

Jak kalibrovat tlakoměry – 20 skutečností, které je třeba brát v úvahu

Tlakoměry (manometry) jsou přístroje běžně používané v prostředí spojitých technologických procesů i jinde. Má-li být zaručena hodnověrnost údaje tlakoměru, je třeba jej – stejně jako jakékoliv jiné měřicí zařízení – v pravidelných časových intervalech kalibrovat. Při kalibraci tlakoměru je třeba mít na zřeteli mnoho různorodých skutečností. Článek pojednává o dvaceti nejdůležitějších z nich.

Co je to tlak?

Předtím, než detailně pojednáme o skutečnostech neopomenutelných při kalibraci tlakoměru, si stručně připomeňme několik základních pojmů.

Tlak je fyzikální veličina vyjadřující poměr velikosti síly F působící kolmo na rovinnou plochu a rovnoměrně spojitě rozloženou po této ploše a velikosti této plochy A . Tlak p se tedy rovná síle F dělené plochou A , takže platí

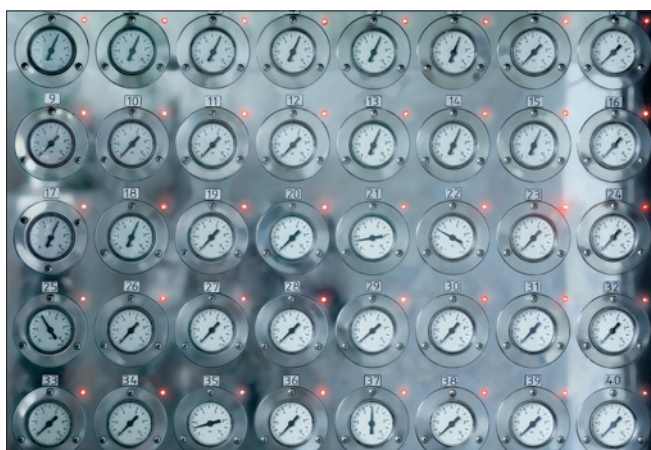
$$p = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Po celém světě se tlak měřil a měří při použití mnoha nejrůznějších jednotek tlaku, což někdy může být značně matoucí. Jednotkou tlaku používanou v současnosti v technické praxi v souladu s mezinárodní soustavou jednotek SI (*Système International d'Unités*) je pascal (Pa), což je tlak, který vyvolává síla o velikosti jednoho newtonu působící na rovinnou plochu o velikosti jednoho čtverečního metru kolmo ke směru síly, tedy $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$. Protože pascal je jednotka velmi malá, používají se v běžné praxi její násobky jako např. hekto- (hPa), kilo- (kPa) a mega- (MPa).

Dvacet neopomenutelných aspektů kalibrace tlakoměru jednotlivě diskutovaných v článku:

1. Třídy přesnosti
2. Tlaková média
3. Znečištění
4. Rozdíl výšek (odlehlost)
5. Zkouška těsnosti aparatury
6. Adiabatický děj
7. Krouticí moment
8. Poloha při kalibraci/po namontování
9. Generování tlaku
10. Tlakování/„rozcvičování“ tlakoměru
11. Čtení údaje tlakoměru (rozlišení)
12. Počet kalibračních bodů
13. Hystereze (směr změny tlaku)
14. Poklepání na tlakoměr
15. Počet cyklů při kalibraci (opakovatelnost)
16. Seřízení/korekce
17. Dokumentace – kalibrační list
18. Provozní podmínky
19. Metrologická návaznost
20. Nejistota kalibrace

Další informace o tlaku a různých jednotkách tlaku a jejich původu lze nalézt v češtině na <https://www.kalibratory.cz/prehled-jednotek-tlaku/> a anglicky na <https://blog.beamex.com/pressure-units-and-pressure-unit-conversion>. Nástroj ke vzájemným převodům



Obr. 1. Tlakoměry se v provozu používají většinou jednotlivě, ale vyskytují se jejich rozsáhlé provozní sestavy

jednotek tlaku je pod názvem *Pressure unit converter* k dispozici online na <https://www.beamex.com/us/resources/>.

