

Metrologie a názvosloví (aneb abychom si rozuměli)

Pokračování seriálu z minulých čísel

autor: doc. Ing. Jiří Horský

Úvodem

Správné pojmenování a shodný výklad pojmů jsou základem rozvoje každé vědní disciplíny. Zvláště významné je to i v metrologii, která sama sebe pasuje na vědu o přesnosti, a tomu by mělo odpovídat i přesné a jednotné vyjadřování. Porozumění a shodný obsah řečeného jsou základem komunikace a rozvoje nejen styků mezi lidmi, ale i všech vědních oborů.

3. práce s měřidly

• kalibrace

[VIM3, 2.39]

činnost, která za specifikovaných podmínek v prvním kroku stanoví vztah mezi hodnotami veličiny s nejistotami měření poskytnutými etalony a odpovídajícími indikacemi s přidruženými nejistotami měření a ve druhém kroku použije tyto informace ke stanovení vztahu pro získání výsledku měření z indikace.

• ověřování

[VIM3, 2.44]

poskytnutí objektivního důkazu, že daná položka splňuje specifikované požadavky.

PŘÍKLAD 2 Potvrzení, že jsou dosaženy funkční vlastnosti nebo zákonné požadavky na měřicí systém.

PŘÍKLAD 3 Potvrzení, že cílová nejistota měření může být splněna.

POZNÁMKA 4 Ověřování v legální metrologii, definované ve VIML a obecně v posuzování shody, se týká přezkoušení a označení a/nebo vydání ověřovacích listů pro měřicí systém.

POZNÁMKA 5 Ověřování nemá být zaměňováno s kalibrací. Ne každé ověření je validací.

Komentář

Nová je ve VIM3 i rozšířená definice kalibrace. Rozšíření definice vyvolalo pozornost nejenom u nás. Například ve Francii byla k této otázce vytvořena pod vedením LNE pracovní skupina s velmi širokým zastoupením (PSA, legální, Trescal, ECA-CESTA, CETIAT, ASPA, CT2M, ADES a LNE). V první části své práce se členové skupiny podělili o své znalosti nové definice a problémy, které její použití vyvolává. Dalším postupem se vydali k přezkoumávání několik praktických příkladů.

Pro oblast elektrických veličin, například konkrétně pro revizní přístroje je použití výsledků kalibrace i podle druhé části definice kalibrace [VIM3, 2.39] popsáno například v řadě norem ČSN EN 61 557 Elektrická bezpečnost v nízko-

napěťových rozvodných sítích se střídavým napětím do 1 kV a se stejnosměrným napětím do 1,5 kV (Zařízení ke zkoušení, měření nebo sledování činnosti prostředků ochrany).

Problémy v porozumění v praxi může vyvolat i překlad pojmu *verification* jako *ověřování*. U nás je dlouhodobě vžitý a v oblasti měření se pojem *ověřování* již spoustu let používal (nyní podle Zákona o metrologii, č. 505/1990 Sb.), ale jen pro stanovená měřidla. Podle zákona 505 část III Ověřování a kalibrace měřidel, (§ 9–11) jsou stanovenými měřidly měřidla, která Ministerstvo průmyslu a obchodu (ministerstvo) stanoví k povinnému ověřování s ohledem na jejich význam. Ověřením stanoveného měřidla se potvrzuje, že dané měřidlo má požadované metrologické vlastnosti. Postup při ověřování SM určuje ministerstvo vyhláškou.

Nyní je ale tento pojem použit i mimo regulovanou oblast, viz [VIM 3 2.44]. Z této definice vychází řada norem na ověřování přístrojů. Na to navazují i další normy, například mezinárodní norma ČSN EN ISO 15548-1:2008 definuje *funkční charakteristiky přístrojů pro vířivé proudy a uvádí metody pro jejich ověřování*. Norma se týká kalibrací, nejde o zkoušení. To znamená například, že kalibrační laboratoř může být akreditovaná pro kalibrace jako ověřování (mezinárodní akreditační systémy znají jen kalibraci nebo zkoušení) podle metodiky, zpracované na základě požadavků na ověřování podle ČSN EN ISO 15548-1:2008. To se mi zdá ale dost málo srozumitelné, i když je to asi přesně podle platného názvosloví.

