

Vyhovuje měřidlo specifikaci?

doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Dr. Ing. Pavel Horský

Úvod

Jak je to se splněním specifikace měřidla? Vědět, zda přístroj splňuje očekávané požadavky, je základní potřeba při měření, a proto se zadávají opakované kalibrace měřidel. Zadávatel kalibrace potřebuje vyjádření o splnění specifikace (o shodě), jako nejrychlejší závěr o stavu kalibrovaného přístroje. Je třeba si uvědomit, že i specifikaci dělal člověk, vyvo-
já, a ta nemusí být ani při výrobě kontrolována v celém rozsahu, proto má kalibrace určující význam pro možnost určit přesnost měření.

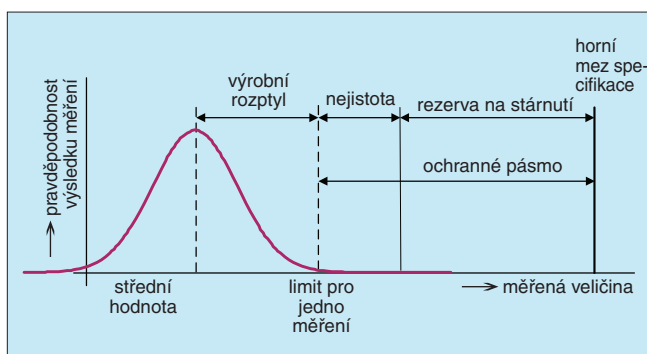
Kalibrační laboratoře by měly v souladu s dokumentem ILAC – G8:03/2009 [1], bude-li to od nich požadováno, vyhovět požadavkům normy ISO/IEC 17025 [13] a poskytnout zákazníkům vyjádření o výsledcích měření, jejich nejistotě i o posouzení shody se specifikacemi. Pro kalibrační laboratoře požaduje norma ISO/IEC 17025:2005 (odstavec 5.10.4.2), aby: „Jestliže bylo vypracováno vyjádření o souladu se specifikací, musí být identifikováno, která ustanovení specifikace jsou splněna a která nejsou splněna“. Výsledek měření a jeho nejistotu je přípustné v protokolu vynechat, jen jsou-li zachovány pro případné budoucí použití. Zvláště je nutné dbát na uvedení přesného zdroje, odkud byla specifikace citována, protože často se specifikace na internetu a v doprovodné dokumentaci pro různé doby výroby přístroje liší. Může se stát i to, že nejistota dosažená pro danou kalibraci je větší než příslušná specifikace kalibrovaného zařízení. V takových situacích jde o otázku smluvního kontraktu mezi laboratorii a jejím zákazníkem. Stanovisko ohledně shody by za těchto okolností nemělo být vydáno, je však možné uvést poznámku ohledně indikovaných nejistot měření pro dané naměřené hodnoty, které jsou větší než požadované specifikace kalibrovaného zařízení. Výklad nabízený v ILAC – G8:03/2009 [1] i M 3003 UKAS [2] je založen na předpokladu, že příslušný výsledek měření má v podstatě normální rozdělení. V některých kalibracích ale nemusí být tento předpoklad platný. V takových případech nemusí být použit ILAC – G8:03/2009 nebo M 3003 odpovídající a kalibrační laboratoř by měla odkázat na jiné směrnice pro výpočty týkající se shody se specifikacemi.

Co je to specifikace?

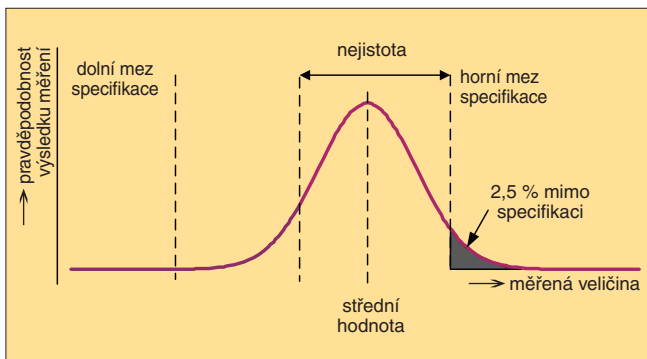
Základní otázka v této souvislosti je, co je to specifikace. Žádný metrologický dokument nebo slovník ji nedefinuje. Obsáhlou definici specifikace lze nalézt v obchodním slovníku [7]. Z ní kalibrační laboratoře zajímá jen ta část, v níž je uvedeno, že technické specifi-

ce vyjadřují úroveň výkonnosti jednotlivých výrobků, ve které se stanoví hranice (parametry), která se skládá z nominální (požadované) hodnoty a tolerance (přípustná odchylka z nominální hodnoty).