Druhy tlaku

Rozlišuje se několik různých druhů tlaku: přetlak (proti atmosférickému tlaku, *gauge pressure*), absolutní tlak (*absolute pressure*), vakuum (podtlak; *vacuum*), rozdíl tlaků (diferenční tlak; *differential pressure*) a atmosférický tlak (*barometric pressure*). Hlavní rozdíl mezi uvedenými druhy tlaku spočívá v referenčním bodu, ke kterému se měřený tlak vztahuje. Pro všechny uvedené typy tlaku jsou také dostupné patřičné tlakoměry. Existují i tlakoměry s kombinovanou stupnicí k měření jak přetlaku, tak i podtlaku (negativního přetlaku).

Podrobnější informace o druzích tlaku lze nalézt na <https://blog.beamex.com/pressure-calibration-basics-pressure-types>.

Tlakoměry (manometry)

Mluví-li se o tlakoměrech (manometrech), zpravidla se myslí analogové indikátory tlaku s ukazovatelem a číselníkem se stupnicí vyzna-

čenou v jednotkách tlaku. Běžně se tlakoměry vyrábějí v provedení podle normy EN 837 (obr. 1). Jako senzor (čidlo) tlaku se v analogových tlakoměrech obvykle používá Bourdonova trubice, membrána nebo tlakoměrná krabice (deformační tlakoměry). Dále přístroj obsahuje mechanickou konstrukci převádějící výchylku čidla tlaku na polohu ukazatele vzhledem ke stupnici přístroje.

Tlakoměry se dělí do různých tříd přesnosti, specifikujících přesnost přístroje i další jeho vlastnosti. Dostupné měřicí rozsahy jsou

typicky uspořádány v krocích s koeficienty 1; 1,6; 2,5; 4 a 6 pokračujících v další dekadě (10, 16, 25, 40 a 60) atd. Průměry tlakoměru (číselníků se stupnicí) jsou typicky 40, 50, 63, 80, 100, 115, 160 a 250 mm. Přesnější tlakoměry mají zpravidla číselník o větším průměru.

K tlakovému potrubí (zdroji tlaku) se tlakoměry obvykle připojují při použití trubkového závitů, válcového (G) podle normy ISO 228-1

nebo kuželového (NPT) podle normy ANSI/ASME B1.20.1.

Existují také digitální tlakoměry, které namísto analogové indikace tlaku mají indikátor číslicový. Těm se tento se článek zvláště nevěnuje, nicméně většina zde uvedených principů platí obecně, tedy pro tlakoměry analogové i digitální.

Tlakoměry se všeobecně používají ve všech odvětvích průmyslu, a tudíž je i běžná potřeba je kalibrovat. Aby bylo zaručeno, že měří správně, je tlakoměr zapotřebí, stejně jako každé jiné měřicí zařízení, v pravidelných časových intervalech kalibrovat. Tlakoměry jsou, jako mechanická zařízení, ohroženy mj. driftem v důsledku mechanického napětí, jemuž jsou jejich části za provozu vystaveny.

Důvody, proč je třeba přístroje, včetně tlakoměru, kalibrovat, jsou shrnuty v *textu Why calibrate?* na <https://blog.beamex.com/2015/11/27/why-calibrate> (viz také článek *Proč kalibrovat? Význam kalibrace* v časopise Automa č. 12/2018, str. 34 až 35).

Diskusi na téma jak často je přístroje třeba kalibrovat lze nalézt na <https://blog.beamex.com/2016/01/07/how-often-should-instruments-be-calibrated>.

Základní princip kalibrace

Je-li třeba co nejstručněji popsat operaci kalibrace tlakoměru, lze říci, že při kalibrování tlakoměru se na jeho tlakový vstup zavede uživateli přesně známý tlak a odečte se na číselníku údaj přístroje, obě hodnoty se zaznamenají a poté porovnají. Rozdíl mezi údajem tlakoměru a přesně známou hodnotou tlaku je chyba přístroje, která musí být menší než přesnost požadovaná od přístroje.

Dvacet skutečností, které je třeba brát v úvahu

V následující části článku obsahuje komentáře ke dvaceti nejdůležitějším ze skutečností, které je při kalibraci tlakoměru třeba brát v úvahu.

