapojeným oddeľovačom médií.

Kombinovanú štandardnú neistotu u_j v j-tom tlakovom bode získame zlúčením všetkých vyššie uvedených štandardných neistôt, pričom predpokladáme, že odhady vstupných veličín nie sú korelované

$$u_j = \sqrt{\left(u_A^2 + u_{et}^2 + u_t^2 + u_d^2 + u_h^2 + u_{odd}^2\right)} \qquad (7)$$

Poznámka: Význam symbolov uvedených vo vzťahu (7) vyplýva z predchádzajúceho textu. Z dôvodu zachovania prehľadnosti nie je pri každej zložke neistoty uvedený index j, ktorý značí, že sa jedná o neistotu v j-tom tlakovom bode.

Rozšírená neistota U_j s koeficientom pokrytia *k* v j-tom tlakovom bode je daná vzťahom

$$U_j = k \cdot u_j \qquad (8)$$

Ak sa v danej situácii zistí, že *výsledok merania má rovnomerné rozdelenie*, koeficient pokrytia na dosiahnutie pravdepodobnosti pokrytia 95 % je *k* = 1,65. Odvodenie hodnoty koeficientu pokrytia *k* je uvedené v bode S9.14 dodatku 2 EA-4/02. Uvedené platí pre kalibráciu všetkých indikačných zariadení s nízkou rozlíšiteľnosťou za predpokladu, že obmedzená rozlišovacia schopnosť kalibrovaného zariadenia je jediným dominantným zdrojom v bilancii neistôt.

Pri odvodení hodnoty koeficienta pokrytia sa predpokladá, že pomer celkového príspevku k neistote $u_R(y)$ nedominantných členov k príspevku k neistote dominantného člena $u_1(y)$ nie je väčší ako 0,3; t.j.

$$\frac{u_R(y)}{u_1(y)} \leq 0{,}3 \qquad (9)$$

Ak je splnená podmienka vo vzťahu (9), rozdelenie hodnôt, ktoré by mohli byť priradené meranej veličine, je úplne zhodné s rozdelením vyplývajúcim zo známeho dominantného príspevku (a to je v popisovanom prípade rovnomerné).

V úvode Dodatku 2 dokumentu EA-4/02 sa uvádza, že pri praktickom použití uvedených príkladov nie je potrebné sa zaoberať matematickými odvodeniami uvedenými v týchto príkladoch. Užívateľom sa skôr doporučuje oboznámiť sa s podmienkami, ktoré musia byť splnené a využiť výsledky teoretických doporučení.

4. PRÍKLAD VYHODNOTENIA MERANÍ PRI KALIBRÁCII

Kalibrovaný tlakomer

merací rozsah	(0 až 10) bar
trieda presnosti	2,5
dielik	0,2 bar
odčítateľnosť	1/5 dielika
teplotný koeficient	0,03 %/°C
referenčná teplota	20 °C

Použitý etalón tlaku - kalibrátor tlaku

merací rozsah	(0 až 20) bar
presnosť (na 1 rok)	0,013 % z hornej medze meracieho rozsahu

Podmienky pri meraní

teplota prostredia (20 ± 2) °C

rozdiel referenčných úrovní etalónového a kalibrovaného tlakomera je nulový, stanovený s chybou 1 cm

tlakomery sú zapojené priamo – bez oddeľovacích membrán a filtrov

Tabuľka nameraných údajov

údaj etalónu	*údaj kalibrovaného tlakomera*					
	1. séria		*2. séria*		*3. séria*	
	hore	dolu	hore	dolu	hore	dolu
(bar)	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)
0	0,00	0,00	0,00		0,00	
2	1,92	1,92				
4	3,92	3,96				
6	5,96	5,96	5,96		5,96	
8	7,96	7,96				
10	9,96	9,96	9,96		9,96	

Výsledky kalibrácie

údaj etalónu	*údaj kalibrovaného tlakomera*		*chyba*		*neistota*
	hore	dolu	hore	dolu	
(bar)	(bar)	(bar)	(%)	(%)	(%)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39
2	1,92	1,92	-0,80	-0,80	0,39
4	3,92	3,96	-0,80	-0,40	0,39
6	5,96	5,96	-0,40	-0,40	0,39
8	7,96	7,96	-0,40	-0,40	0,39
10	9,96	9,96	-0,40	-0,40	0,39

Výpočet neistôt

u_A	u_d	u_t	u_{et}	u_{odd}	u_h	u_R	u_R/u_d	u	U
hore									
(bar)	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)		(bar)	(bar)
0,0000	0,0231	0,0035	0,0015	0,000	0,000	0,0038	0,163	0,0234	0,039
	0,0231	0,0035	0,0015	0,000	0,000	0,0038	0,163	0,0234	0,039
	0,0231	0,0035	0,0015	0,000	0,000	0,0038	0,163	0,0234	0,039
0,0000	0,0231	0,0035	0,0015	0,000	0,000	0,0038	0,163	0,0234	0,039
	0,0231	0,0035	0,0015	0,000	0,000	0,0038	0,163	0,0234	0,039
0,0000	0,0231	0,0035	0,0015	0,000	0,000	0,0038	0,163	0,0234	0,039

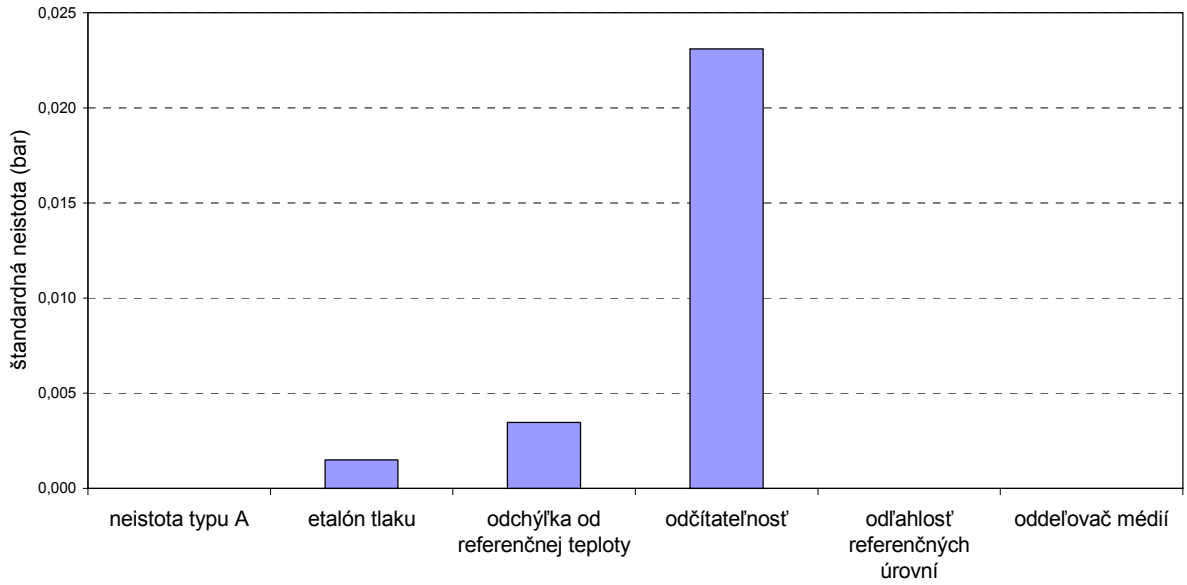
Najväčšia meraná chyba je -0,80 %, hysteréza je 0,40 %, najväčšia absolútna hodnota chyby zväčšená o príslušnú rozšírenú neistotu je 1,19 % (hodnoty sú vyjadrené v % z rozpätia kalibrovaného tlakomera). Uvedená rozšírená neistota merania je vyjadrená ako štandardná neistota merania vynásobená koeficientom pokrytia k = 1,65, ktorá pri rovnomernom rozdelení zodpovedá konfidenčnej pravdepodobnosti približne 95 %.

Bilancia neistôt

veličina X_i	*odhad* x_i	*štandardná neistota* $u(x_i)$	*aproximačné rozdelenie*	*citlivostný koeficient* c_i	*príspevok neistoty* $u_i(y)$
p_{kl}	9,96 bar	0,0000 bar	normálne	1,0	0,0000 bar
p_{et}	10 bar	0,0015 bar	rovnomerné	-1,0	-0,0015 bar
k_t	0 bar	0,0035 bar	rovnomerné	1,0	0,0035 bar
k_d	0 bar	0,0231 bar	rovnomerné	1,0	0,0231 bar
k_h	0 bar	$6{,}8.10^{-6}$ bar	rovnomerné	1,0	0,0000 bar
k_{odd}	0 bar	0,0000 bar	rovnomerné	1,0	0,0000 bar
δ	-0,040 bar				0,0234 bar

Poznámka: Uvedená bilancia neistôt je pre skúšaný bod 10 bar. Hodnoty $u(x_i)$, c_i, $u_i(y)$ sú rovnaké vo všetkých skúšaných bodoch.

Podiel jednotlivých vplyvov na výslednej neistote



V prípade, že nebude zohľadnený vplyv dominantnej zložky na rozdelenie pravdepodobnosti výslednej hodnoty a automaticky použijeme koeficient pokrytia k = 2, rozšírená neistota bude v uvedenom príklade 0,47 %, miesto správnej hodnoty 0,39 %.

5. ZÁVER

Užívateľ kalibrovaného deformačného tlakomera často požaduje udávať na kalibračnom certifikáte okrem iných informácii podľa článku 5.10 STN EN ISOIEC 17025 aj „vyhlásenie o súlade s uvedenou metrologickou špecifikáciou alebo jej článkami“. Pri vyhlasovaní súladu sa musia brať do úvahy neistoty meraní.

V prípade, že dôslednejšie vyhodnotíme neistotu merania, znížime podiel tlakomerov, u ktorých nie je možné preukázať zhodu so špecifikáciou z dôvodu malého odstupu nameranej chyby a neistoty merania.

LITERATÚRA

(1) STN EN ISO/IEC 17025 Všeobecné požiadavky na spôsobilosť skúšobných a kalibračných laboratórií (ISO/IEC 17025: 1999)

(2) EA-4/02 Expresion of the Uncertainty of Measurement in Calibration (Dec. 1999)

(3) MSA 0104-97 Vyjadrovanie neistôt merania pri kalibrácii

(4) MSA 0104/D1-98 Dodatok 1 k MSA 0104-97 Vyjadrovanie neistôt merania pri kalibrácii

(5) Kalibračný postup pre meradlá tlaku č. 01/06/2002 Indikačné tlakomery s pružným meracím prvkom, KZ SR, február 2002

CERTIFIKÁT O KALIBRÁCII PIESTOVÉHO TLAKOMERA – A ČO S NÍM

Ing. Zdeněk Faltus

1. ÚVOD

Piestový tlakomer má v metrológii tlaku významné postavenie. Nejedná sa v užšom slova zmysle ani o tlakomer, ale o zdroj diskrétnych hodnôt tlaku. Piestový tlakomer sa používa takmer výhradne na kalibráciu meradiel tlaku (nie na meranie tlaku).

Presnosť moderných piestových tlakomerov je v ráde stotín percenta z meranej hodnoty. Piestové tlakomery s presnosťou 0,2 %, 0,1 % alebo 0,05 % z meranej hodnoty sú postupne nahrádzané číslicovými tlakomermi, resp. kalibrátormi tlaku, ktoré využívajú na meranie tlaku snímače rôznych princípov (tenzometrické, kapacitné, rezonančné, atď.).

2. STANOVENIE HODNOTY GENEROVANÉHO TLAKU

Piestový tlakomer generuje hodnoty tlaku, ktoré sú definované pomerom tiažovej sily G naložených závaží a efektívnej plochy tlakovej mierky A_{ef}.

$$p = \frac{G}{A_{ef}} \tag{1}$$

Zohľadnením reálnych podmienok pri meraní dospejeme k rovnici pre stanovenie hodnoty tlaku p v úrovni dolného čela piesta tlakomera v tvare

$$p = \frac{\sum m \cdot g_m \cdot \left(1 - \frac{\rho_{vz}}{\rho_z}\right) + \gamma \cdot C}{A_{ef} \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(t - t_{ref}\right)\right) \cdot \left(1 + \lambda \cdot p_n\right)} \tag{2}$$

kde význam použitých symbolom je nasledovný:

m hmotnosť naložených závaží;

g_m miestne tiažové zrýchlenie;

ρ_{vz} hustota vzduchu, štandardná hustota 1,2 kg·m^{-3};

ρ_z hustota závaží piestového tlakomera, štandardná hustota 8000 kg·m^{-3};

γ povrchové napätie tlakového média;

C obvod piesta;

A_{ef} efektívna plocha pri nulovom tlaku a referenčnej teplote;

α koeficient teplotnej rozťažnosti efektívnej plochy; $\alpha = \alpha_p + \alpha_c$, kde α_p , resp. α_c je súčiniteľ teplotnej rozťažnosti materiálu piesta, resp. puzdra;

t teplota tlakovej mierky;

t_{ref} referenčná teplota;

λ koeficient tlakovej deformácie;

p_n nominálna hodnota tlaku.

Z uvedeného vzťahu je zrejmé, že pre daný piestový tlakomer a stanovené referenčné hodnoty (tiažového zrýchlenia, teploty tlakovej mierky a hustoty vzduchu) je možné vypočítať hmotnosť, ktorá odpovedá hodnote tlaku. Touto hodnotou tlaku je označené závažie piestového tlakomera. Indikáciou tlakomera je súčet hodnôt tlaku naložených závaží, samozrejme vrátane hodnoty tlaku odpovedajúcej prvej záťaži (piest s nosičom závaží).

Referenčné hodnoty, pri ktorých závažie piestového tlakomera generuje vyznačenú hodnotu tlaku sú definované výrobcom piestového tlakomera. Zvyčajne sa jedná o nasledovné hodnoty:

- normálne tiažové zrýchlenie 9,806 65 $m \cdot s^{-2}$ alebo miestne tiažové zrýchlenie;
- teplota 20 °C;
- štandardná hustota vzduchu 1,2 $kg \cdot m^{-3}$.

Vzťah (2) je potom možné vyjadriť v tvare

$$p = p_n \cdot \frac{g_m}{g_r} \cdot \left(1 - \alpha \cdot \left(t - t_r\right)\right) \cdot \left(1 - \lambda \cdot p_n\right) \qquad (3)$$

kde:

p_n suma menovitých hodnôt tlaku použitých závaží, platí pri referenčných hodnotách tlakomera;

g_m miestne tiažové zrýchlenie;

g_r referenčná hodnota tiažového zrýchlenia.

Člen $\gamma \cdot C$, ktorý charakterizuje vplyv povrchového napätia tlakomernej kvapaliny, je zvyčajne zahrnutý v hmotnosti prvej záťaže. Pri niektorých typoch vysokotlakových piestových tlakomerov je do menovitej hmotnosti závaží zahrnutá aj korekcia na tlakovú deformáciu. Závažia rovnakej menovitej hodnoty tlaku v tomto prípade nemajú rovnakú hmotnosť a je nutné závažia nakladať v stanovenom poradí.