Hodnocením shody se specifikovanými požadavky se zabývá i norma ČSN ISO 10576 [11]. Podle této normy existuje požadavek, jímž může být specifikace výrobce, technická norma, postup, výkres, smlouva atd. Shoda je interpretována jako splnění tohoto požadavku, neshoda jako nesplnění tohoto požadavku.



Obr. 1. Princip tvorby specifikace měřidla (nakreslena je jen horní mez specifikace)



Obr. 2. Plnění specifikace

Specifikace a výroba

Výrobce tvoří specifikaci na základě znalostí funkčních bloků přístroje a jejich prověření při výrobě, zkušeností a s uvažováním výrobní rezervy na vlivy prostředí a časový drift [4], [8]. Různí výrobci mají různé přístupy k rezervě plnění specifikace při výrobě.

Na obr. 1 je ukázán princip tvorby specifikace. Meze specifikace se stanovují na základě známého výrobního rozptylu, nejistoty měření při nastavení a kalibraci a ochranného pásma, stanoveného podle různých měřítek. Ochranné pásmo by mělo v každém případě zahrnovat rezervu na stárnutí

a podle uvážení výrobce jsou možné i další složky ochranného pásma. Jednotlivé komponenty sčítají někteří výrobci lineárně, jiní jako odmocninu ze součtu kvadrátů jednotlivých složek.

Teorie vyjádření shody se specifikací

Rozložení naměřených hodnot spojené s naměřeným výsledkem má obvykle formu normálního, resp. Gaussova rozdělení pravděpodobnosti, vystředěnou okolo deklarované hodnoty měřené veličiny. Jestliže vý-

sledek měření a jeho okolí v rámci rozdělení leží uvnitř limitů specifikace, je zřejmé, že zde jde o splnění specifikace. Opačně, jestliže výsledek a jeho okolí leží mimo specifikovaný limit, nebylo požadavkům specifikace vyhověno.

„Ideální“ normální rozdělení ale přechází ve svých krajních mezích do nekonečna v obou směrech, což vždy vytváří určitou pochybnost, zda bylo, nebo nebylo dosaženo shody. V praxi je ale vyhodnocení nejistoty vždy založeno jen na konečném počtu příspěvků a tím jsou ohra-
ničeny zbytkové úseky rozdělení, které přesahují deklarovanou hodnotu.

Přesto ale může nastat případ, kdy jedna nebo obě strany rozdělení výrazně přesahují specifikované limi-

ty. To znamená, že úvahy je nutné vztahovat k ploše rozdělení obsažené uvnitř limitů, které jsou zkoumány z hlediska shody se specifikací. Z toho plyne, že shoda nebo neshoda mohou být stanoveny pouze v návaznosti na přiřazenou úroveň pravděpodobnosti. Je to proto, že vždy je možné, že jedna nebo obě strany rozdělení přesáhnou dané meze specifikace. Příslušná znázornění a vysvětlení jsou ilustrována na obr. 2.

Vzhledem k tomu, že rozšířená nejistota je normálně vyjádřena pro pravděpodobnost asi 95 %, je obecně uznanou praxí, že stanovisko ohledně shody je na stejné úrovni pravděpodobnosti.

Je-li toto případ pro danou situaci, je porovnání rozšířené nejistoty s koeficientem pokrytí $k = 2$ se specifikovaným limitem přehnaně pesimistické. Obvykle je předmětem porovnání s limitem specifikace pouze jeden konec rozdělení pravděpodobnosti. Kdyby nastal případ, že nejistota je malá v porovnání se specifikací, a to je obvyklý a požadovaný stav, plocha rozdělení pravděpodobnosti na druhém konci již bude ve specifikovaném limitu. Tím zde bude získána úroveň pravděpodobnosti 97,5 %, popř. větší.