1. Třídy přesnosti

Tlakoměry jsou nabízeny v mnoha různých třídách přesnosti, jak jsou specifikovány v normách EN 837 (třídy přesnosti od 0,1 do 4 % z rozsahu). Zpravidla používaná specifikace třídy přesnosti údajem uvedeným jako „procenta z rozsahu“ znamená, že jestliže tlakoměr je např. třídy přesnosti 1 a jeho stupnice má rozsah od nuly do 100 kPa, je přesnost přístroje 1 kPa. Vždy je třeba zjistit třídu přesnosti přístroje, který bude kalibrován. Jde o údaj, jenž nejen informuje o očekávané úrovni přesnosti měření, ale také má vliv na vlastní postup při kalibraci.

2. Tlaková média

Při kalibraci tlakoměrů se jako tlakové médium používají plyny nebo kapaliny. Plynem je nejčastěji obyčejný vzduch, i když v některých úlohách se používají i jiné plyny, např. dusík. Kapaliny jsou nejčastěji voda nebo olej. Výběr tlakového média pro kalibraci závisí na tom, jaké médium je použito v technologickém zařízení, k němuž bude kalibrován tlakoměr posléze připojen, a také na rozsahu tlaku média. Tlakoměry pro měření malých tlaků je vhodné kalibrovat při použití vzduchu nebo jiného plynu, s rostoucí horní mezí tlaku je účelnější a bezpečnější použít jako kalibrační médium kapalinu. Je-li tlakovým médiem plyn, neměla by se v kalibračním systému nacházet žádná kapalina. Naopak při kalibraci kapalinou by měl být systém dostatečně odvzdušněn.

3. Znečištění

Při použití v provozu je tlakoměr připojen na určitý druh tlakového média, k čemuž je třeba při výběru média pro kalibraci přihlídnout. Při kalibraci se nesmějí používat tlaková média, která by po zpětné instalaci tlakoměru na technologické zařízení mohla způsobit potíže. A také naopak, někdy mohou provozní média škodit kalibračnímu zařízení.

Uvnitř tlakoměru se mohou nacházet nečistoty, které se mohou z přístroje dostat do kalibračního zařízení a poškodit je. U tlakoměrů měřících tlaky plynů lze použít odlučovače nečistot a vlhkosti, avšak tlakoměry měřící tlaky kapalin nezbyvá než před kalibrací uvnitř vyčistit výplachem.

Jednu z mezních provozních situací představují tlakoměry určené k měření tlaku kyslíku. Dostane-li se do vysokotlaké kyslíkové instalace při kalibraci sebenepatrnější množství mastnoty, může to být velmi nebezpečné s hrozcím nebezpečím výbuchu.

4. Rozdíl výšek (odlehlost)

Nenacházejí-li se kalibrační zařízení a kalibrováný tlakoměr v téže výšce nad povrchem země, mohou vlivem hydrostatického tlaku média v kalibrační aparatuře, vyvolaného působením zemské tíže, vzniknout chyby. Je-li jako tlakové médium použit plyn, který je obecně mnohem lehčí než jakákoliv kapalina, není vliv rozdílu ve výšce za běžných okolností třeba uvažovat. Jiná situace však nastává při kalibraci s použitím kapaliny, kdy rozdíl hydrostatických tlaků v kapalině v aparatuře na různých výškových hladinách není zanedbatelný a může zapříčinit chyby při kalibraci. Velikost chyby závisí na hustotě použité kapaliny a rozdílu výšek. Nelze-li při kalibraci s použitím kapaliny umístit kalibrační zařízení a tlakoměr do téže výšky, je třeba vliv rozdílu výšek vypočítat a zahrnout do výsledku kalibrace.

Příklad vlivu hydrostatického tlaku

Hydrostatický tlak se určí podle vztahu

$$p_h = \rho g h \quad (2)$$

kde:

p_h je hydrostatický tlak (Pa),

ρ hustota kapaliny ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$),

g místní tíhové zrychlení ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$),

h rozdíl výšek (m).

Je-li např. tlakovým médiem voda (hustota $997,56 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) a místní tíhové zrychlení je $9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, je při rozdílu výšek mezi kalibrováním tlakoměrem a kalibračním zařízením 1 m do procesu kalibrace zavlečena chyba o velikosti 9,8 kPa (98 mbar).