Pre praktické použitie piestového tlakomera je potrebné si uvedomiť význam a kvantitatívny vplyv jednotlivých členov. Z hľadiska požadovanej presnosti generovanej hodnoty tlaku je možné piestový tlakomer používať rôznym spôsobom:

- bez výpočtu korekcií na reálna podmienky pri meraní („bez prepočtu“);
- vykonaním základných korekcií (prepočet na miestne tiažové zrýchlenie a odchýlku teploty tlakovej mierky od referenčnej hodnoty, korekcia na deformáciu tlakovej mierky v prípade vysokotlakových tlakomerov);
- výpočtom tlaku podľa hmotnosti závaží a efektívnej plochy tlakomera.

V prvom prípade je hodnota tlaku generovaného na výstupe piestového tlakomera daná súčtom menovitých hodnôt tlaku naložených závaží. Vplyv skutočných podmienok pri meraní je zanedbaný. Pri kalibrácii meradiel nižšej presnosti môže byť tento postup postačujúci.

Aby hodnota generovaného tlaku odpovedala špecifikovanej presnosti tlakomera je potrebné v reálnych podmienkach merania vypočítať korekcie na miestne tiažové zrýchlenie a odchýlku teploty tlakovej mierky od referenčnej podľa vzťahu (3). Je dôležité rozlišovať dva prípady, a to či referenčnou hodnotou tlakomera je normálne tiažové zrýchlenie alebo miestne tiažové zrýchlenie. Tiažové zrýchlenie na území SR je približne o 0,02 % až 0,03 % vyššie ako je hodnota normálneho tiažového zrýchlenia 9,806 65 $m \cdot s^{-2}$. Túto korekciu nemusíme počítať, ak bola hmotnosť závaží piestového tlakomera prispôsobená hodnote miestneho tiažového zrýchlenia.

Vplyv teploty na presnosť generovanej hodnoty tlaku je v ráde tisícin percenta na 1 °C odchýlky od referenčnej teploty. Koeficient teplotnej závislosti efektívnej plochy je podľa materiálu piesta a puzdra (9×10^{-6} až 30×10^{-6})/°C. Rozbor neistoty uvádza literatúra (1).

Výpočtom tlaku podľa vzťahu (2), tj. podľa hmotnosti závaží a efektívnej plochy tlakomera je možné dosiahnuť najvyššiu presnosť generovanej hodnoty tlaku. Pritom je nutné poznať hodnoty všetkých vstupných veličín pri danom meraní:

- metrologické charakteristiky piestového tlakomera (efektívnu plochu, koeficient tlakovej deformácie a hmotnosť závaží) uvádza aktuálny certifikát o kalibrácii;
- referenčné hodnoty piestového tlakomera (referenčná teplota, referenčné tiažové zrýchlenie);
- jednorázovo stanovené hodnoty (koeficient teplotnej rozťažnosti, miestne tiažové zrýchlenie, povrchové napätie tlakového média);
- hodnoty stanovené priamo pri meraní (teplota tlakovej mierky).

Poznámka: Pri meraní s neistotou lepšou ako 0,01 % je potrebné merať aktuálnu teplotu, vlhkosť a barometrický tlak okolitého vzduchu pre stanovenie vztlaku závaží. Pri meraní absolútneho tlaku je treba pridať hodnotu referenčného vákua p_{ref} pod zvonom, ktorý uzatvára priestor okolo rotujúcich závaží piestového tlakomera.

Rozbor neistoty takto určenej hodnoty tlaku uvádza literatúra (1), (2).

3. CERTIFIKÁT O KALIBRÁCII PIESTOVÉHO TLAKOMERA

Certifikát o kalibrácii piestového tlakomera musí obsahovať metrologické charakteristiky piestového tlakomera a/alebo prehlásenie o zhode kalibrovaného tlakomera so špecifikáciou výrobcu alebo ustanovením predpisu. Certifikát má obsahovať hodnoty metrologických charakteristík vrátane neistôt merania.

Metrologické charakteristiky piestového tlakomera sú:

- efektívna plocha piestového tlakomera;
- hmotnosť závaží piestového tlakomera vrátane hmotnosti prvej záťaže (piesta a nosiča závaží).

Efektívna plocha je závislá na meranom tlaku, čo vyjadruje rovnica:

$$A_p = A_0 \cdot (1 + \lambda \cdot p) \qquad (4)$$

kde:
A_p efektívna plocha pri tlaku p;
A_0 efektívna plocha pri nulovom tlaku;
λ koeficient tlakovej deformácie efektívnej plochy,

tj. v certifikáte má byť uvedená efektívna plocha piestového tlakomera $A_{0,\,20\,°C}$ pri nulovom tlaku a referenčnej teplote (štandardne 20 °C) a koeficient tlakovej deformácie. Koeficient tlakovej deformácie môže byť pri nižších tlakoch zanedbateľný a je zahrnutý v neistote stanovenia efektívnej plochy. Pri vyšších tlakoch môže byť koeficient stanovený regresnou analýzou nameraných výsledkov alebo môže byť použitá hodnota koeficientu deformácie stanovená výrobcom.

Problémom môže byť „hmotnosť prvej záťaže“, ak nie je v silách kalibračného laboratória demontovať tlakovú mierku a odvážiť piest s nosičom závaží. V takom prípade je nutné vykonať kalibráciu „prvej záťaže“ metódou generovaného tlaku podľa literatúry (7). Hodnotu hmotnosti „prvej záťaže“ je možné vypočítať z tohoto porovnania.

Ak je hmotnosť piesta a nosiča závaží zmeraná priamo, je nutné korigovať hmotnosť „prvej záťaže“ na vztlak ponorených častí piesta a výškovú odľahlosť medzi čelom piesta a referenčnou úrovňou piestového tlakomera. Výpočet týchto korekcií uvádza literatúra (3) alebo výrobca piestového tlakomera udáva túto hodnotu pre jednotlivé typy tlakomerov.

Ak certifikát obsahuje prehlásenie o zhode tlakomera s presnosťou stanovenou výrobcom alebo prehlásenie o zhode s predpisom OIML R 110, resp. STN 25 7204 je možné používať tlakomer spôsobom označeným ako „bez prepočtu“ alebo len s korigovaním hodnôt tlaku podľa vzťahu (3). V opačnom prípade hodnotu tlaku musíme vypočítať podľa vzťahu (2) alebo vyhodnotiť chybu tlakomera a s uvážením neistôt merania „zaradiť tlakomer do príslušnej triedy presnosti“ sami ďalej uvedeným postupom.

4. VÝPOČET CHYBY JEDNOTLIVÝCH ZÁVAŽÍ

Ak certifikát o kalibrácii obsahuje metrologické charakteristiky piestového tlakomera a neuvádza prehlásenie o zhode tlakomera so špecifikáciou, jednoduchým výpočtom je možné vyhodnotiť chyby piestového tlakomera. Jedná sa vlastne o výpočet chyby menovitej hodnoty p_n pre všetky závažia tlakomera pri referenčných podmienkach tlakomera. Zo vzťahu (2) a (3) vyplýva, že

$$m = \frac{p_n \cdot A_{0,20°C}}{g_r \cdot \left(1 - \frac{\rho_{vz}}{\rho_z}\right)} \qquad (5)$$

Chyba hmotnosti, resp. chyba menovitej hodnoty tlaku vyznačenej na danom závaží je

$$\delta_m = m - m_{kl} \qquad (6)$$

kde:
m menovitá hodnota tlaku daného závažia prepočítaná na hmotnosť podľa vzťahu (5);
m_{kl} konvenčne skutočná hodnota hmotnosti daného závažia.

Pri prehlásení o zhode so špecifikáciou presnosti musíme zohľadniť neistoty merania. Vypočítame nasledovné hodnoty pre jednotlivé závažia piestového tlakomera:

- relatívna chyba hmotnosti závažia;
- relatívna rozšírená neistota stanovenia hmotnosti závažia, podľa údajov v certifikáte o kalibrácii;
- relatívna rozšírená neistota efektívnej plochy.

Uvedené relatívne neistoty sú korelované, vzhľadom na metódu ako bola stanovená efektívna plocha piestového tlakomera v kalibračnom laboratóriu. Prehlásenie o zhode so špecifikáciou presnosti piestového tlakomera môžeme urobiť v prípade, ak je pre každé závažie splnená podmienka

$$0{,}9 \cdot |\delta_{dov}| > |\delta_m| + U_m + U_{Aef} \qquad (7)$$

kde:

δ_{do} relatívna dovolená chyba piestového tlakomera;
U_m relatívna rozšírená neistota stanovenia hmotnosti daného závažia;
U_{Aef} relatívna rozšírená neistota stanovenia efektívnej plochy piestového tlakomera.

V nerovnosti (7) sa porovnáva relatívna chyba závažia zväčšená o relatívnu neistotu stanovenia hmotnosti daného závažia a relatívnu neistotu stanovenia menovitej hmotnosti (táto je rovná relatívnej neistote efektívnej plochy) s 90 % dovolenej relatívnej chyby. Zvyšných 10 % chyby tlakomera je podľa ustanovenia dokumentu OIML R 110 „rezervovaných" na vplyv ďalších veličín, ktoré ovplyvňujú činnosť piestového tlakomera a nevystupujú priamo v rovnici (2), resp. (3). Tieto vplyvy sú:

- chyba nastavenia zvislosti osi piesta;
- chyba merania teploty tlakovej mierky;
- chyba stanovenia referenčnej výšky tlakomera, atď.

Uvedené platí, ak špecifikácia uvádza dovolenú chybu tlakomera v celom meracom rozsahu „z meranej hodnoty". V prípade, že merací rozsah je z dôvodu špecifikácie dovolenej chyby rozdelený na základný a doplnkový rozsah podľa literatúry (4) a (6), vyššie uvedené chyby sú pre závažia s menovitou hodnotou tlaku väčšou ako horná medza doplnkového rozsahu vo forme relatívnej hodnoty z meranej hodnoty a v opačnom prípade vo forme relatívnej hodnoty z hornej medze doplnkového rozsahu, resp. hmotnosti odpovedajúcej tejto hodnote tlaku.

5. ZÁVER

Kvalitný certifikát o kalibrácii piestového tlakomera poskytuje užívateľovi množstvo užitočných informácii. Je len na užívateľovi, či využije certifikát ako „papier" pre auditora, alebo informácie z kalibrácie použije na dosiahnutie vyššej kvality merania, na sledovanie stability tlakomera a následne na objektívne stanovenie rekalibračného intervalu tlakomera.

LITERATÚRA

(1) Z. Faltus, Stanovení nejistot při kalibraci tlakoměrů a převodníků tlaku a při měření tlaku. BD SENSORS a ČKS, Uherské Hradiště, 1998
(2) M. Bair, P. Delajoud, Uncertainty analysis for pressure defined by a PG7601, PG7102 or PG7302 piston gauge, Technical note 7920TN01A, www.dhinstruments.com
(3) S. Lewis, G. N. Peggs, The Pressure Balance, A Practical Guide to its Use, NPL, 1979
(4) STN 25 7204 Piestové tlakomery. Technické požiadavky
(5 STN 25 7205 Piestové tlakomery. Metódy skúšania pre úradné overovanie
(6 OIML R 110 Pressure balances
(7) EAL-G26 Calibration of Pressure Balances

PREHĽAD JEDNOTIEK TLAKU

Ing. Zdeněk Faltus

Tlak je odvodená veličina, definovaná ako podiel sily a plochy. Jednotkou tlaku SI je pascal. Pascal je odvodená jednotka SI so zvláštnym názvom.

1 Pa = 1 N / m^2 = 1 m^{-1}·kg·s^{-2}

Hlavnou výhodou základných a odvodených SI, vrátane jednotiek so zvláštnymi názvami, je vytvárať súbor koherentných jednotiek, čím odpadá nutnosť prevodu jednotiek, keď sa uvádzajú hodnoty veličín vo veličinových rovniciach. Doporučuje sa používanie jednotiek SI a ich dekadických násobkov a podielov.

Názov jednotky	Značka jednotky	Definícia	Poznámka
pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m^2	
gigapascal	GPa	1 GPa = 1 x 10^9 Pa	
megapascal	MPa	1 MPa = 1 x 10^6 Pa	
kilopascal	kPa	1 kPa = 1 x 10^3 Pa	
hektopascal	hPa	1 hPa = 1 x 10^2 Pa	Používa sa v oblasti hydrometeorológie.
milipascal	mPa	1 mPa = 1 x 10^{-3} Pa	
mikropascal	μPa	1 μPa = 1 x 10^{-6} Pa	
bar	bar	1 bar = 1 x 10^5 Pa (presne)	Používanie baru sa má obmedziť na doposiaľ zavedené používanie v oblasti tlaku v tekutinách. Uznaný CIPM pre dočasné používanie. 1 bar = 100 kPa
milibar	mbar	1 mbar = 1 x 10^2 Pa	1 mbar = 1 hPa
kilobar	kbar	1 kbar = 1 x 10^8 Pa	

Jednotky vychádzajúce zo stopy, libry a sekundy a niektoré iné jednotky:

Názov jednotky	Značka jednotky	Definícia	Poznámka
libra sily na štvorcový palec (pound-force per square inch)	lbf/in^2 lbf/sq in psi	1 lbf/in^2 = 6 894,757 Pa	Prevodový činiteľ je vypočítaný z nasledovných hodnôt: 1 lb = 0,453 592 37 kg (presne) 1 in = 25,4 mm (presne) hodnota normálneho tiažového zrýchlenia je 9,806 65 m·s^{-2} (presne)
libra sily na štvorcovú stopu (pound-force per square foot)	lbf/ft^2 lbf/sq ft psf	1 lbf/ft^2 = 47,880 26 Pa	1 ft = 0,304 8 m (presne)
kip per square inch	ksi kip/in^2	1 ksi = 6 894,757 kPa	1 kip = 1 000 lbf
poundal per square foot		1 pdl/ft^2 = 1,488 164 Pa	1 pdl = 0,138 255 N

Jednotky mimo SI (STN ISO 31-3, príloha C):

Názov jednotky	Značka jednotky	Definícia	Poznámka
normálna atmosféra	atm	1 atm = 101 325 Pa (presne)	Označenie „normálna atmosféra“ je dovolené pre označenie referenčného tlaku 101 325 Pa.
technická atmosféra	at kgf/cm^2 kp/cm^2	1 at = 1 kgf/cm^2 = 1 kp/cm^2 1 at = 98 066,5 Pa (presne)	V praxi sa rozlišovala značka ata pre absolútny tlak a atp pre pretlak.
kilogram sily na štvorcový meter	kgf/m^2	1 kgf/m^2 = 9,806 65 Pa (presne)	
torr	Torr	1 Torr = 1/760 atm (presne) = 133,322 4 Pa	V technickej praxi bol mmHg nahrádzaný jednotkou Torr; tieto jednotky sú s presnosťou 1 x 10^{-6} totožné.
konvenčný milimeter ortuťového stĺpca	mmHg	1 mmHg = 13,595 1 mmH$_2$O 1 mmHg = 133,322 4 Pa	Jednotka tlakovej výšky 1 mm stĺpca čistej ortuti (hustota 13 595,1 kg/m^3), tiažové zrýchlenie 9,806 65 m·s^{-2}
konvenčný milimeter vodného stĺpca	mmH$_2$O	1 mmH$_2$O = 9,806 65 Pa (presne)	Jednotka tlakovej výšky 1 mm stĺpca vody (hustota 1 000 kg/m^3), tiažové zrýchlenie 9,806 65 m·s^{-2}

Poznámka: Pri označovaní tlakovej výšky vody sa môžeme v praxi stretnúť aj so inými „značkami“ jednotiek, napr.: mm H$_2$O, mm WC, mm WS, mm CE a pod., ktoré vychádzajú z anglického „water column“, nemeckého „Wassersäule“, resp. francúzskeho „colonue d’eau“.