Poměr nejistot při kalibraci a shoda se specifikací

Poměr nejistoty, se kterou jsou známy vlastnosti etalonu, a nejistoty, se kterou má měřit kalibrovaný přístroj, je velmi důležitý. Pro nejistotu měření U a zadaný interval povolené specifikace $2T$, kde $T = (\text{horní mez} - \text{dolní mez})/2$, je definován poměr nejistoty etalonu ke specifikaci kalibrovaného měřidla TUR.

Poměr U/T (TUR) je měřítkem schopnosti kalibrace pro potvrzení shody se specifikací. Jak je vysvětleno na obr. 3, platí shoda se specifikací pro všechny naměřené hodnoty ležící v rozmezí od [dolní mez + U] až po [horní mez – U]. Má-li U/T hodnotu 1 : 3, interval mezi [dolní mez + U] a [horní mez – U] bude po odečtení nejistot 66,7 % z intervalu $2T$. TUR 1/3 je obvykle brán jako referenční hodnota [12]. Menší dosažená hodnota TUR je výhodná, větší TUR (poměr U/T) lze tolerovat jen ve výjimečných případech [12]. Za plně vyhovující pro podstatnou většinu případů z praxe je považováno dosažení nejméně TUR 1 : 4.

Vyjádření shody v kalibračním listu

Je-li dosaženo shody se specifikací, mělo by být zákazníkovi z kalibračního listu jasné, jaká pravděpodobnost pokrytí pro rozšířenou nejistotu byla použita. Obecně se používá pravděpodobnost pokrytí 95 %, a vyjádření by proto mělo obsahovat poznámku ve smyslu, že: „Vyjádření shody je založeno na pravděpodobnosti pokrytí 95 % pro rozšířenou nejistotu.“ Jiné hodnoty pravděpodobnosti pokrytí pro rozšířenou nejistotu by měly být dohodnuty mezi laboratoří a zákazníkem předem. Je možné zvolit pravděpodobnosti pokrytí pro rozšířenou nejistotu vyšší než 95 %, avšak nižší hodnoty by neměly být použity, ale nejsou obecně zakázány (obráz. 4).

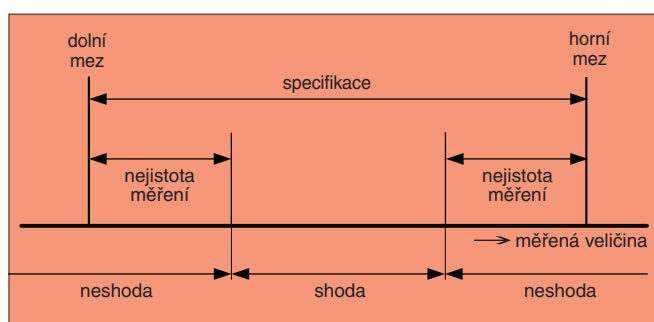
Doporučuje se vyjádření, že v měřeném bodě přístroj *vyhovuje*, *nevyhovuje* nebo *není možné vyjádřit shodu za použití*

pravděpodobnosti pokrytí 95 % pro rozšířenou nejistotu.

Jestliže vyhodnocení shody se specifikací obsahuje více veličin (nebo měřených parametrů), měla by být každá naměřená hodnota vyhodnocována nezávisle. Výsledek každého vyhodnocení by měl být uveden.

Celkové hodnocení shody s požadavky nebo specifikací může být formulováno jako:

- všechny naměřené hodnoty jsou ve shodě s mezi danou specifikací (mezemi),
- pro některé z naměřených hodnot není možné učinit vyjádření o shodě se specifikací,
- některé z naměřených hodnot nejsou ve shodě se specifikací,
- vyjádření shody se specifikací (nebo požadavkem) je založeno na pravděpodobnosti



Obr. 3. Zúžení pásma shody vlivem nejistoty měření podle ILAC – G8/2009 a APLAC TC 004 [12]

ti pokrytí 95 % pro rozšířenou nejistotu výsledků měření, na nichž je založeno rozhodnutí o shodě.