Povšimněte si, že chyba způsobená rozdílem výšek může být i velmi významná, v závislosti na velikosti tlaku, který se má měřit.

5. Zkouška těsnosti aparatury

Vyskytnou-li se při kalibraci v aparatuře jakékoliv netěsnosti, může dojít k nepředvídatelným chybám. Před vlastní kalibrací je tudíž třeba ověřit těsnost celé sestavy kalibračního zařízení. Nejjednodušší způsob, jak provést zkoušku těsnosti, je natlakovat celou kalibrační sestavu na určitý tlak a poté po určité době sledovat, nakolik tlak v čase klesá. Některá kalibrační zařízení (regulátory

tlaku s funkcí spojitého udržování nastaveného tlaku) jsou schopna udržovat konstantní tlak i při výskytu netěsnosti. V takovém případě je obtížné netěsnost zjistit. Pak je třeba regulátor odpojit a ověřit těsnost vzniklé uzavřené soustavy. Jako vždy u uzavřené soustavy je přitom třeba vzít v úvahu adiabatický děj, zejména je-li kalibračním médiem plyn (viz dále).

6. Adiabatický děj

V uzavřené nádobě, zde reprezentované kalibrační sestavou, obsahující plyn, ovlivňuje teplota plynu jeho objem a tím také tlak.

Při rychlém nárůstu tlaku v sestavě vzroste teplota plynu a ten má snahu expandovat, tedy zaujmout větší objem, což při uzavřené soustavě s neměnným objemem vede k dalšímu zvýšení tlaku. Začne-li následně teplota klesat, plyn svůj objem zmenšuje, což se projeví poklesem tlaku v sestavě. Tento pokles tlaku se navenek může jevit jako netěsnost, nicméně ve skutečnosti je jeho příčinou adiabatický děj v důsledku změny teploty plynu. Čím rychleji se mění tlak, tím je výsledný efekt větší. Změna tlaku plynu způsobená tímto jevem se s tím, jak se stabilizuje teplota plynu, postupně zmenšuje. Takže mění-li uživatel tlak rychle, je třeba kalibrační sestavu předtím, než usoudí na netěsnost, poněkud vždy chvilku stabilizovat.

7. Krouticí moment

Tlakoměry mohou být citlivé na namáhání krutem. Při připojování přívodu tlaku je proto nutné vyhnout se použití nadměrné síly (krouticího momentu), neboť by mohl být přístroj poškozen. Co se týče přípustného krouticího momentu, je třeba se řídit pokyny výrobce. Dostatečnou pozornost a dobu je rovněž třeba věnovat výběru správného náradí a patřičných adaptérů a těsnění.

8. Poloha při kalibraci/po namontování

Protože tlakoměry jsou mechanické přístroje, bude jejich údaj ovlivněn jejich polohou. Proto se doporučuje kalibrovat tlakoměr v téže poloze, ve které bude použit v provozu. V úvahu je také třeba brát doporučení výrobce ohledně provozní/montážní polohy.

Pokud jde o montážní polohu, EN 837-1, část 10, říká: „Číselník musí být ve jmenovité poloze $\pm 3^\circ$.“

9. Generování tlaku

Ke kalibrování tlakoměru je třeba mít k dispozici zdroj tlaku média přiváděného do přístroje. Potřebný zdroj lze realizovat různými způsoby: je možné použít ruční zkušební tlakovou pumpu, regulátor tlaku s tlakovou nádobou, popř. pístový tlakoměr. Pístový tlakoměr generuje tlak velmi přesně a ke své funkci nevyžaduje samostatný kalibrační tla-

koměr. Jde však o zařízení nákladné, nepříliš mobilní, vyžadující velmi pečlivou obsluhu a citlivé na znečištění. Mnohem obvyklejší je generovat tlak ruční zkušební tlakovou pumpou a měřit ho přesným zařízením pro měření tlaku (kalibrátorem). Jako zdroj tlaku lze použít též regulátor tlaku.