Jednotky „tlakovej výšky“ vychádzajú zo vzťahu pre výpočet hydrostatického tlaku stĺpca kvapaliny:

$$p = \rho \times g \times h$$

kde ρ je hustota kvapaliny, *g* tiažové zrýchlenie, *h* výška stĺpca kvapaliny.

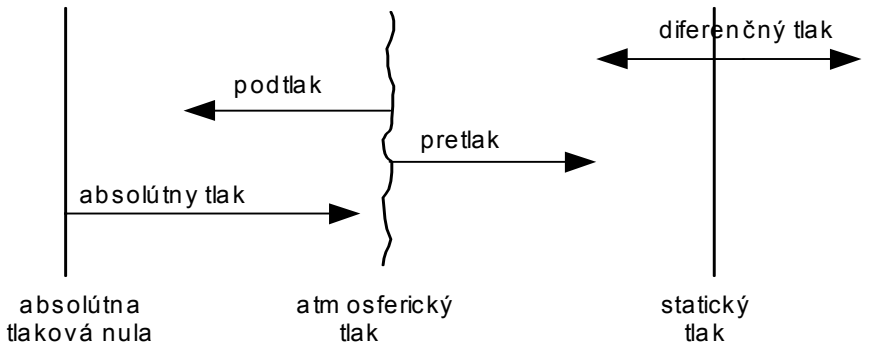
Hodnota tiažového zrýchlenia je rovná 9,806 65 m·s^{-2} (hodnota normálneho tiažového zrýchlenia). Hustota kvapaliny sa mení v závislosti na teplote, tlaku a vlastnostiach meranej vzorky (čistoty, izotopického zloženia). Hodnoty hustoty kvapaliny (vody alebo ortuti) sa menia podľa jednotlivých autorov. Preto sa môžeme v literatúre stretnúť s rozdielnymi prevodovými činiteľmi pri jednotkách „tlakovej výšky“. Ak pri názve alebo značke jednotky „tlakovej výšky“ nie je uvedená teplota určujúca hustotu kvapaliny, jedná sa o konvenčný mmH$_2$O, mmHg, mH$_2$O, mHg, inH$_2$O, inHg, atď. V praxi sa je možné stretnúť s jednotkami „tlakovej výšky“ so špecifikovanou teplotou kvapaliny. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené prevodové činitele pre tieto jednotky tlaku.

Ďalšie desatinné miesta a upresňovanie uvedených koeficientov nie je opodstatnené, pretože definície jednotiek nezohľadňujú kompresibilitu ortuti, resp. vody alebo zmeny hustoty spôsobené revíziou praktickej teplotnej stupnice na ITS-90.

Názov jednotky	Označenie (značka) jednotky	Prevodový činiteľ na Pa
milimeter vodného stĺpca konvenčný	mmH_2O	9,806 65 (presne)
milimeter vodného stĺpca (4 °C)	mmH_2O @ 4 °C	9,806 38
palec vodného stĺpca konvenčný	inH_2O	249,088 9
palec vodného stĺpca (39,2 °F)	inH_2O @ 39,2 °F	249,082
palec vodného stĺpca (60 °F)	inH_2O @ 60 °F	248,84
milimeter ortuťového stĺpca konvenčný	mmHg	133,322 4
milimeter ortuťového stĺpca (0 °C)	mmHg @ 0 °C	133,322
palec ortuťového stĺpca konvenčný	inHg	3 386,388 6
palec ortuťového stĺpca (32 °F)	inHg @ 32 °F	3 386,38
palec ortuťového stĺpca (60 °F)	inHg @ 60 °F	3 376,85

Poznámka: 32 °F = 0 °C; 39,2 °F = 4 °C; 60 °F = 15,56 °C

Pri meraní tlaku je zásadnou vecou referenčná hodnota meraného tlaku, ktorá môže byť rovná absolútnej nule, okamžitej hodnote barometrického tlaku alebo ľubovoľnej hodnote statického tlaku. Podľa toho rozlišujeme absolútny tlak, pretlak, ktorý môže byť kladný alebo záporný podľa toho či je väčší alebo menší ako okolitý tlak a diferenčný tlak. Rozdiely medzi absolútnym tlakom, pretlakom (pretlak/podtlak) a diferenčným tlakom sú zrejmé z obr. 1.



Obr. 1: Rozdiel medzi absolútnym, relatívnym a diferenčným tlakom.

Jednotka tlaku je pre meranie vo všetkých módoch (absolútny, relatívny alebo diferenčný) rovnaká. Označovanie druhu tlaku v značke jednotky môže byť v praxi síce názorné, ale je nesprávne (kPa abs.; bar g, PSIG, atď.). Informácia o druhu meraného tlaku musí byť uvedená inou formou, nie svojvoľnou úpravou značky jednotky. V praxi sa je možné stretnúť s rôznymi kombináciami značky jednotky a skratiek:

abs; a; ...	pre absolútny tlak;
gauge; g; ...	pre kladný pretlak;
vac; ...	pre podtlak, záporný pretlak
diff; ...	pre tlakovú diferenciu;
sg	pre „sealed gauge“ čo popisuje konštrukčné riešenie snímača pretlaku s uzavretou referenčnou stranou.

Na meranie výšky hladiny kvapalín sa v praxi často používajú ponorné alebo zabudované sondy, ktoré merajú hydrostatický tlak kvapaliny v užívateľom definovaných jednotkách „tlakovej výšky“ kvapaliny so špecifikovanou hustotou a tým priamo výšku kvapaliny v dĺžkových jednotkách. Takáto „užívateľská“ jednotka je definovaná v súlade so vzťahom pre výpočet hydrostatického tlaku stĺpca kvapaliny so špecifikovanou hustotou. Pri meraní je treba zohľadniť dve dôležité skutočnosti:

- hustota kvapaliny je závislá na teplote (napríklad relatívna zmena hustoty vody z 20 °C na 30 °C predstavuje 0,25 %);
- tiažové zrýchlenie na území Slovenska nie je rovné normálnemu tiažovému zrýchleniu (relatívna odchýlka tiažového zrýchlenia na území Slovenska je +0,02 % až +0,03 %).

Uvedené skutočnosti spôsobujú systematické chyby merania, ktoré je potrebné korigovať, alebo ich zohľadniť pri rozbore presnosti daného merania.

LITERATÚRA

STN ISO 1000 Jednotky SI a doporučenia pre používanie ich násobkov a pre používanie niektorých ďalších jednotiek

STN ISO 31-3 Veličiny a jednotky Časť 3: Mechanika (1994)

Guide for the Use of the International System of Units (SI), NIST Special Publication 811, 1995 Edition (http://physics.nist.gov/Document/sp811.pdf)

A Dictionary of Units of Measurement (http://www.unc.edu/~rowlett/units/index.html)

Aktuálny stav legislatívy v metrológii, normy a predpisy v oblasti tlaku v SR

Ľubomír Krajči

Počiatky merania môžeme klásť do predhistórie ľudstva na počiatok civilizácie. Rozvoj obchodu v prvotných vyspelých kultúrach vyvolal potrebu zavedenia navzájom porovnateľných mier hmotnosti a objemu. Súčasne vznikala potreba merania času, dĺžky a dráhy. Až do obdobia ranného novoveku (okolo roku 1600) súviseli merania hlavne s obchodom, stavebníctvom, astronómiou, baníctvom, resp. hutníctvom, pričom išlo najmä o merania priestorových veličín, sily (hmotnosti, objemov, dĺžky a uhlov) a času.

Vedná a technická disciplína, ktorá sa zaoberá meraním, jednotkami, meracími metódami, meracími prostriedkami, zásadami spracovania výsledkov meraní, zásadami zabezpečenia jednotnosti a presnosti meraní, ale aj technickými a právnymi predpismi sa nazýva metrológia.

Zákon č. 142/2000 Z. z. upravuje:
- zákonné meracie jednotky,
- požiadavky na určené meradlá a ich metrologickú kontrolu,
- podmienky úradného merania,
- požiadavky na spotrebiteľsky balené výrobky,
- podmienky autorizácie a registrácie,
- orgány štátnej správy pre oblasť metrológie,
- metrologický dozor,
- ukladanie pokút v rozsahu potrebnom pre zabezpečenie jednotnosti správnosti merania.

Zákon bol koncipovaný nasledovne:
- je výhradne zameraný na regulovanú sféru a neobsahuje žiadne prvky, ktoré nesúvisia s uplatňovaním štátnej moci v tejto oblasti
- určuje práva a povinnosti, ako aj zodpovednosti a prostriedky zabezpečenia,
- rozdeľuje činnosti súvisiace so zabezpečovaním jednotnosti a správnosti meradiel určených zákonom
  - na úkony orgánov štátnej správy, ktoré vykonáva Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, Slovenský metrologický ústav a Slovenský metrologický inšpektorát

  a na
  - metrologické činnosti charakteru služieb, ktoré zabezpečujú Slovenský metrologický ústav, metrologické organizácie zriadené úradom, ale aj podnikatelia a iné právnické osoby autorizovaní úradom po splnení stanovených podmienok.

Oproti doterajšej právnej úprave sa predmet regulácie zákonom zužuje:

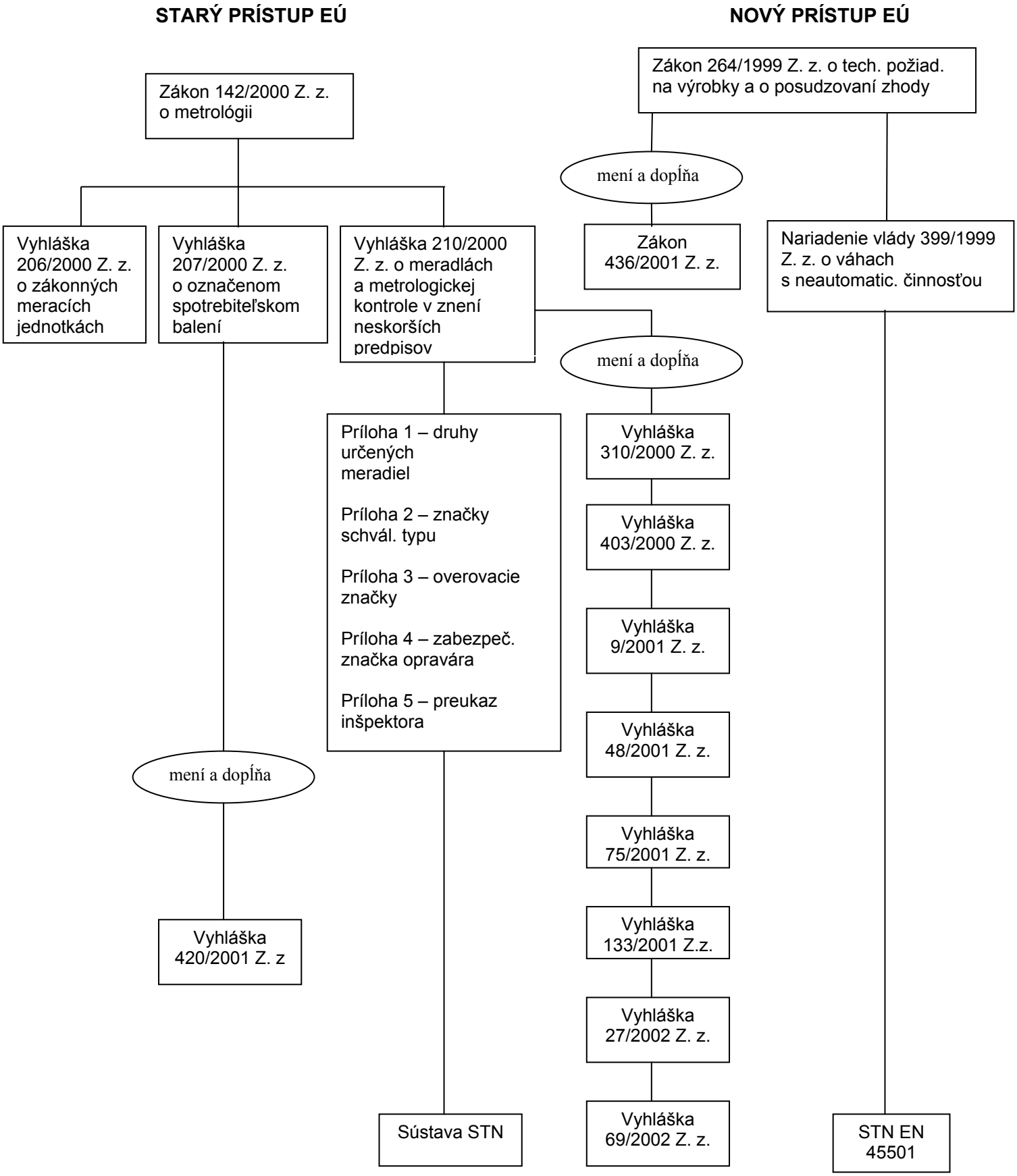
- o metrologickú kontrolu (kalibráciu) ostatných (neurčených) meradiel. Tu sa predpokladá pôsobenie iných faktorov, napr. záujem používateľa meradla na kvalite výroby, certifikácia systémov kvality a iné;
- o inštitút “strediska kalibračnej služby”. Akreditácia týchto stredísk vykonávaná doteraz úradom sa nahrádza akreditáciou týchto pracovísk národným akreditačným orgánom (Slovenskou národnou akreditačnou službou), vykonávajúcim akreditáciu podľa normy STN EN ISO/IEC 17025;
- na registráciu výrobcov, opravárov a montážnych organizácií vykonávajúcich uvedené činnosti len vo vzťahu k určeným meradlám.

Vyhláška ÚNMS SR č. 210/2000 Z. z. upravuje:

- vyhlásenie národného etalónu,
- prípravu certifikovaných referenčných materiálov,
- druhy určených meradiel, - s prílohou 1 – druhy určených meradiel, a s prílohami 6 až 22, ktoré uvádzajú podrobnosti o technických požiadavkách, metrologických požiadavkách, metódy technických skúšok a metódy skúšania pri overovaní na jednotlivé druhy určených meradiel. Prílohy 6 až 22 obsahujú požiadavky Európskych spoločenstiev (implementované zo smerníc ES). Novely vyhlášky č. 210/2000 Z. z. obsahujú prílohy doteraz známe až 67 príloh s požiadavkami medzinárodných predpisov ISO, IEC a OIML a prílohy s národnými požiadavkami.
- postup pri schvaľovaní typu určeného meradla,
- označovanie schváleného typu meradla – s prílohou 2 – grafické znázornenie značiek schváleného typu a osobitných značiek
- postupy overovanie určených meradiel – prvotného a následného overovania,
- druhy overovacích značiek – s prílohou 3 a 4 – grafické znázornenie overovacích a zabezpečovacích značiek,
- žiadosť o autorizáciu,
- prihlášku na registráciu,
- podrobnosti o výkone štátneho metrologického dozoru – s prílohou 5 – vzor preukazu inšpektora.