Práci s managementem měřidel se věnovala i ČSN EN ISO 10012, Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení. Tato mezinárodní norma stanovuje všeobecné požadavky a poskytuje návod k managementu procesů měření a metrologické konfirmace měřicího vybavení používaného k podpoře a prokázání souladu s metrologickými požadavky. Stanovuje požadavky na management jakosti z hlediska systému managementu měření, který může být používán organizací provádějící měření jako součást celkového systému managementu a k zajištění toho, že metrologické požadavky budou splněny. Ve slovníku VIM ani v IEV již ale pojem konfirmace není.

Pojem „ověření kalibrace“ není explicitně definován ve VIM 3, ale je provázán s pojmem 2.44 ověřování. Tento pojem je od roku 2003 definován v IEV (IEC 60050) a dalších jako je IEC 60359.

4. vlastnosti měřidel

justování měřicího systému,

justování [VIM3, 3.11]

soubor činností provedených na **měřicím systému** tak, aby poskytoval předepsané **indikace** odpovídající daným hodnotám veličiny, která má být měřena.

POZNÁMKA 1 Typy justování měřicího systému zahrnují justování měřicího systému na nulu, justování posunu a justování rozpětí (někdy nazývané justování zisku).

POZNÁMKA 2 Justování měřicího systému nemá být zaměňováno s kalibrací, která je bezpodmínečně nutná pro justování.

POZNÁMKA 3 Po justování měřicího systému musí být měřicí systém obvykle znovu kalibrován.

• přístrojová chyba [VIM3, 4.20]

aritmetický průměr opakovaných **indikací** minus **referenční hodnota veličiny**.

• přístrojová nejistota měření [VIM3, 4.24]

složka **nejistoty měření** pocházející z použitého **měřidla** nebo **měřicího systému**.

POZNÁMKA 1 Přístrojová nejistota měření je získána kalibrací měřidla nebo měřicího systému, s výjimkou primárního etalonu, pro který jsou používány jiné prostředky.

POZNÁMKA 2 Přístrojová nejistota je používána při vyhodnocení nejistoty měření způsobem B.

POZNÁMKA 3 Relevantní informace o přístrojové nejistotě smějí být uvedeny ve specifikacích přístroje.

• největší dovolená chyba měření [VIM3, 4.26]

největší dovolená chyba mezní hodnota chyby, krajní hodnota **chyby měření** vzhledem ke známé **referenční hodnotě veličiny**, dovolená specifikacemi nebo předpisy pro dané **měření, měřidlo** nebo **měřicí systém**.

POZNÁMKA 1 Termín „největší dovolené chyby“ nebo „mezní hodnoty chyby“ se obvykle používá tam, kde existují dvě krajní hodnoty.

POZNÁMKA 2 K označení „největší dovolené chyby“ se nemá používat termín „tolerance“.

• nejistota měření nuly [VIM3, 4.29]

nejistota měření, kde specifikovanou **naměřenou hodnotou veličiny** je nula.

POZNÁMKA 1 Nejistota měření nuly je přidružena k nulové indikaci nebo k indikaci blízké nule a zahrnuje interval, u kterého není známo, zda měřená veličina je příliš malá, aby byla zjištěna, nebo zda indikace měřidla je způsobena pouze šumem.

• kalibrační diagram [VIM3, 4.30]

grafické vyjádření vztahu mezi **indikací** a odpovídajícím **výsledkem měření**

POZNÁMKA 1 Kalibrační diagram je pás roviny definované osou indikace a osou výsledku měření, který reprezentuje vztah mezi indikací a souborem naměřených hodnot veliči-

ny. Je dán mnohoznačný vztah a šířka pásu pro danou indikaci poskytuje přístrojovou nejistotou měření.

POZNÁMKA 2 Alternativní vyjádření vztahu zahrnuje kalibrační křivku a přidruženou nejistotu měření, kalibrační tabulku nebo soubor funkcí.

POZNÁMKA 3 Tento pojem náleží ke kalibraci, pokud je přístrojová nejistota měření větší ve srovnání s nejistotami měření přidruženými k hodnotám veličin etalonů.