10. Tlakování/„rozcvičování“ tlakoměru

U tlakoměru, v důsledku jeho mechanické konstrukce, se bude vždy vyskytovat určité tření mezi jeho pohyblivými částmi, a přístroj tak může v čase měnit své vlastnosti. Proto je ho třeba před kalibrací tzv. rozcvičit. Důležité je to zejména tehdy, ležel-li přístroj nějakou dobu nepoužíván. K rozcvičení se přístroj připojí na jmenovitý maximální tlak, nechá se tak asi minutu, poté se tlak uvolní a opět se asi minutu počká. Tuto proceduru je třeba před započítáním vlastní kalibrace zopakovat dvakrát až třikrát.

11. Odečet hodnoty tlaku (rozlišení)

Stupnice na číselnících tlakoměrů se vyznačují omezenou čitelností. Jsou vyznačeny velkými a malými značkami, jestliže se však ukazovatel nachází mezi značkami, není snadné údaj tlakoměru přesně stanovit. Mnohem snazší je určit, kdy je ukazovatel v přesné koincidenci se značkou na stupnici. Proto se doporučuje nastavit vstupní tlak tak, aby se ukazovatel nacházel přesně nad značkou na stupnici kalibrovaného tlakoměru, a poté zaznamenat odpovídající hodnotu vstupního tlaku. Jestliže se do kalibrovaného tlakoměru jen zavede určitý přesně známý tlak a poté se odečítá údaj (poloha ukazovatele) na stupnici, v důsledku omezené přesnosti odečtu ze stupnice se uživatel nevyhne chybě (obr. 2).

Důležité je také sledovat polohu ukazovatele ze směru kolmého k rovině číselníku tlakoměru, a to k vyloučení chyby paralaxy (obr. 3). Mnoho přesných přístrojů má podél stupnice pod ukazovatelem umístěno odrazné zrcadlo pomáhající přesně přečíst údaj přístroje: na číselník je třeba se dívat tak, aby obraz ukazovatele v zrcadle byl přesně v zákrytu za skutečným ukazovatelem. V tom okamžiku je jisté, že na číselník přístroje uživatel právě hledí kolmo.

Má-li tlakoměr digitální displej, je z hlediska přesnosti odečtu situace zcela jiná.

12. Počet kalibračních bodů

Pro různé třídy přesnosti tlakoměrů jsou stanoveny různé počty kalibračních bodů (úrovní), v nichž se přístroje kalibrují.

U nejpresnějších přístrojů (třídy přesnosti lepší než 0,05) se musí používat „úplný ka-

librační postup“ a kalibraci je třeba provést v jedenácti kalibračních bodech rovnoměrně rozmístěných přes celý měřicí rozsah (nulový bod plus deset kroků po 10 % rozsahu) a se třemi úplnými cykly maximálního zatížení a poté úplného odlehčení tlakoměru. U tlakoměrů středních tříd přesnosti (0,05 až 0,5) se použije „standardní kalibrační postup“, také s jedenácti kalibračními body, ale s menším počtem cyklů. U méně přesných tlakoměrů (třída přesnosti rovnající se nebo větší



Obr. 2. Údaj tlakoměru zobrazeného vlevo není snadné přečíst úplně přesně, protože jeho ukazatel se nachází mezi značkami na stupnici; naproti tomu údaj tlakoměru napravo, jehož vstupní tlak je nastaven tak, že ukazatel je v koincidenci se značkou stupnice, je jednoznačný

než 0,5) se uplatní „základní kalibrační postup“ se šesti kalibračními body (nulový bod plus pět kroků po 20 % rozsahu) a jedním cyklem zatížení přístroje. Deformační tlakoměry jsou od třídy přesnosti 0,1; uvedené postupy však platí pro i pro jiné než deformační tlakoměry.



Obr. 3. K přesnému přečtení údaje ručičkového tlakoměru je důležité dívat se na číselník přístroje z kolmého směru

V praxi se tlakoměry někdy kalibrují při menším počtu kalibračních bodů, než je uvedeno. O hysterezi je pojednáno dále; zde pouze poznamenejme, že k tomu, aby ji bylo možné odhalit, je nutné kalibraci provést s přiblížením se kalibračním úrovním jak zdola (růst tlaku), tak i shora (klesání tlaku). Počet kalibračních bodů a cyklů závisí také na typu úlohy, její kritičnosti a na požadované přesnosti měření.