Podľa najnovších dostupných informácií je skutočnosť, že zákon č. 142/2000 Z. z. a vyhláška ÚNMS SR č. 210/2000 Z. z. sa budú v krátkom čase novelizovať.

Nová metrologická legislatíva a STN



Prehľad určených meradiel

Vyhláška ÚNMS SR č. 210/2000 Z. z. obsahuje:

Príloha č. 1
Druhy určených meradiel (zmena vyhláška č. 69/2002 Z. z.)
Príloha č. 2
Grafické znázornenie značiek schváleného typu a osobitných značiek
Príloha č. 3
Grafické znázornenie overovacích značiek
Príloha č. 4
Grafické znázornenie zabezpečovacej značky podnikateľa – opravára
Príloha č. 5
Vzor preukazu inšpektora
Príloha č. 6
Kontinuálne sčítavacie váhy s automatickou činnosťou
Príloha č. 7
Kontrolné a triediace váhy s automatickou činnosťou
Príloha č. 8
Merače pretečeného množstva studenej vody (zmena vyhláška č. 133/2001 Z. z.)
Príloha č. 9
Merače pretečeného množstva teplej vody (zmena vyhláška č. 133/2001 Z. z.)
Príloha č. 10
Objemové prietokové meradlá na kvapaliny okrem vody
Príloha č. 11
Prídavné zariadenia k prietokovým meradlám na kvapaliny okrem vody
Príloha č. 12
Meracie zostavy na kvapaliny okrem vody
Príloha č. 13
Plynomery (zmena vyhláška č. 27/2002 Z. z.)
Príloha č. 14
Elektromery
Príloha č. 15
Dĺžkové miery
Príloha č. 16
Liehomery a hustomery na lieh
Príloha č. 17
Závažia
Príloha č. 18
Taxametre
Príloha č. 19
Tlakomery na meranie tlaku v pneumatikách motorových vozidiel (zmena vyhláška č. 69/2002 Z. z.)
Príloha č. 20
Obilné skúšače
Príloha č. 21
Odmerné nádrže na plavidlách
Príloha č. 22
Lekárske sklenené ortuťové teplomery s maximálnym zariadením

Vyhláška ÚNMS SR č. 310/2000 Z. z. obsahuje:

Príloha č. 23
Analyzátory výfukových plynov motorových vozidiel so zážihovým motorom
Príloha č. 24
Objemové meradlá na lieh

Príloha č. 25
Analyzátory dychu (zmena vyhláška č. 69/2002 Z. z.)
Príloha č. 26
Váhy s automatickou činnosťou dávkovacie plniace (zmena vyhláška č. 69/2002 Z. z.)
Príloha č. 27
Výčapné nádoby
Príloha č. 28
Výčapné dávkovače (zmena vyhláška č. 69/2002 Z. z.)

Vyhláška ÚNMS SR č. 403/2000 Z. z. obsahuje:

Príloha č. 29
Váhy s automatikou činnosťou diskontinuálne sčítavacie (zmena vyhláška č. 69/2002 Z. z.)
Príloha č. 30
Váhy s automatickou činnosťou na váženie cestných vozidiel za pohybu
Príloha č. 31
Cestné radarové rýchlomery
Príloha č. 32
Lekárske elektronické teplomery maximálne
Príloha č. 33
Prevodníky tlaku
Príloha č. 34
Prepravné sudy a prepravné tanky
Príloha č. 35
Prepočítavače pretečeného množstva plynu (zmena vyhláška č. 75/2001 Z. z.)
Príloha č. 36
Vlhkomery obilnín a olejnín

Vyhláška ÚNMS SR č. 9/2001 Z. z. obsahuje:

Príloha č. 37
Snímače teploty a prevodníky teploty
Príloha č. 38
Sklené teplomery
Príloha č. 39
Meracie zariadenia na meranie plošného obsahu usní
Príloha č. 40
Meradlá tlaku krvi
Príloha č. 41
Meradlá dozimetrických veličín ionizujúceho žiarenia (zmena vyhláška č. 69/2002 Z. z.)
Príloha č. 42
Meradlá akustického tlaku (zmena vyhláška č. 69/2002 Z. z.)
Príloha č. 43
Meradlá aktivity rádionuklidov

Vyhláška ÚNMS SR č. 48/2001 Z. z. obsahuje:

Príloha č. 44
Tónové audiometre
Príloha č. 45
Akustické kalibrátory
Príloha č. 46
Váhy s automatickou činnosťou na váženie koľajových vozidiel

Príloha č. 47
Odmerné nádoby kovové
Príloha č. 48
Stacionárne nádrže
Príloha č. 49
Meracie mikrofóny (zmena vyhláška č. 69/2002 Z. z.)

Vyhláška ÚNMS SR č. 75/2001 Z. z. obsahuje:

Príloha č. 50
Meracie zariadenia na meranie dĺžky navinuteľných materiálov a dĺžkové meradlá na kontrolu dĺžky skladov skladacích meracích zariadení (zmena vyhláška č. 69/2002 Z. z.)
Príloha č. 51
Merače tepla
Príloha č. 52
Meracie transformátory prúdu a napätia používané v spojení s elektromermi
Príloha č. 53
Prietokomery ako členy meračov tepla

Vyhláška ÚNMS SR č. 133/2001 Z. z. obsahuje:
Príloha č. 54
Kombinované snímače teploty určené pre jadrové elektrárne typu VVER 440
Príloha č. 55
Odmerné sklo
Príloha č. 56
Skúšobné sitá
Príloha č. 57
Luxmetre
Príloha č. 58
Dávkovacie objemové meradlá na kvapaliny

Vyhláška ÚNMS SR č. 27/2002 Z. z. obsahuje:
Príloha č. 59
Momentové kľúče
Príloha č. 60
Napínacie zariadenia na predpätý betón
Príloha č. 61
Zariadenia na mechanické skúšky materiálov
Príloha č. 62
Tachografy
Príloha č. 63
Tvrdomery na betón
Príloha č. 64
Merače pretečeného objemu vody s voľnou hladinou

Vyhláška ÚNMS SR č. 69/2002 Z. z. obsahuje:
Príloha č. 65
Hmotnostné prietokomery na kvapaliny
Príloha č. 66
Hmotnostné prietokomery na plyny
Príloha č. 67
Refraktometre

Druhy určených meradiel

1.Geometrické veličiny

1.1Dĺžka

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
1.1.1	Materiálové dĺžkové miery a) kovové z iných materiálov	Áno Áno	Áno Áno	5 rokov 2 roky	15
1.1.2	Meracie zariadenia na meranie dĺžky navinuteľných materiálov (odvaľovacie, skladacie a navijaky)	Áno	Áno	2 roky	50
1.1.3	Dĺžkové meradlá na kontrolu dĺžky skladov skladacích meracích zariadení	Áno	Áno	5 rokov	50
1.1.4	Taxametre vozidiel taxislužby	Áno	Áno	2 roky	18
1.1.5	Počítadlá kilometrov v prenajímaných vozidlách požičovní automobilov	Nie	Áno	2 roky	18
1.1.6.	Skúšobné sitá	Nie	Áno	2 roky	56

1.2 Plošný obsah

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
1.2.1	Meracie zariadenia na meranie plošného obsahu usní	Áno	Áno	1 rok	39

1.3 Objem prietok

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
1.3.1	Odmerné nádoby kovové	Áno	Áno	2 roky	47
1.3.2	Výčapné nádoby	Áno	Áno	bez obmedzenia	27
1.3.3	Výčapné dávkovače	Áno	Áno	2 roky	28
1.3.4	Odmerné sklo (odmerné banky, byrety, pipety, odmerné valce triedy presnosti "A"	Áno	Áno	bez obmedzenia	55
1.3.5	Sedimentačné (Westergrenove) pipety		Áno	bez obmedzenia	55
1.3.6.	Prepravné sudy z nehrdzavejúcich materiálov tvarovo stále (KEG, KEG Plus.	Áno	Áno	10 rokov	34
1.3.7	Prepravné sudy s výnimkou sudov podľa bodu 1.3.6	Áno	Áno	2 roky	34
1.3.8	Prepravné tanky na kvapaliny a) cisterny b) odmerné nádrže na plavidlách	Áno Nie	Áno Áno	4 roky 12 rokov	34 21

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
1.3.9	Stacionárne nádrže používané ako meradlá objemu a) chladiace a uschovávacie nádrže na mlieko b) drevené sudy a nádrže c) betónové a murované skladovacie nádrže d) sudy a nádrže z ostatných materiálov	Nie Nie Nie Nie	Áno Áno Áno Áno	4 roky 5 rokov bez obmedzenia 10 rokov	48
1.3.10	Dávkovacie objemové meradlá na kvapaliny	Áno	Áno	5 rokov	58
1.3.11	Objemové meradlá na lieh	Áno	Áno	3 roky	24
1.3.12	Objemové prietokové meradlá na kvapaliny okrem vody	Áno	Áno	2 roky	10,11
1.3.13	Meracie zostavy a) na kvapaliny okrem vody b) na skvapalnené plyny	Áno Áno	Áno Áno	2 roky 1 rok	12
1.3.14	Hmotnostné prietokomery na kvapaliny	Áno	Áno	2 roky	65
1.3.15	Merače pretečeného množstva vody a) na studenú vodu b) na teplú vodu	Áno Áno	Áno Áno	6 rokov 4 roky	8 9
1.3.16	Prepočítavače množstva kvapalín	Áno	Áno	2 roky	12
1.3.17	Plynomery membránové vrátane plynomerov s teplotnou korekciou a)do veľkosti G6 vrátane, pri priemernej ročnej spotrebe do 500 m^3 b)ostatné membránové plynomery	Áno Áno	Áno Áno	15 rokov 10 rokov	13
1.3.18	Plynomery rotačné a turbínové	Áno	Áno	15 rokov	13
1.3.19	Hmotnostné prietokomery na plyny	Áno	Áno	2 roky	66
1.3.21	Prepočítavače pretečeného množstva plynov vrátane pripojených prístrojov na meranie tlaku, teploty, alebo hustoty	Áno	Áno	5 rokov	35,33, 37
1.3.22	Meradlá pretečeného objemu vody s voľnou hladinou	podľa prílohy č. 64	Áno	2 roky	64
1.3.23	Obaly spotrebiteľsky balených výrobkov klasifikované ako odmerné nádoby.	NIe	Nie	-	Vyhl. 207/ 2000 a 420/ 2001 Z.z

2.Mechanické veličiny

2.1 Hmotnosť

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
2.1.1	Váhy s neautomatickou činnosťou triedy presnosti II, III a IIII okrem váh uvedených v položkách 2.1.2, 2.1.3 a 2.1.4	-	po vy-konanej oprave	2 roky	STN EN 45501
2.1.2	Váhy s neautomatickou činnosťou na zisťovanie hmotnosti na nápravu alebo koleso koľajových a cestných vozidiel staticky a) cestné b) koľajové	-	po vy-konanej oprave	1 rok 2 roky	STN EN 45501 STN EN 45501
2.1.3	Váhy s neautomatickou činnosťou triedy presnosti I a II na váženie drahých kovov, kameňov a cenných materiálov a používané v zdravotníctve	-	po vy-konanej oprave	2 roky	STN EN 45501
2.1.4	Váhy s neautomatickou činnosťou na počítanie kusov a na zisťovanie vlastnosti látok	-	po vy-konanej oprave	2 roky	STN EN 45501
2.1.5	Závažie 1., 2. a 3. triedy presnosti	NIe	Áno	1 rok	17
2.1.6	Závažie 4. triedy presnosti	NIe	Áno	2 roky	17
2.1.7	Závažie 5. triedy presnosti	NIe	Áno	2 roky	17
2.1.8	Váhy s automatickou činnosťou na váženie cestných vozidiel za pohybu	Áno	Áno	1 rok	30
2.1.9	Váhy s automatickou činnosťou na váženie koľajových vozidiel triedy presnosti 0,2; 0,5; 1 a 2	Áno	Áno	2 roky	46
2.1.10	Váhy s automatickou činnosťou diskontinuálne sčítavacie triedy presnosti 0,2; 0,5; 1 a 2	Áno	Áno	2 roky	29
2.1.11	Váhy s automatickou činnosťou dávkovacie plniace	Áno	Áno	2 roky	26
2.1.12	Váhy s automatickou činnosťou kontrolné a triediace	Áno	Áno	2 roky	7
2.1.13	Váhy s automatickou činnosťou kontinuálne sčítavacie (pásové váhy) triedy presnosti 0,5; 1 a 2	Áno	Áno	2 roky	6
2.1.14	Obilné skúšače	Áno	Áno	2 roky	20

2.2Mechanický pohyb

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
2.2.1	Cestné radarové rýchlomery používané políciou pri kontrole dodržiavania pravidiel cestnej premávky	Áno	Áno	1 rok	31
2.2.2	Tachografy mechanické a elektronické pre cestné vozidlá	Áno	Áno	2 roky	62

2.2 Tlak

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
2.3.1	Prístroje na meranie tlaku krvi mechanické a kvapalinové (deformačné a ortuťové)	Áno	Áno	2 roky	40
2.3.2	Prevodníky tlaku používané v kafilérických zariadeniach	Áno	Áno	1 rok	33
2.3.3	Tlakomery na meranie tlaku v pneumatikách motorových vozidiel, používané na čerpacích staniciach pohonných látok, v autoservisoch a v staniciach technickej kontroly	Áno	Áno	1 rok	19

2.4 Mechanické skúšky materiálu

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
2.4.1	Skúšobné trhacie stroje a lisy	Nie	Áno	2 roky	61
2.4.2	Kyvadlové kladivá na skúšky vrubovej a rázovej húževnatosti materiálov	Nie	Áno	2 roky	61
Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
2.4.3	Stroje na skúšanie tečenia materiálu v ťahu a) so zaťažovacím zariadením pákovým a s priamy zaťažením b) so zaťažovacím zariadením pružinovým alebo iným	Nie Nie	Áno Áno	5 rokov 2 roky	61
2.4.4	Tvrdomery na betón	Nie	Áno	1 rok	63
2.4.5	Napínacie zariadenia na predpätý betón	Nie	Áno	1 rok	60
2.4.6	Momentové kľúče	Nie	Áno	1 rok	59

3. Tepelnotechnické veličiny

3.1 Teplota, teplo

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
3.1.1	Lekárske a zverolekárske teplomery a) sklené b) elektronické	 Áno Áno	 Áno Áno	bez obmedzenia 2 roky	 22 32
3.1.2	Teplomery používané na stanovenie spalného tepla pri bilančných meraniach a)sklené b)elektrické	 Áno Áno	 Áno Áno	 2 roky 2 roky	 38 37
3.1.4	Prevodníky teploty používané v kafilérických zariadeniach	Áno	Áno	1 rok	37
3.1.5	3.1.1 Merače tepla a ich členy a) kompaktné merače tepla b) prietokomery c) odporové snímače teploty d) kalorimetrické počítadlá elektronické e) prevodníky tlaku	 Áno Áno Áno Áno Áno	 Áno Áno Áno Áno Áno	 4 roky 4 roky 4 roky 4 roky 1 rok	51 51 53 37, 51 51 33
3.1.6	Kombinované snímače teploty určené pre jadrové elektrárne typu VVER 440	Áno	Áno	1 rok	54