Vyjádření by mělo jasně uvádět, zda byly mezi laboratoří a zákazníkem dohodnuty jiné hodnoty pravděpodobnosti pokrytí pro rozšířenou nejistotu, nebo by se mělo odkázat na příslušné předpisy či soubor zásad.

Pozornost musí být věnována i tomu, aby kalibrační list nevyvolal dojem, že i neměřené parametry vyhovují specifikaci. Proto by se nemělo psát obecné stanovisko „zařízení vyhovuje svým specifikacím“. Doporučena je následující formulace:

Zařízení je ve shodě s danou specifikací v naměřených bodech pro danou úroveň pravděpodobnosti a ve vztahu k nejistotě měření.

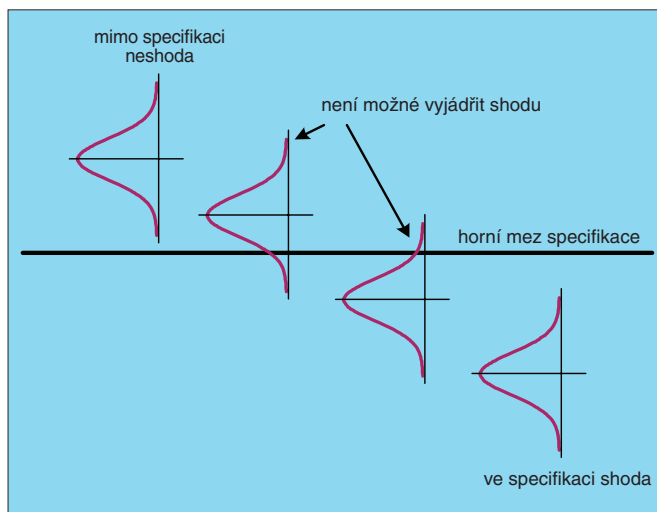
Závěr

Současné dokumenty dávají přesné a jednoznačné návody, jak popisovat plnění spe-

cifikace (shodu nebo neshodu se specifikací) v kalibračním listě. ILAC – G8/2009 poskytuje obecný návod, M 3003 UKAS uvádí i další podrobnosti. Jestliže je vyžadováno stanovisko o shodě nebo neshodě, je nutné v kalibračním listě také jednoznačně uvést, odkud je brána uvažovaná specifikace, a další relevantní souvislosti.

Literatura:

- [1] ILAC – G8/2009 *Směrnice k vykazování shody se specifikací*. Překlad ČIA, březen 2009.
- [2] M3003 *The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement*. Edition 2. UKAS, 2007.
- [3] PENDRILL, L. – KÄLLGREN, H. – LINDLØV, K.: *Nejistoty při posuzování shody v legální metrologii (ve vztahu k směrnici MID)*. Metrologie, 2007, 3, s. 19.
- [4] HORSKÝ, J. – HORSKÝ, P.: *Calibration of Multifunctional and Multirange Instruments*. Cal Lab, USA, 3-4/1997.
- [5] ČSN EN 60359 *Elektrická a elektronická měřicí zařízení – Vyjadřování vlastností*.
- [6] PLZÁK, Z.: *Nejistota měření při posuzování shody*. Metrologie, 2009, č. 2.
- [7] <http://www.businessdictionary.com/definition/specification-spec.html>
- [8] <http://www.agilent.com/metrology/spec-guide.shtml>
- [9] EURACHEM/CITAC Guide: *Use of uncertainty information in compliance assessment*. First edition, 2007.



Obr. 4. Vliv nejistoty na možnost prokázání shody se specifikací

- [10] LUCANO, M.: *Differences in Guard Banding Strategies A Beginner's Guide*. Dostupné na: www.agilent.com/metrology.
- [11] ČSN ISO 10576-1 *Statistické metody – Směrnice pro hodnocení shody se specifikovanými požadavky – Část 1: Obecné principy*.
- [12] APLAC TC 004 *Method for stating test and calibration results and compliance with specification*.
- [13] ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 *Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří*.