13. Hystereze (směr změny tlaku)

Tlakoměry jsou mechanické konstrukce a jako takové mají jistou hysterezi. To znamená, že údaj přístroje je různý podle toho, zda se uživatel ke zvolené kalibrační úrovni přiblíží „zdola“ (při zvyšování), nebo „shora“ (při snižování tlaku média). Aby bylo možné hysterezi kvantifikovat, je tlakoměr třeba kalibrovat ve zvolených kalibračních bodech v cyklech nejprve postupného zvyšování a poté snižování tlaku. Přitom je nutné měnit tlak v obou fázích cyklu nahoru/dolů výhradně v jednom směru. Například ve vzestupné fázi kalibračního cyklu se nesmí ve snaze jemně nastavit tlak na požadovanou kalibrační úroveň dopustit jeho být sebemenší pokles, jinak se ztratí veškerá informace o hysterezi. Jestliže např. rostoucí tlak překročí požadovaný (cílový) kalibrační bod, je třeba vrátit se s tlakem zpět a poté ho opět zvětšovat až do dosažení cílového bodu (a opačně při snižování tlaku).

14. Poklepání na tlakoměr

Na mechanické tlakoměry je někdy vhodné jemně poklepat, aby se uvolnily případné třecí síly či vyrovnal pokles pružnosti dílů v mechanismu. Zejména je třeba učinit tak tehdy, jestliže přístroj dosud neprošel běžným použitím v provozu. Při kalibraci lze poté, co se stabilizoval vstupní tlak, jemně poklepat na pouzdro přístroje a sledovat, zda se jeho údaj změní. Poklepání musí být natolik jemné, aby nemohlo přístroj poškodit.

15. Počet cyklů při kalibraci (opakovatelnost)

Při kalibraci se jednotlivé kalibrační cykly několikrát opakují, a to za účelem zjistit tzv. opakovatelnost kalibrovaného tlakoměru. Má-li kalibrovaný přístroj špatnou opakovatelnost, poskytne při jednotlivých kalibračních cyklech různé výsledky. Kalibruje-li se přístroj jen v jednom kalibračním cyklu, nelze získat informaci o opakovatelnosti, a tudíž ani o skutečném chování přístroje. Ty nejpřesnější tlakoměry je třeba kalibrovat ve třech kalibračních cyklech. Při výrobě tlakoměrů se opakovatelnost často ověřuje během typových zkoušek určitého typu (provedení, modelu) přístroje, jehož typická hodnota opakovatelnosti je tudíž známa. V takové situaci lze při kalibraci vystačit jen s jedním kalibračním cyklem v kombinaci s odkazem na opakovatelnost uváděnou pro ten který typ přístroje.

16. Seřízení/korekce

Jestliže výsledky kalibrace provedené za aktuálního stavu přístroje ukazují, že tlakoměr nevyhovuje stran požadované přesnosti, je třeba s tím něco udělat. Většinou přístroj vyžaduje seřízení, po němž se bude opět na-

cházet v daném tolerančním pásmu. Ke zjištění a zaznamenání stavu, ve kterém se přístroj nachází po seřízení, je třeba jej znovu zkalibrovat.

Není-li možné dotýknout se přístroje, je zapotřebí určit korekční součinitel, který se pak musí používat v běžném provozu. Lze oprávněně očekávat, že toto způsobí určitou provozní obtíž. Vykazuje-li tlakoměr velkou chybu, je nejlepší jej opravit nebo vyměnit a nepokoušet se o jeho seřízení. Je totiž nanejvýš pravděpodobné, že jeho budoucí chování bude nestabilní.

17. Dokumentace – kalibrační list

Jedním z rozhodujících aspektů při kalibraci je zdokumentování výsledků kalibrace v podobě protokolu – kalibračního listu. Kalibrační list musí obsahovat hodnoty referenčního tlaku a odpovídající údaje přístroje a také výpočet chyby (rozdíl mezi údajem přístroje a referenčním tlakem). K tomu musí kalibrační list obsahovat ještě další údaje, které jsou určeny normami a platnými směrnici, včetně údajů o nejistotě kalibrace.