4. Elektrické veličiny

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
4.1	Jednofázové a viacfázové striedavé dynamické (indukčné) elektromery (vrátane dvojtarifných) na priame meranie spotreby elektrickej energie)	Áno	Áno	16 rokov	14
4.2	Jednofázové a viacfázové striedavé dynamické (indukčné) elektromery na nepriame meranie (pripojené cez meracie transformátory) spotreby elektrickej energie	Áno	Áno	12 rokov	14
4.3	Striedavé dynamické (indukčné) elektromery s mechanickým prídavným zariadením na meranie nadspotreby, meranie maxima a viactarifné elektromery.	Áno	Áno	12 rokov	14
4.4	Jednofázové a viacfázové striedavé statické elektromery s elektronickým meracím systémom	Áno	Áno	12 rokov	14
4.5	Striedavé statické elektromery alebo striedavé dynamické (indukčné) elektromery s elektronickým prídavným zariadením na meranie nadspotreby, meranie maxima a viactarifné elektromery	Áno	Áno	5 rokov	14

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
4.6	Meracie transformátory prúdu a napätia používané v spojení s elektromermi	Áno	Áno	bez obmedzenia	52

5. Optické veličiny

5.1 Svetelné veličiny

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
5.1.1	Luxmetre s kremíkovým fotodetektorom	Nie	Áno	2 roky	57
5.1.2	Luxmetre so selénovým fotodetektorom	Nie	Áno	1 rok	57

6. Veličiny času, frekvencie a akustiky

6.1 Akustický tlak

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
6.1.1	Zvukomery a integrujúce zvukomery	Áno	Áno	2 roky	42
6.1.2	Pásmové filtre	Áno	Áno	2 roky	42
6.1.3	Tónové audiometre	Áno	Áno	2 roky	44
6.1.4	Meracie mikrofóny	Áno	Áno	1 rok	49
6.1.5	Osobné zvukové expozimetre	Áno	Áno	2 roky	42
6.1.6	Akustické kalibrátory	Áno	Áno	1 rok	45

7. Fyzikálno-chemické veličiny

7.1 Hustota

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
7.1.1	Laboratórne hustomery s hodnotou dieliku <1kg, m^{-3} s výnimkou hustomerov na meranie zrnitosti zemín (Casagrandel)	Áno	Áno	bez obmedzenia	-
7.1.2	Laboratórne liehomery s hodnotou dielika ≤ 0,2%	Áno	Áno	bez obmedzenia	16
7.1.3	Laboratórne cukromery s hodnotou dielika 0,1 %	Áno	Áno	bez obmedzenia	-
7.1.4	Laboratórne muštomery s hodnotou dielika 0,2 kg, hl^{-1}	Áno	Áno	bez obmedzenia	-

7.2 Index lomu (Refraktometria)

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
7.2.1	Vizuálne hranolové refraktometre s najväčšou dovolenou chybou indexu lomu v ráde 10^{-42}	Nie	Áno	2 roky	67
7.2.2	Vizuálne hranolové refraktometre s najväčšou dovolenou chybou indexu lomu v ráde 10^{-52}	Nie	Áno	3 roky	67

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
7.2.3	Digitálne hranolové refraktometre s najväčšou dovolenou chybou indexu lomu v ráde 10^{-4} a 10^{-52}	Áno	Áno	2 roky	67

7.4 Vlkosť pevných látok

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
7.4.1	Vlhkomery na obilniny a olejniny i. triedy presnosti	Áno	Áno	1 rok	36

7.5 Chemické zloženie

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
7.5.1	Analyzátory výfukových plynov motorových vozidiel so zážihovým motorom	Áno	Áno	1 rok	23
7.5.2	Analyzátory dychu	Áno	Áno	1 rok s výnimkou analyzátorov dychu pracujúcich na elektrochemickom princípe a uvedených na trh do 31.12.2000 kde je 6 mesiacov	36

8. Veličiny Atómovej a jadrovej fyziky

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
8.1	Meradlá na kontrolu dodržiavania prevádzkových limitov a na kontrolu referenčných úrovní aktivity a objemovej aktivity z výpustí jadrových zariadení, zo zariadení na ťažbu alebo úpravu rádioaktívnych surovín, spracovanie alebo aplikáciu rádioaktívnych materiálov a z úpravní rádioaktívneho odpadu a na stanovenie radiačnej záťaže z výpustí	Áno	Áno	2 roky	43
8.2	meradlá aktivity diagnostických a terapeutických preparátov aplikovaných pacientom in vivo	Áno	Áno	1 rok	43
8.3	Meradlá používané na určenie terapeuticky absorbovaných dávok ionizujúceho žiarenia aplikovaných pacientom	Áno	Áno	1 rok	41
8.4	Meradlá vnútornej rádioaktívnej kontaminácie osôb	Nie	Áno	2 roky	43
8.5	Meradlá objemovej aktivity radónu 222 vo vzduchu a vo vode a ekvivalentnej objemovej aktivity radónu 222 vo vzduchu	Nie	Áno	1 rok	43

Položka	Druh meradla	Schválenie typu	Prvotné overenie	Čas platnosti overenia	Príloha číslo
8.6	Zostavy na meranie dozimetrických veličín používané v osobnej dozimetrii	Áno	Áno	1 rok	41
8.7	Meradlá a zostavy na meranie veličín rádioaktívnej premeny a dozimetrických veličín používané na kontrolu dodržiavania limitov v oblasti radiačnej ochrany alebo radiačnej bezpečnosti a na dôkazové meranie v rámci radiačnej monitorovacej siete	Áno	Áno	2 roky	41,43
8.8	Osobné hlásiče vopred nastavenej úrovne dozimetrických veličín a priamo odčítacie osobné dozimetre	Áno	Áno	2 roky	41
8.9	Meradlá kvality zväzkov a zdrojov röntgenového žiarenia	Áno	Áno	2 roky	41
8.10	Stacionárne meradlá používané na vyhľadávanie skrytej rádioaktivity v osobnej a nákladnej doprave	Nie	Áno	2 roky	43

Nový prístup EÚ

Zoznam Zákonov, nariadení a vyhlášok, kde sa postupuje podľa nového prístupu o technických požiadavkách a o posudzovaní zhody

13/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády č. 400/1999 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách na ostatné určené výrobky v znení zákona č. 142/2000 Z. z.

29/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody na osobné ochranné prostriedky

117/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody zariadení a ochranných systémov určených na použitie v prostredí s nebezpečenstvom výbuchu

179/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody na výbušniny na civilné použitie

180/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody na plavidlá určené na rekreačné účely
Prílohy 1-9, Prílohy 10-15

219/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa mení nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 400/1999 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách na ostatné určené výrobky v znení neskorších predpisov

243/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody na námorné vybavenie
Prílohy

436/2001 Zákon, ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 264/1999 Z. z. o technických požiadavkách na výrobky a o posudzovaní zhody a o zmene a doplnení niektorých zákonov

443/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody na rádiové zariadenia a koncové telekomunikačné zariadenia

474/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa mení nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 400/1999 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách na ostatné určené výrobky v znení neskorších predpisov

513/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody na jednoduché tlakové nádoby

520/2001 Vyhláška Ministerstva výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky, ktorou sa určujú skupiny stavebných výrobkov a podrobností o preukazovaní zhody
Prílohy

569/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody diagnostických zdravotných pomôcok in vitro

570/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody aktívnych implantovateľných zdravotníckych pomôcok

571/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody na výťahy

572/2001 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody zdravotníckych pomôcok
Prílohy 1-2, Prílohy 3-12

84/2002 Opatrenie Úradu pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky o zaradení výrobkov medzi určené výrobky

149/2002 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 392/1999 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody pre elektrické zariadenia, ktoré sa používajú v určitom rozsahu napätia

150/2002 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 399/1999 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách na váhy s neautomatickou činnosťou

183/2002 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody na zariadenia určené na osobnú lanovú dopravu
Príloha

222/2002 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody emisií hluku zariadení používaných vo vonkajšom priestore
Prílohy 1-2, Príloha 3, Príloha 4-11

293/2002 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 433/2000 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách na účinnosť a postupoch posudzovania zhody teplovodných kotlov spaľujúcich kvapalné palivá alebo plynné palivá

294/2002 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 179/2001 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody na výbušniny na civilné použitie

295/2002 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 425/2000 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách na energetickú účinnosť a postupoch posudzovania zhody na elektrické chladničky a mrazničky pre domácnosť a ich kombinácie

296/2002 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 117/2001 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody zariadení a ochranných systémov určených na použitie v prostredí s nebezpečenstvom výbuchu

303/2002 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 392/1999 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody pre elektrické zariadenia, ktoré sa používajú v určitom rozsahu napätia v znení nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 149/2002 Z. z.

307/2002 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 243/2001 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody na námorné vybavenie

323/2002 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 29/2001 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody na osobné ochranné prostriedky

576/2002 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody na tlakové zariadenie a ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 400/1999 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách na ostatné určené výrobky v znení neskorších predpisov
Príloha 1, Príloha 2, Príloha 3, Prílohy 4-7

594/2002 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách na energetickú účinnosť a postupoch posudzovania zhody na elektrické preradníky žiarivkových zdrojov svetla

176/2003 Nariadenie vlády Slovenskej republiky, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a o postupoch posudzovania zhody na prepravné tlakové zariadenia

Normy a predpisy v oblasti metrológie tlaku

Veľká časť meradiel, ktoré zobrazujú (merajú) hodnotu tlaku nie sú určenými meradlami podľa vyhlášky 210/2000 Z. z. v znení neskorších predpisov. Preto z týchto dôvodov uvediem dostupné predpisy v SR podľa charakteristiky používania jednotlivých meradiel.
Najviac rozšírenými meradlami sú podľa prevedenia meracieho systému:
-deformačné tlakomery
-membránové tlakomery
-vlnovcové tlakomery
-kvapalinové tlakomery
-iné

Podľa rozsahu merania ich delíme:
manometre, manovákuometre, vákuometre, barometre (aneroidy)

Vzťahujú sa pre ne tieto STN, TPM (technický predpis metrologický) PNÚ (podniková norma ÚNM), I – inštrukcia ,OIML (Medzinárodná organizácia pre legálnu metrológiu)

Príloha č. 19 Vyhlášky č. 210/2000 Z. z. Tlakomery na meranie tlaku v pneumatikách motorových vozidiel (zmena vyhláška č. 69/2002 Z. z.)
Príloha č. 40 Vyhlášky č. 9/2001 Z. z Meradlá tlaku krvi.

STN EN 472 (25 7011)	Tlakomery slovník
STN EN 12645 (25 7211)	Tlakomery. Prístroje na kontrolu tlaku v pneumatikách a/alebo zariadenia na hustenie pneumatík motorových vozidiel. Metrológie, požiadavky a skúšanie.
STN 25 7019	Tlakomery, vyhotovenia, pripájacie a mont. rozmery tlakomerov
STN 25 7071	Tlakomery. Názvoslovie tlakomerov
STN 25 7072	Tlakomery. Pružné tlakomer. prvky manometrov. Všeob. tech. požiadavky a metódy skúšok
STN 25 7201	Tlakomery. Prevádzkové deformačné tlakomery. Všeobecné ustanovenia
STN 25 7203	Tlakomery. Zapisovacie tlakomery. Základné parametre, rozmery, technické požiadavky a metódy skúšok
STN 25 7206	Registračné tlakomery. Metódy skúšania pre úradné overovanie
STN 25 7207	Manometre, manovákuometre a vákuometre indikačné. Metódy skúšania pri úradnom overovaní.
STN 25 7208	Diferenčné tlakomery. Technické požiadavky. Metódy skúšania.
STN 25 7209	Indikačné a registračné diferenčné tlakomery. Metódy skúšania pre úradné overovanie
STN 25 7210	Prevádzkové deformačné tlakomery. Vyhotovenie a rozmery.
STN 25 7212	Prevádzkové tlakomery s vysielačmi. Technické požiadavky. Metódy skúšania
STN 25 7213	Prevádzkové kontaktné tlakomery. Technické požiadavky. Metódy skúšania.
STN 25 7214	Etalónové deformačné manometre a vákuometre. Technické požiadavky.
STN 25 7215	Metrológia. Manometre, vákuometre deformačné.
STN 25 7216	Kontaktné manometre a vákuometre. Metódy skúšania pre úradné overovanie.

STN 25 7217	Tlakomery s vysielačmi. Metódy skúšania pre úradné overovanie.
STN 25 7219	Vyhotovenia, pripájacie a montážne rozmery tlakomerov.
STN EN 837-1+AC	Meradlá tlaku Časť 1: Tlakomery s pružnou rúrkou Rozmery, metrológia, požiadavky na skúšanie
STN EN 837-2	Meradlá tlaku Časť 2: Požiadavky na voľbu a montáž tlakomerov.
STN EN 837-3	Meradlá tlaku Časť 3: Membránové a púzdrové tlakomery. Rozmery, metrológia, požiadavky a skúšanie.
TPM 4650-94	Prístroje na meranie krvného tlaku nepriamou metódou. Technické požiadavky.
TPM 4810-96	Etalónové kompresné McLeodove vákuometre s meracím rozsahom od 1 kPa do 0,1 mPa. Technické požiadavky.
TPM 4811-96	Etalónové kompresné McLeodove vákuometre s meracím rozsahom od 1 kPa do 0,1 mPa. Metódy skúšania pri overovaní.
PNÚ 1703.1	Etalónové kvapalinové tlakomery s hornou hranicou meracieho rozsahu 5 až 250 kPa. Technické požiadavky.
PNÚ 1704.1	Kvapalinové mikromanometre s hornými medzami meracieho rozsahu od 100 Pa do 40 kPa. Sekundárne etalóny a prevádzkové meradlá. Technické požiadavky.
PNÚ 1704.2	Kvapalinové mikromanometre s hornými medzami meracieho rozsahu od 100 Pa do 40 kPa. Sekundárne etalóny a prevádzkové meradlá. Metódy skúšania pre úradné overovanie.
PNÚ 1713.1	Ortuťové barometre s hornou medzou meracieho rozsahu do 110 kPa, sekundárne etalóny 2. rádu a prevádzkové meradlá. Technické požiadavky
PNÚ 1713.2	Ortuťové barometre s hornou medzou meracieho rozsahu do 110 kPa, sekundárne etalóny 2 rádku a prevádzkové meradlá. Metódy skúšanie pre úradné overovanie.
PNÚ 1714.1	Deformačné barometre s hornou medzou meracieho rozsahu do 110 kPa – sekundárne etalóny 2. rádu a prevádzkové meradlá. Technické požiadavky.
PNÚ 1714.2	Deformačné barometre s hornou medzou meracieho rozsahu do 110 kPa – sekundárne etalóny 2. rádu a prevádzkové meradlá. Metódy skúšania pre úradné overenie.
I-17 03	Inštrukcia pre úradné overovanie etalónových kvapalinových tlakomerov s hornou hranicou meracieho rozsahu (5 až 250) kPa.
OIML R 23	Tlakomery na meranie tlaku v pneumatikách motorových vozidiel
OIML R 53	Metrologické vlastnosti pružných snímačov používaných na meranie tlaku. Metódy stanovenia metrologických vlastností
OIML R 97	Barometre
OIML R 101	Indikačné a záznamové tlakomery, vákuometre a manovákuometre s pružnými snímačmi (pracovné meradlá)
OIML R 109	Tlakomery a vákuometre s pružnými snímačmi (etalóny)

Ďalšími meradlami v oblasti tlaku sú prevodníky tlaku s elektrickým unifikovaným signálom. Patria sem tieto predpisy:

Príloha č. 33 Vyhlášky 403/2000 Z. z. – prevodníky tlaku

TPM 4654-97	Prevodníky tlaku s elektrickým unifikovaným signálom. Metrologické a technické požiadavky.
TPM 4655-97	Prevodníky tlaku s elektrickým unifikovaným signálom. Metódy skúšania pri overovaní.
STN 25 7018	Prevodníky tlaku. Technické a metrologické požiadavky. Metódy skúšania.
STN 25 7251	Meracie prevodníky (snímače) tlaku s unifikovaným pneumatickým výstupným signálom. Metódy skúšania a potrebné pomôcky.