Komentář

Základní otázka v této souvislosti je, co je to **specifikace**. Žádný metrologický dokument nebo slovník ji nedefinuje. Definici specifikace najdeme v obchodním slovníku, kde je uvedena obsáhlá definice specifikace, ze které kalibrační laboratoře zajímá jen část, kde se uvádí, že technické specifikace 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. Podle této normy je požadavek, jímž může být specifikace výrobce, technická norma, postup, výkres, smlouva atd. **Shoda** se specifikací je interpretována jako splnění tohoto požadavku, **neshoda** jako nesplnění tohoto požadavku.

5. rozvoj technologie a vývoj názvoslovi

Nejvíce a nejrychleji se ale pojmový vývoj projevoval v oblasti elektrických měření. Za posledních 20 let proniklo elektronické zpracování do všech oborů měření, a proto má vývoj v oblasti elektrických měření obecnější platnost. ČSN IEC 60050(300), *Mezinárodní elektrotechnický slovník (IEV-International Electrotechnical Vocabulary)* uvádí názvosloví, které více odpovídá nové generaci dnes vyráběných přístrojů, které umožňují stále vyšší použití vnitřního programového vybavení (firmware) a které jsou zcela vzdáleny hodnocení typu „ručka na stupnici“, tak snadno dříve znázorňovaného pomocí pravítka se stupnicí.

Na měřicí přístroje lze nyní pohlížet jako na černou skříňku předávající výstupní signál, který obsahuje informaci o měřené veličině. Výstupní signál je generován následkem interakce při měření mezi vlastním přístrojem, objektem, jemuž měřená veličina přísluší a okolním prostředím, interakcí, kdy se vyměňuje určitá energie a dochází k určitým změnám v těchto třech systémech. Výstupní signál je odvozen od jevu, k němuž dochází ve „snímači“ přístroje pomocí procesu zpracování signálu, který může být jednoduchý nebo značně komplikovaný. Výstupní signál může být analogový, digitální (číslíkový) nebo kódovaný; může být zobrazen, aby jej mohl číst člověk, nebo může být přenesen na vstup ovládacích zařízení (například řídicích mechanismů). Rozdíl mezi elektrickým a elektronickým měřením se počal vytrácet již po roce 1980, a proto druhá revize z roku 1987 IEC 60359 1987 nabídl normu pro oba druhy přístrojů a snažila se překonat obtíže v uvažování změn jako zdrojů nezávislých nekorelovaných chyb s kvazináhodným rozložením. Vydání z ro-

ku 1987 bylo ale záhy překonáno a zrušeno a nahrazeno třetí revizí a roku 2002, které bylo vypracováno s cílem uvedení do souladu s GUM. Zde byl zaveden a definován tzv. přístup IEC k vyhodnocení měření. Během průběhu jejího schvalování byly vydány kapitoly o měření nového vydání Mezinárodního elektrotechnického slovníku IEC 60050, IEV (*International Electrotechnical Vocabulary*). Tato příležitost byla využita k uvedení termínů v této normě do souladu s termíny v IEV. **EN 60359:2002 zavedla nové pojmy**

• **základní (přístrojová) nejistota** (*intrinsic (instrumental) uncertainty*) [EN 60359, 3. 2. 10, IEV, 311-03-09] nejistota měřicího přístroje používaného za referenčních podmínek.

Tento pojem je použit i v novém vydání VIM3 jako 4.24 *instrumental measurement uncertainty*

• **pracovní přístrojová nejistota** [EN 60359, 3. 2. 11 IEV, 311-01-21]

(*operating instrumental uncertainty*): nejistota měřicího přístroje za stanovených pracovních podmínek.

• **odchylka (pro ověřování kalibrace)** [EN 60359, 3. 2. 15 IEV, 311-01-201]

rozdíl mezi indikací kalibrovaného přístroje a referenčního přístroje za ekvivalentních pracovních podmínek.

Komentář

Pojem pracovní přístrojová nejistota se setkává u mnoha metrologů v praxi až s vášnivým odporem. Ten však není odůvodněný a plyne jen z nedostatečného seznámení s celým přístupem IEC. Zpracovatel překladu normy 60359 upozorňoval na nutnost se s touto normou blíže a podrobněji seznámit již před 10 lety. Vzhledem k rozšíření elektronického zpracování signálu je tato norma a celý přístup IEC nezbytným doplňkem VIM3 a GUM.