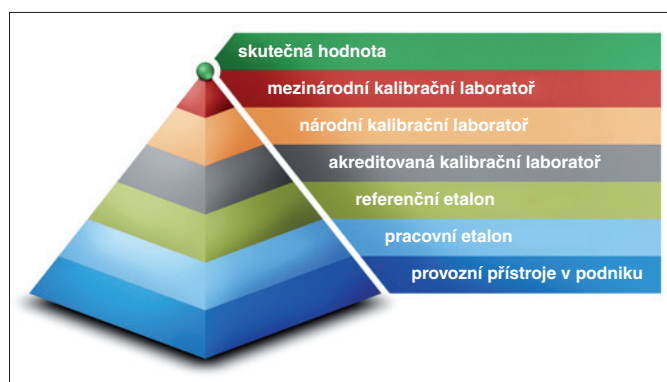
Při manuální tvorbě kalibračního listu se zapisují údaje tlakoměru a jim příslušející hodnoty tlaku na papír a poté se manuálně vypočítá chyba. Lze rovněž použít automatizované kalibrační zařízení, které samočinně zaznamená údaje z kalibrace, provede potřebné výpočty a tyto úplné výsledky předá do počítače do kalibračního softwaru k uložení či vytisknutí.

Více o tzv. dokumentačním kalibrátoru a jeho určení a funkcích se lze dozvědět na adrese <https://blog.beamex.com/what-is-a-documenting-calibrator-and-how-do-you-benefit-from-using-one>.

18. Provozní podmínky

U většiny tlakoměrů výrobci specifikují vliv teploty na přístroj, který je také nutné brát v úvahu. Tlakoměry se nejčastěji kalibrují při normální pokojové (laboratorní) teplotě, avšak provozovány mohou být při teplotě i výrazně jiné. Tento rozdíl teplot může být příčinou rozdílu mezi přesností přístroje zjištěnou při kalibraci a přesností dosahovanou při jeho použití v provozu.

Provozní podmínky (teplota a vlhkost okolního prostředí) při kalibraci musí být uvedeny v kalibračním listu.



Obr. 4. Pyramida metrologické návaznosti

19. Metrologická návaznost

Stejně jako u každé kalibrace je i při kalibraci tlakoměru třeba zaručit, že etalon použitý k měření tlaku kalibračního média zavedeného do kalibrovaného tlakoměru má platný kalibrační list a že jeho kalibrace je navázána na odpovídající etalony vyšších úrovní (princip metrologické návaznosti podle obr. 4).

Podrobnější informace o významu metrologické návaznosti při kalibraci lze nalézt na adrese <https://blog.beamex.com/metrological-traceability-in-calibration-are-you-traceable>.

20. Nejistota kalibrace

U každé kalibrace je třeba mít vědomost o celkové nejistotě kalibračních měření, jinak nebude mít získaný výsledek valnou hodnotu. Potřeba a význam znalosti nejistoty kalibrace zjevně rostou a tento koncept je také stále častěji začleňován do příslušných norem a směrnic.

Další informace a pro praxi vhodný přístup k nejistotě měření a kalibrace lze nalézt na adrese <https://blog.beamex.com/calibration-uncertainty-for-dummies>.

Z anglického originálu *Beamex Calibration White Paper: How to calibrate pressure gauges – 20 things you should consider*, Beamex, 2018; dostupné na <https://blog.beamex.com/how-to-calibrate-pressure-gauges>. Překlad a úprava redakce; publikováno se souhlasem firmy Kalibrátory, s. r. o.

(Beamex Calibration)

Beamex MC6-Ex

Nový jiskrově bezpečný provozní kalibrátor a komunikátor!



www.beamex.com
info@beamex.com

beamex
A BETTER WAY TO CALIBRATE

- ATEX a IECEx certifikace pro všechny zóny v prostředí s nebezpečím výbuchu.
- Velmi přesný kalibrátor dodávaný s kalibračním listem z akreditované kalibrační laboratoře.
- Umožňuje plně elektronický a automatizovaný postup kalibrace.
- Vestavěný provozní komunikátor pro protokoly HART, FOUNDATION Fieldbus a Profibus.
- Multifunkční provozní kalibrátor tlaku, teploty a elektrických veličin.

Kalibrátory, s.r.o.
info@kalibratory.cz
www.kalibratory.cz