Ďalšími meradlami v oblasti tlaku sú číslicové tlakomery

STN EN 60770-1	Meracie prevodníky pre riadiace systémy priemyselných procesov. Časť 1 Metódy hodnotenia vlastností
STN IEC 902	Automatizácia. Meranie a riadenie priemyselných procesov. Termíny a definície
STN EN 61298-1	Zariadenia na meranie a riadenie priemyselných procesov. Všeobecné metódy a postupy na hodnotenie spôsobilosti. Časť 1: Všeobecné úvahy.
STN EN 61298-2	Zariadenia na meranie a riadenie priemyselných procesov. Všeobecné metódy a postupy na hodnotenie spôsobilosti. Časť 2: Skúšky pri referenčných podmienkach
STN EN 61298-3	Zariadenia na meranie a riadenie priemyselných procesov. Všeobecné metódy a postupy na hodnotenie spôsobilosti. Časť 3: Skúšky na určovanie účinkov ovplyvňujúcich veličín.
STN EN 61298-4	Zariadenia na meranie a riadenie priemyselných procesov. Všeobecné metódy a postupy na hodnotenie spôsobilosti. Časť 4: Obsah hodnotiacej správy.
*EA-10/17	Kalibrácia elektromechanických tlakomerov

Ďalšími meradlami v oblasti tlaku sú piestové tlakomery

STN 25 7204	Piestové tlakomery. Technické požiadavky.
STN 25 7205	Piestové tlakomery. Metódy skúšania pre úradné overovanie.
PNÚ 1706.1	Piestové barometre s hornou medzou meracieho rozsahu 105 kPa. Sekundárne etalóny a prevádzkové meradlá. Technické požiadavky.
PNÚ 1706.2	Piestové barometre s hornou medzou meracieho rozsahu 105 kPa. Sekundárne etalóny a prevádzkové meradlá. Metódy skúšania.
OIML R 110	Piestové tlakomery
*EAL – G 26 (EA-4/17)	Kalibrácia piestových tlakomerov

Ďalšími meradlami v oblasti tlaku sú guľkové tlakomery

TPM 4601-99	Guľkové tlakomery s hornými hranicami meracieho rozsahu od 200 kPa do 10MPa. Metrologické a technické požiadavky.
TPM 4602-99	Guľkové tlakomery s hornými hranicami meracieho rozsahu od 200 kPa do 10MPa. Metódy skúšania pri kalibrácii

Všeobecné predpisy

TPM 4600-94	Schéma nadväznosti tlaku v oblasti pretlaku do 250 MPa
TPM 4700-94	Schéma nadväznosti meradiel stredného absolútneho tlaku s meracím rozsahom od 1 kPa do 400 kPa.
TPM 4800-96	Schéma nadväznosti meradiel veľmi nízkeho absolútneho tlaku

*európska organizácia pre akreditáciu laboratórií. Na internetovej stránke sú voľne dostupné predpisy EA. Jej adresa je: *www.european-accreditation.org*

Uvedené sú všetky dostupné predpisy, pretože podľa § 7 odst.3 zákona č.264/1999 Z. z. v znení §4 zákona č. 436/2001 Z. z. ktorý znie: „dodržiavanie slovenskej technickej normy je dobrovoľné“.

Praktické postrehy z kontroly spínačov tlaku

Ľubomír Krajči

V priemysle sa v dosť veľkom množstve využívajú tlakové spínače (manostaty), ktoré majú za úlohu svojou charakteristikou (zopnuté, rozopnuté resp. logická 1, logická 0) informovať o stave technologického zariadenia, ktorá ich „poloha“ je ďalej spracovávaná a vyhodnocovaná.

Vo veľkom počte sa tieto spínače využívajú tam kde je treba sledovať tlakovú úroveň jednotlivých médií napr. kotolne, ktoré spracovávajú energetické palivá (zemný plyn, vykurovací olej, fosílne palivá) prenosové tlakové sústavy (plynovody, ropovody, diaľkové zásobovanie teplom kvapalných a plynných médií).

Tieto horeuvedené tlakové spínače majú prvoradú úlohu chrániť technologické zariadenia pred nežiadúcim vysokým a nízkym tlakom, aby nebola ohrozená bezpečnosť a plynulosť prevádzky a taktiež ochrana zdravia obsluhujúceho personálu týchto zariadení.

Najčastejšie bývajú nainštalované na:

- kontrola tlaku zemného plynu pred spaľovaním v spaľovacom priestore (kotle)
- kontrola tlaku núteného vháňaného vzduchu do spaľovacieho priestoru
- kontrola tlaku v okruhu primárneho a sekundárneho rozvodu pracovného média (horúca para, horúca voda, zemný plyn, ropa atď.)
- kontrola pri obehových čerpadlách v uzavretých okruhoch
- expanzné nádrže
- a iné

Svojim rozsahom pokrývajú široký tlakový rozsah rádove od jednotiek mbar až do jednotiek MPa.

Z tohto dôvodu sú tieto spínače dôležitou súčasťou technologických zariadení a treba k nim pri montáži pristupovať veľmi zodpovedne. Existujú niektoré predpisy, v ktorých sa popisuje na akú tlakovú hodnotu má byť jednotlivý tlakový spínač nastavený. V praxi sa to robieva že hodnota tlaku je nastavovaná skúsenosťami odborného pracovníka a v zmysle platných STN EN, ktorý s takýmito zariadeniami má dlhodobejšiu skúsenosť. Pri manostatoch na kontrolu tlaku prívodu zemného plynu do spaľovacieho priestoru a taktiež pri manostatoch na nútené vháňanie vzduchu do spaľovacieho priestoru sa tieto hodnoty nastavujú podľa špeciálneho meracieho zariadenia, ktorý sa umiestňuje v blízkosti za spaľovacou komorou. Podľa hodnôt NO_x, CO, CO_2, teploty spalín normospotreby zemného plynu a výkonu sa dajú tieto hodnoty tlaku na manostatoch nastaviť. V iných prípadoch (kontrola tlaku médií v potrubí sa na nastavenie môžu použiť iné meracie zariadenia napr. deformačné tlakomery, číslicové kalibrátory tlaku a iné.

Pre tieto tlakové spínače je charakteristické, že majú možnosť nastavenia hysterézy t. j., že spínajú pri výššom (nastavenom) tlaku a rozpínajú pri nižšom tlaku (podľa veľkosti hysterézy).

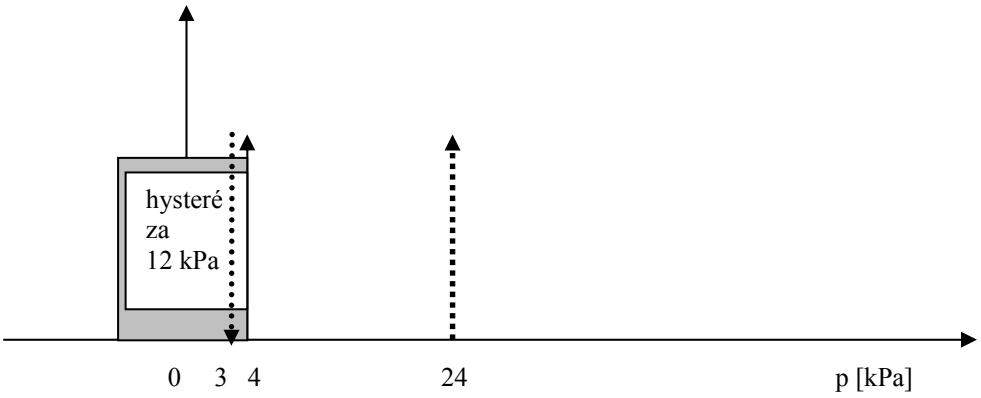
Na túto skutočnosť som sa pri meraniach zameral a štatisticky vyhodnotil dva druhy tlakových spínačov firmy ZPA Ústí nad Labem ČR a firmou Dungs technik zo SRN. Z nameraných hodnôt sa zistilo, že pri rôznych hodnotách tlaku a rôznych hodnotách hysterézy tieto spínače rôzne zopínajú a spínajú. A preto je dobré poznať ich pracovné charakteristiky. Obrázky s nameranými hodnotami sú v prílohe.

Príloha k článku „Praktické postrehy z kontroly spínačov tlaku“

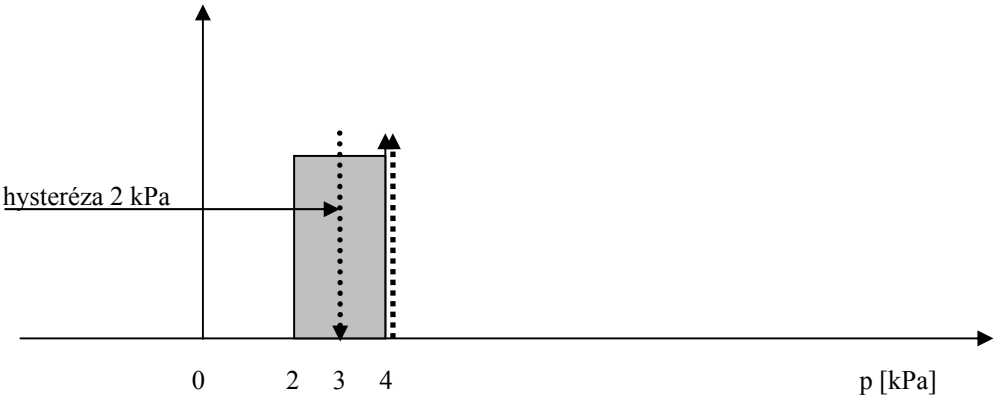
V laboratóriu tlaku SLM Banská Bystrica bolo vykonané meranie vlnovcového tlakového spínača typ 612 14 výrobcom ŹPA Ústí nad Labem.
Jeho základné charakteristiky sú:

rozsah :	(4÷63) kPa
max. prac. tlak :	190 kPa
rozsah diferencie:	(2÷25) kPa
merané prístrojom:	s max. chybou 2 kPa