VIM3 se v úvodu odkazuje na využití dalších pojmů uvedených ve slovníku IEV (IEC 60050). Některé pracovníky mate, že VIM3 používá v textu pojem ověřování kalibrace, ale nedefinuje jej a chybí zde i odkaz na IEV [IEV 311-01-13]. Slovník IEV má velký význam proto, že prakticky všechna moderní měření se provádí nebo zpracovávají elektronickými metodami a prostředky, a proto by nyní měl být znám a používán pro všechny obory měření, kde se setkáváme s elektronickým zpracováním.

Pojem odchylka je pro metrology základním a nejdůležitějším pojmem a není dosud dostatečně využíván. Často v kalibračních listech používaný pojem chyba není optimální, protože kalibrace není totéž co koncové měření, jehož výsledek se udává podle přístupu s chybou nebo nejistotou. Úkolem kalibrace je určit, viz výše, odchylku: [60359 3. 2. 15 IEV 311-01-201], jako rozdíl mezi indikací kalibrovaného přístroje a referenčního přístroje za ekvivalentních pracovních podmínek a k té přiřadit nejistotu.

Závěr

Pro řadu pracovníků vyžaduje přechod od osvědčených tradičních termínů a představ k těm, které byly vyvolány moderní metrologií určité změny v myšlení, neboť současná přístrojová technika udělala velký pokrok od dob přímo ukazujících přístrojů. Není však třeba očekávat zvláštní obtíže při převádění starých technických specifikací do termínů podle nového VIM 3. Analýza přístupů ukazuje přítomnost vývoje ve filozofii měření. Všechny přístupy používají stejné matematické nástroje. Nejsou žádné rozdíly v chápání pravděpodobnostního charakteru měření. Výsledek měření se považuje, jako aproximace, odhad velikosti naměřených hodnot tedy jako hodnocení, jež má své charakteristiky přesnosti. Základní přístupy (klasický přístup a přístup nejistoty) se nemohou postavit proti sobě. Mají mnoho společných prvků a doplňují se navzájem. To dokládá hybridní přístup. Nové názvosloví to respektuje, VIM 3 uvádí ale jen základní a společné pojmy, dále je třeba hledat v oborových slovnících, z nichž VIM 3 jmenovitě uvádí IEV.

Literatura

1. TERMINOLOGIE Z OBLASTI METROLOGIE, UNMZ, Sborníky technické harmonizace 2010 (2. vydání), obsahuje VIM 3 a VIML, <http://www.unmz.cz/urad/terminologie-v-metrologii>
2. VIM3 International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms VIM, 3rd edition, včetně oprav Corrigendum (May 010) http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_200_2008.pdf
3. JCGM 200:2008 http://www.iso.org/sites/JCGM/VIM/JCGM_200e_FILES/MAIN_JCGM_200e/Start_e.html
4. VIML OIML V1:2000, International Vocabulary of Terms in Legal Metrology (VIML)
5. IEV, IEC60050-300:2001 Mezinárodní elektrotechnický slovník – Elektrická a elektronická měření a měřicí přístroje
6. ČSN EN 60359, (356504) Elektrická a elektronická měřicí zařízení – Vyjadřování vlastností.
7. ISO 10241:1992 Mezinárodní terminologické normy – Příprava a uspořádání
8. ČSN P ENV 13005: Směrnice pro vyjádření nejistot měření. Český normalizační institut, Praha, 2005, 159 s.
9. ČSN EN ISO 10012: Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení. Český normalizační institut, Praha, 2003.
10. ILAC – G8/2009, Směrnice k vykazování shody se specifikací. Překlad ČIA - březen 2009.
11. M3003, The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement, edition 2, UKAS 2007.
12. EA-4/02: Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration. EA, revize 2011
13. <http://www.businessdictionary.com/definition/specification-spec.html>.
14. <http://www.agilent.com/metrology/spec-guide.shtml>.
15. EURACHEM/CITAC Guide: Use of uncertainty information in compliance assessment. First edition 2007.
16. APLAC TC 004 Method for stating test and calibration results and compliance with specification
17. ČSN EN ISO/IEC 17025: 2005 Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří
18. ČSN ISO 31-0: 1994, Veličiny a jednotky. Část 0: Všeobecné zásady. ČNI Praha,
19. J.Horský, P. Horský: Calibration of Multifunctional and Multirange Instruments. Cal Lab, USA, 3-4/1997
20. J.Horský, P. Horský: Digitální multimetry a jejich specifikace, Metrologie č.1, 2001, str 1 až 4