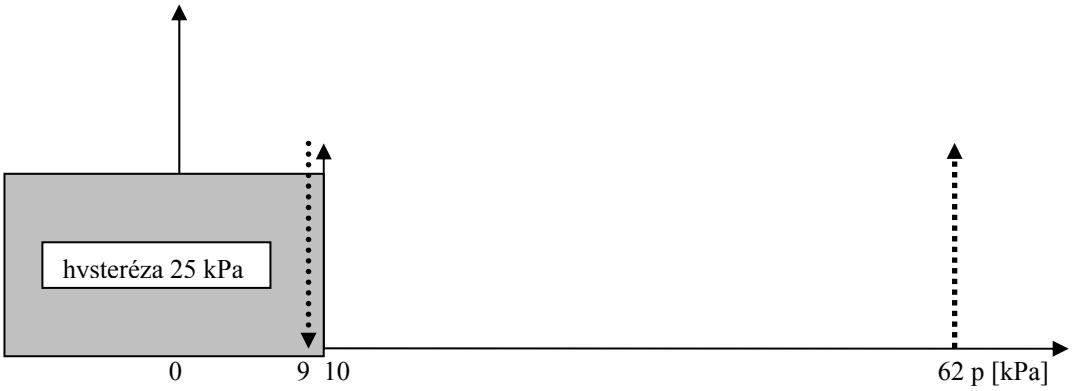
obr.1



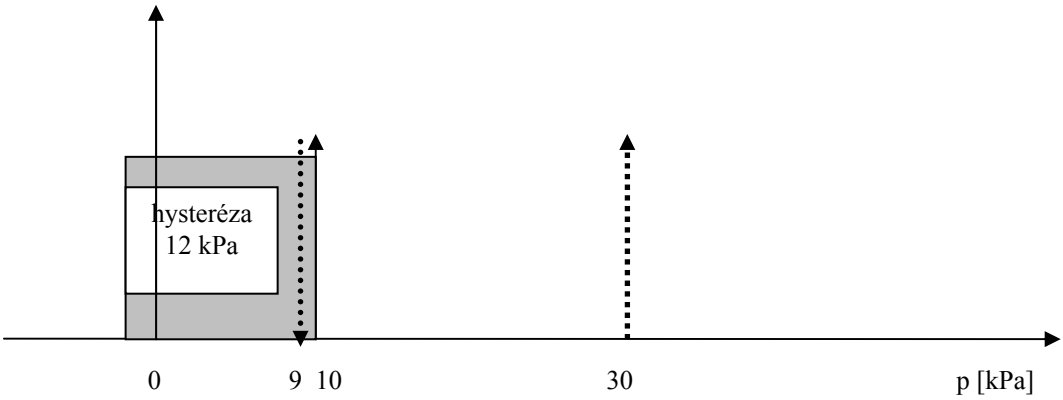
obr. 2



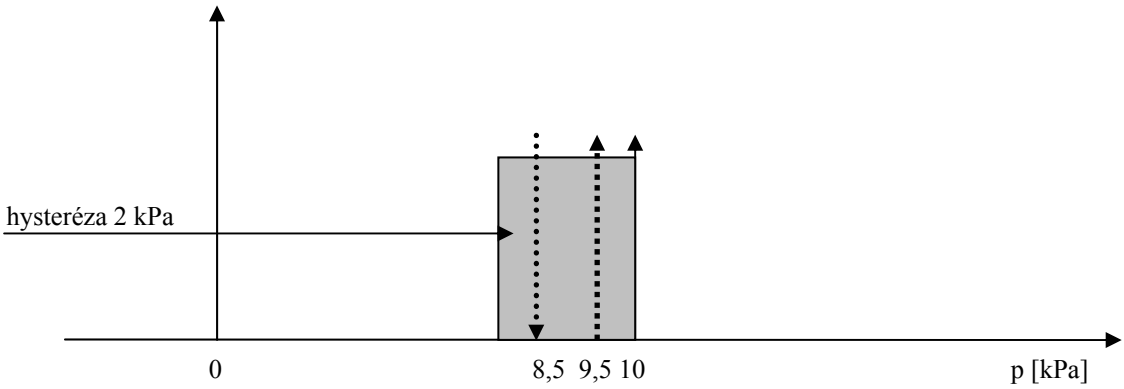
obr.3



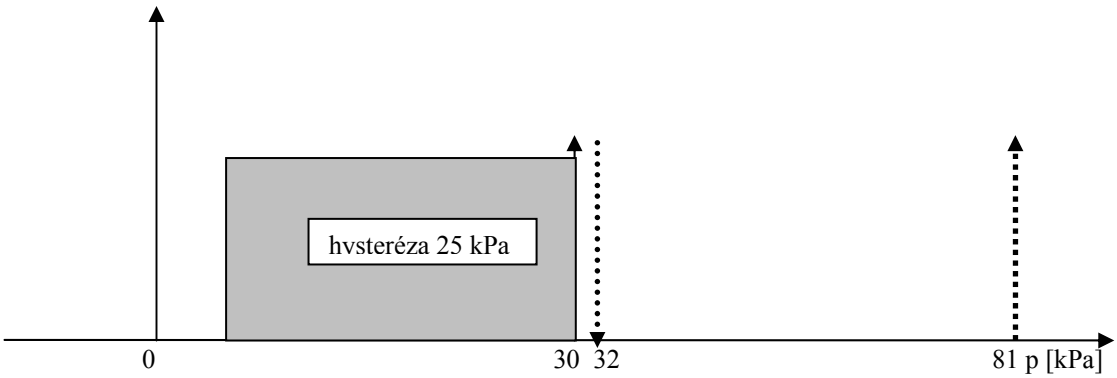
obr.4



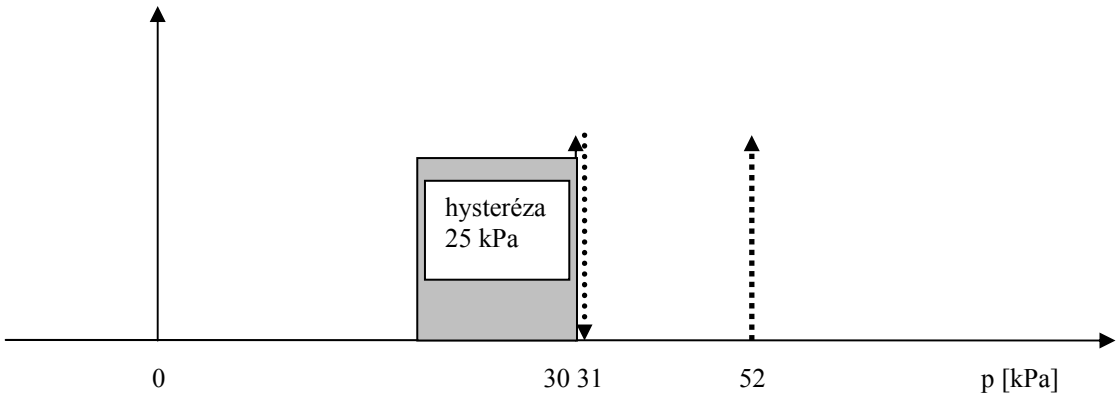
obr. 5



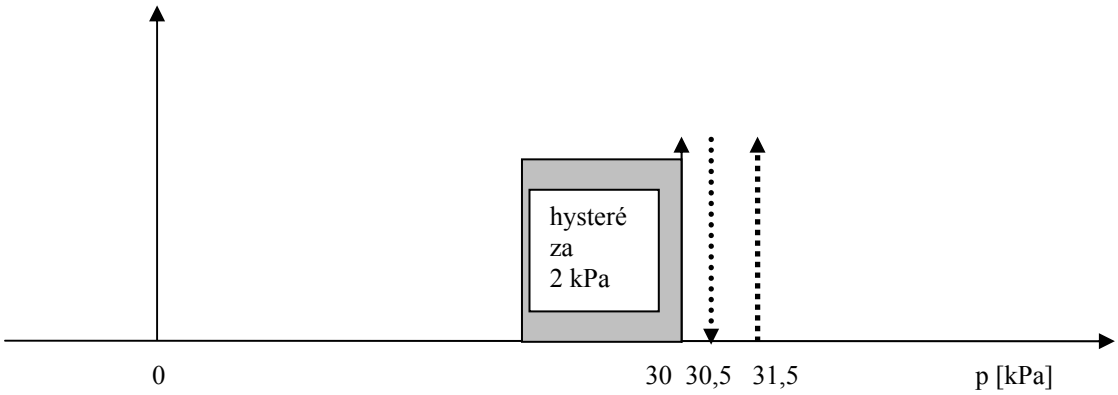
obr. 6



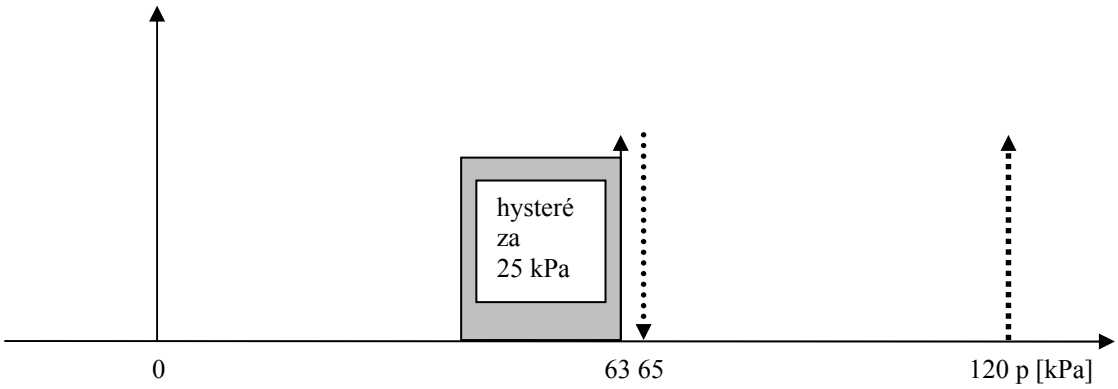
obr. 7



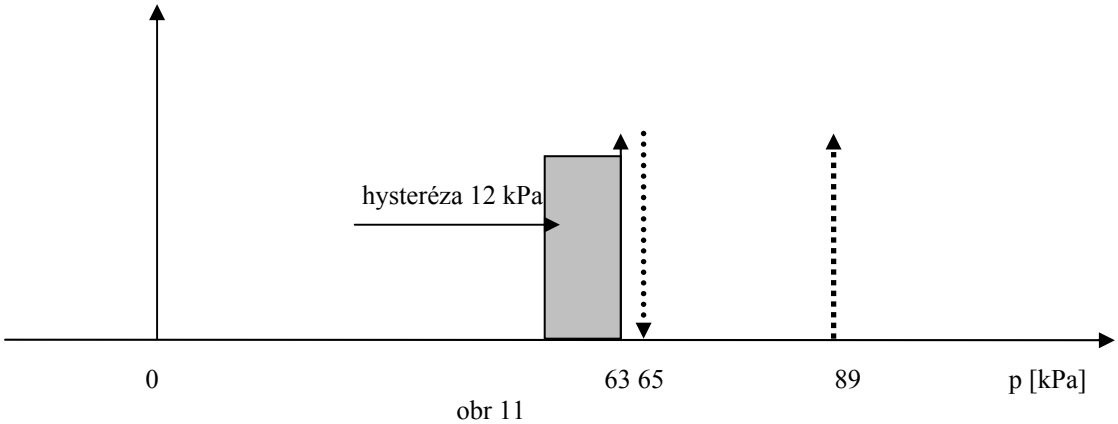
obr.8



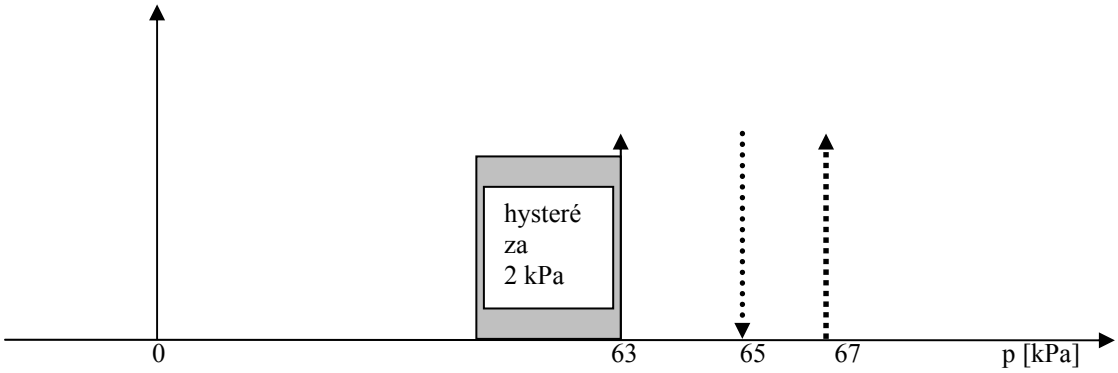
obr.9



obr.10



obr 11



obr 12

Legenda:

nastavený spínací tlak

skutočná hodnota spínania

skutočná hodnota rozopnutia

Spínače tlaku od firmy Dungs rôznych typov.

Manostat tlaku vzduchu typ LGW 3 A2Ps $p_{max.}$= 500 mbar firmy Dungs (hodnoty sú v mbar)

(0,9÷3,0) mbar

merané kalibrátorom s max. chybou 0,1 mbar

$p_{spínací}$	$p_{rozpínací}$	$p_{spínací}$	$p_{spínací}$	$p_{spínací}$	$p_{spínací}$	$p_{rozpínací}$
0,9	**0,6**	**1,2**	**0,9**	**1,5**	**1,8**	**1,5**
0,99	0,79	1,29	1,13	1,60	1,88	1,69
0,95	0,78	1,28	1,08	1,61	1,87	1,67
0,97	0,76	1,27	1,08	1,59	1,85	1,68
0,98	0,78	1,26	1,08	1,61	1,86	1,69
0,98	0,79	1,27	1,08	1,59	1,85	1,66
0,97	0,78	1,26	1,08	1,60	1,84	1,66
0,96	0,77	1,27	1,10	1,60	1,85	1,66
0,95	0,77	1,25	1,08	1,62	1,81	1,61
0,97	0,80	1,25	1,08	1,61	1,74	1,58
0,98	0,75	1,26	1,06	1,59	1,82	1,61
priemer						
0,97	0,78	1,27	1,09	1,60	1,84	1,65
opakovateľnosť						
0,013	0,015	0,013	0,018	0,010	0,040	0,038

$p_{spínací}$	$p_{rozpínací}$	$p_{spínací}$	$p_{spínací}$	$p_{spínací}$	$p_{spínací}$	$p_{rozpínací}$
2,1	**1,8**	**2,4**	**2,1**	**2,7**	**3,0**	**2,7**
2,20	1,98	2,55	2,34	2,82	3,17	2,97
2,19	1,96	2,55	2,34	2,82	3,17	2,97
2,12	1,95	2,57	2,39	2,82	3,14	2,95
2,18	1,95	2,54	2,34	2,81	3,16	2,96
2,14	1,99	2,55	2,36	2,84	3,18	2,97
2,12	1,93	2,54	2,34	2,81	3,17	2,96
2,16	1,98	2,53	2,30	2,81	3,15	2,95
2,17	1,95	2,56	2,34	2,78	3,17	3,00
2,13	1,95	2,53	2,32	2,78	3,17	2,95
2,12	1,92	2,54	2,34	2,81	3,13	2,95
priemer						
2,15	1,96	2,55	2,34	2,81	3,16	2,96
opakovateľnosť						
0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02

Tlakový spínač na vzduch Typ LGW 3 A2P výrobca Dungs technik SRN

Údaje podľa výrobcu Max prac. tlak 500 mbar
rozsah 0,4÷3,0 (mbar)

nast. p (mbar)	pet stúp. (mbar)
0,40	0,54
0,90	1,05
1,50	1,70
2,10	2,24
3,00	3,08

Tlakový spínač na zemný plyn Typ GW 150 A4
Údaje podľa výrobcu Max prac. tlak 500 mbar
rozsah 30÷150 (mbar)

nast. p (mbar)	pet stúp. (mbar)
30	34
60	64
90	94
120	123
150	155

PROČ POUŽÍVAT PÍSTOVÝ TLAKOMĚR PRO KALIBRACI TLAKOMĚRŮ?

IAN CARR
PRESSUREMENTS LTD

Úvod

- Firma Pressurements byly založena založena v roce 1977 bývalým vedením firmy Barnet v Albion Road, St Albans
- Mark Bryant nastoupil do firmy Pressurements na plný úvazek v r. 1980 po spolupráci s firmou od roku 1977
- Pressurements se přestěhoval do současného sídla v Dunstable na podzim 1989
- V polovině devadesátých let rozšíření sortimentu o přístroje řady V1600, 6100, C a M4000DA
- Pressurements zakoupen společností Druck Holdings Plc v únoru 1997 – Mark Bryant pokračuje jako ředitel
- Laboratoř získala v říjnu 1998 akreditaci UKAS pro tlak a hmotnost
- Společnost General Electric Industrial Systems division zakoupila Druck Holdings v červnu 2002

Úvod

Úvod

Pístové tlakoměry se používají jako primární etalony od devatenáctého století……

Úvod

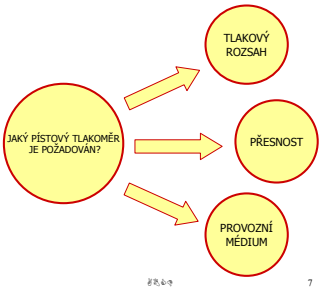
Pressurements nyní vyrábí nejširší sortiment pístových tlakoměrů ……

Výhody pístových tlakoměrů

- NEJPŘESNĚJŠÍ A NEJSTABILNĚJŠÍ PŘÍSTROJ PRO KALIBRACI TLAKU
- ZÁKLADNÍ PRIMÁRNÍ ETALON
- VĚTŠINA TYPŮ JE PŘENOSNÁ A KOMPAKTNÍ
- JISKROVĚ BEZPEČNÉ
- SNADNO POUŽITELNÉ
- NÍZKÉ NÁKLADY NA ÚDRŽBU:
  - DLOUHÉ REKALIBRAČNÍ INTERVALY
  - DLOUHÁ ŽIVOTNOST
  - LEVNÉ NÁHRADNÍ DÍLY
  - LEVNĚJŠÍ NEŽ REGULÁTORY

Kritéria výběru

- TŘI HLAVNÍ PARAMETRY :



Přesnost

- Referenční etalony mají nejistotu udávanou jako rozšířenou (k=2) nejistotu, která představuje celkovou nejistotu měření a skládá se ze všech zdrojů chyb, včetně nejistoty národní nebo mezinárodní laboratoře, na kterou je etalon navázán.
- Slovo “přesnost” používané většinou výrobců přenosných etalonů popisuje pouze krátkodobou “preciznost” přístroje. Konkrétně zahrnuje vliv chyby linearity, hystereze a opakovatelnosti. Nepředstavuje rozšířenou nejistotu přístroje.

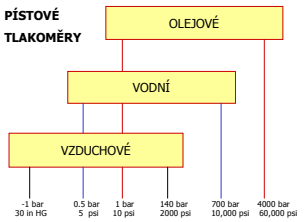
Tlakový rozsah

- Zjistěte zda etalon „bezpečně“ pokrývá požadovaný tlakový rozsah
- Zkontrolujte požadavky na min. a max. tlak
- Určete počet zařízení pokrývající požadovaný tlakový rozsah
- Tlakový rozsah také specifikuje tlakové médium
- Kapaliny – bezpečnější a snadněji použitelné při vyšší tlaku. Nejsou vhodné při nízkém tlaku a při vyšších požadavcích na čistotu
- Plyny – Upřednostňovány při vyšších požadavcích na čistotu. Výhradně se používají při nízkých tlakových hodnotách

Tlakový rozsah

- KAPALINOVÉ PÍSTOVÉ TLAKOMĚRY NEJSOU VHODNÉ PRO KALIBRACI NÍZKÉHO TLAKU – KRÁTKÁ DOBA ROTACE PÍSTU
- DVOJITÉ PÍSTOVÉ TLAKOMĚRY POKRÝVAJÍ ŠIROKÝ TLAKOVÝ ROZSAH S DOBRÝM ROZLIŠENÍM PŘI ZAČÁTKU ROZSAHU
- HORNÍ MEZ POUŽITÍ JE PRO PLYN A VODU OMEZENÁ – HORŠÍ TECHNICKÉ PARAMETRY
- MOŽNOST SPECIÁLNÍCH ROZSAHŮ

Tlakový rozsah



TLAKOVÉ MÉDIUM

OLEJ

ROBUSTNÍ

- DOBRÉ MAZIVO
- VĚTŠÍ MEZERA MEZI PÍSTEM A VÁLCEM
- SNÁŠÍ MALÝ STUPEŇ ZNEČIŠTĚNÍ (NENÍ DOPORUČENO)
- SNADNÁ ÚDRŽBA

VODA

VYŽADUJÍ OPATRNOST

- ŠPATNÉ MAZIVO
- MALÁ MEZERA MEZI PÍSTEM A VÁLCEM
- PŘED POUŽITÍM NUTNO ZABEZPEČIT VODNÍ FILM OKOLO TLAKOVÉ MĚRKY
- POUZE DESTILOVANÁ/DEIONIZOVANÁ VODA
- NESMÍ DOJÍT K ZNEČIŠTĚNÍ
- PRAVIDELNÉ ČIŠTĚNÍ TLAKOVÉ MĚRKY

VZDUCH

VYŽADUJÍ VĚTŠÍ OPATRNOST

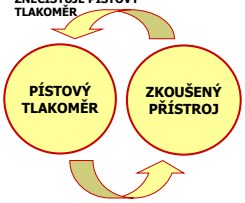
- ŠPATNÉ MAZIVO
- VELMI MALÁ MEZERA MEZI PÍSTEM A VÁLCEM
- NESMÍ DOJÍT K ZNEČISTĚNÍ
- ZDROJ TLAKU MUSÍ BÝT ČISTÝ A SUCHÝ
- ZKOUŠENÉ ZAŘÍZENÍ MUSÍ BÝT VNITŘNĚ ČISTÉ
- ČASTÉ ČIŠTĚNÍ TLAKOVÉ MĚRKY

TLAKOVÉ MÉDIUM

MÉDIA NEJSOU KOMPATIBILNÍ

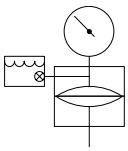
PÍSTOVÝ TLAKOMĚR ZNEČIŠŤUJE ZKOUŠENÝ PŘÍSTROJ

ZKOUŠENÝ PŘÍSTROJ ZNEČIŠŤUJE PÍSTOVÝ TLAKOMĚR



TLAKOVÉ MÉDIUM

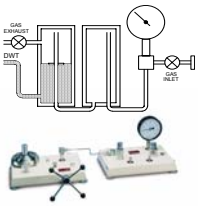
- ODDĚLOVAČ KAPALINA/KAPALINA
- MEMBRÁNA A TĚSNĚNÍ Z VITONU
- K DISPOZICI VERZE „SKYDROL“



DWT

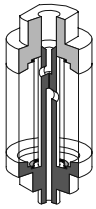
TLAKOVÉ MÉDIUM

- ODDĚLOVAČ KAPALINA/PLYN
- SNADNÁ KALIBRACE VYSOKÉHO TLAKU V PLYNECH
- VODNÍ I OLEJOVÁ VERZE



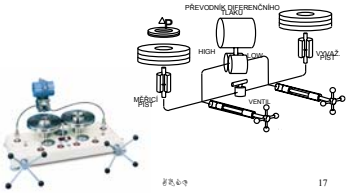
TLAKOVÉ MÉDIUM

- **ODLUČOVAČ NEČISTOT A VLHKOSTI**
- **CHRÁNÍ VZDUCHOVÝ PÍSTOVÝ TLAKOMĚR PŘED VNITŘNÍM ZNEČIŠTĚNÍM**



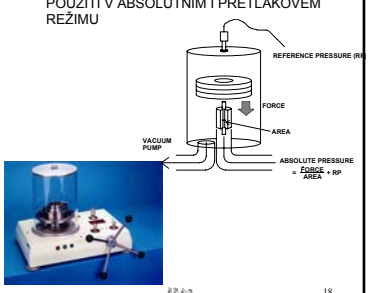
SPECIÁLNÍ APLIKACE

- DIFERENČNÍ PÍSTOVÉ TLAKOMĚRY SIMULUJÍ PŘI KALIBRACI PŘEVODNÍKŮ TLAKOVÉ DIFERENCE SKUTEČNÉ PROVOZNÍ PODMÍNKY
- OLEJOVÉ, VODNÍ NEBO PLYNOVÉ
- MOŽNOST MĚŘENÍ DIF. TLAKU V JAKÉKOLI JEDNOTCE BEZ ZÁVISLOSTI NA NASTAVENÉM STATICKÉM TLAKU



SPECIÁLNÍ APLIKACE

- PNEUMATICKÝ PÍSTOVÝ TLAKOMĚR PRO POUŽITÍ V ABSOLUTNÍM I PŘETLAKOVÉM REŽIMU



SPECIÁLNÍ APLIKACE

- LABORATORNÍ ETALON S VYSOKOU PŘESNOSTÍ
- UNIVERZÁLNÍ, MODULÁRNÍ SYSTÉM
- DODÁVÁN VČETNĚ SOFTWARE
- K DISPOZICI I VERZE PRO POROVNÁVÁNÍ DVOU PÍSTOVÝCH TLAKOMĚRŮ

ZÁVĚR

- Pístové tlakoměry se celosvětově požívají pro kalibraci sekundárních a přenosných etalonů v mnoha průmyslových i laboratorních aplikacích a stále mají významnou roli v dnešním světě digitálních regulátorů a kalibrátorů.

REFERENČNÍ ETALONY V KALIBRAČNÍ LABORATOŘI

Petr Moravec, D-Ex Limited, s.r.o.

Seminář „Metrológia tlaku - Malacky 2003“

VŠEOBECNĚ

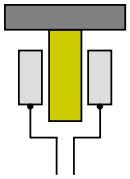
Nejčastější požadavky kalibrační laboratoře kladené na etalon tlaku:

- pokrytí co nejširšího tlakového rozsahu
- možnost použití v různých tlakových režimech (přetlak / podtlak, absolutní tlak, diferenční tlak)
- malá nejistota měření tlaku pro zajištění dostatečného odstupu vůči zkoušenému přístroji
- dostatečná stabilita (malý drift)
- jednoduchá obsluha a zaškolení
- možnost automatizace
- záznam naměřených dat a snadná dokumentace výsledků (tisk kalibračního listu)

Pístový tlakoměr, nebo digitální (přenosný) referenční tlakoměr?

- Pístové tlakoměry tradičně vítězí, protože pokrývají velmi široký tlakový rozsah s přijatelnou nejistotou (a jsou velmi stabilní).
- Pístové tlakoměry a kapalinové tlakoměry odvozují tlak přímo z hmotnosti (kg), délky (m) a času (s), takže jsou v některých případech nazývány primárními etalony (Primary Standards).
- Přenosné etalony (Transfer Standards) jsou přístroje, které opakovatelně převádí tlak na výstupní signál.
- Většina pístových tlakoměrů se ve skutečnosti používá jako sekundární etalon, protože jsou kalibrovány pomocí jiného etalonu tlaku.

VÝHODY A NEVÝHODY PÍSTOVÝCH TLAKOMĚRŮ



$$p = \frac{M \cdot g}{A_{eff}}$$

VÝHODY A NEVÝHODY PÍSTOVÝCH TLAKOMĚRŮ

1. Metrologické parametry
   - Nejistota měření může být velmi malá a obvykle se vyjadřuje z měřené hodnoty tlaku (% odečtu).
   - Stabilita a spolehlivost je vysoká. Rekalibrační interval je delší než 1 rok (typicky 2 až 3 roky).
   - Pokud je funkčně v pořádku, lze předpokládat, že je v toleranci specifikované výrobcem. ALE poškozené závaží a nesprávný součet závaží může vést k chybám.
2. Rozsahovost/univerzálnost
   - Malá nejistota měření a schopnost stabilizace tlaku umožňuje pokrytí širokého rozsahu tlaku jedním přístrojem.
   - Obvykle nepokrývá tlakový rozsah pod 1,5 kPa.
   - Může pokrývat přetlak i podtlak, ale absolutní režim vyžaduje měření atm. tlaku nebo vakuum pod zvonem.

VÝHODY A NEVÝHODY PÍSTOVÝCH TLAKOMĚRŮ

3. Použitelnost
   - Obsluha je namáhavá a pomalá. Vyžaduje nakládání a snímání závaží pro každý bod měření. Pro uvedení pístu do pracovní polohy je potřebné seřízení tlaku. V abs. režimu je nutné přerušení vakua.
   - Velmi nepraktické při zkouškách vyžadujících nastavení tlaku na přesné tlakové hodnoty – je nutno použít jemná závaží.
   - Je nutno počítat s korekcí tlakové deformace tlakové měrky a s korekcí podle okolních podmínek. Při nejnižších nejistotách nelze počítat s konstantním vztahem mezi hmotností a tlakem.
   - Plná automatizace je velmi drahá a v mnoha rozsazích není k dispozici.

PŘENOSNÉ (DIGITÁLNÍ) ETALONY TLAKU V KALIBRAČNÍ LABORATOŘI

Přenosné etalony: přístroje pro kalibraci tlaku, které používají převodník/snímač tlaku jako tlakovou referenci.

- Měří tlak přímo – bez manipulace se závažím a bez použití korekcí.
- Jsou relativně lehké a kompaktní.
- Snadno ovladatelné počítačem a mohou být plně automatizované.
- Rekalibrační interval je obvykle 1 rok nebo kratší.
- Z chování přístroje nelze rozpoznat, zda je v toleranci.

VYJADŘOVÁNÍ PŘESNOSTI/NEJISTOTY ETALONU TLAKU

Přesnost:

- obvykle se jedná pouze o kombinovanou chybu linearity, hystereze a opakovatelnosti
- nezahrnuje dlouhodobou stabilitu, vliv teploty a nejistotu kalibrace (etalonu)
- někdy platí: dlouhodobá stabilita > přesnost

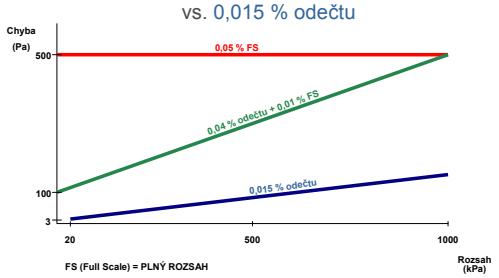
Nejistota:

- obvykle se jedná o maximální odchylku indikované hodnoty tlaku od skutečné hodnoty použitého tlaku, která zahrnuje přesnost, předpokládanou stabilitu pro daný časový úsek, vliv teploty a nejistotu kalibrace (k = 2 dle doporučení ISO nebo podobně)

VYJADŘOVÁNÍ v % ODEČTU, ROZSAHU...

Nejistota 0,05 % FS vs. 0,04 % odečtu + 0,01 % FS

vs. 0,015 % odečtu



TLAKOVÉ MÉDIUM – KAPALINA NEBO PLYN ?

Kapalina (obvykle se používá olej, výjimečně voda):

- kapalina je nestlačitelná, takže je snadné vytvořit vysoký tlak a při vysokém tlaku je v kapalině uschováno relativně málo energie (použití je bezpečnější)
- olej se velmi těžko odstraňuje ze zkoušeného přístroje
- olej má vysokou hustotu – malá odlehlost vytvoří relativně velkou odchylku tlaku (10 cm ≅ 1 kPa)
- olej je velmi dobré mazivo pro pístové tlakoměry, zvláště v rozsazích nad 1 MPa

TLAKOVÉ MÉDIUM – KAPALINA NEBO PLYN ?

Plyn (obvykle s používá dusík nebo vzduch):

- plyn je stlačitelný, takže je obtížné vytvořit vysoký tlak a při vysokém tlaku je v plynu uschováno VELMI mnoho energie (použití je nebezpečné)
- čistý plyn neznečišťuje zkoušené přístroje
- plyn má nízkou hustotu – odlehlost referenčních úrovní má relativně malý vliv (10 cm ≅ 1 Pa)
- plyn je velmi špatné mazivo pro pístové tlakoměry v rozsazích nad 10 MPa

www.dex.cz

D-Ex Limited

MTL
měřící technika do prostředí
s nebezpečím výbuchu

Alco Valves
Industrial Valve Manufacturers
ventily a ventilové soupravy

CPC Colder Products Company
plastové rychlospojky

MEDC
nevýbušné majáky a sirény

beamex
přenosné i laboratorní elektronické kalibrátory tlaku a teploty,
programové vybavení pro kalibraci

HAM-LET Valves & Fittings
HTC HI TECH COMPONENTS
kompresní šroubení a potrubní armatury

HIMA
bezpečnostní řídící systémy

BC
systémy detekce
úniku plynů

DHI
kalibrátory velmi malých průtoků plynů,
primární pístové tlakoměry,
automatické kalibrátory tlaku

APTech
ADVANCED PRESSURE TECHNOLOGY
regulátory tlaku, membránové ventily

BRONKHORST HI-TEC
měření a regulace malého hmotnostního
průtoku a tlaku

DMA
kalibrátory tlaku pro letecké přístroje

pressurements ltd
PRESSURE STANDARDS THROUGHOUT THE WORLD
průmyslové pístové tlakoměry
tlakové lisy a jejich příslušenství

KSR KUEBLER
měření výšky hladiny kapalin, limitní spínače, obtokové stavoznaky

SVCS
ultračisté systémy pro rozvody plynu
v polovodičovém průmyslu

Telematic
ochrana měřících a regulačních obvodů před přepětím

D-Ex Limited

Optátova 37 • 637 00 Brno • ČR
Tel.: 541 423 211 • Fax: 541 221 580
e-mail: info@dex.cz

Pražská 11 • 816 36 Bratislava • SR
Tel.: 02/524 994 21 • Fax: 02/524 994 24
e-mail: info@dex.sk